



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
Departamento de Ciências Exatas e da Terra - *Campus II*
Programa de Pós-Graduação em
Modelagem e Simulação de Biosistemas



Jordana Gabriela Barreto de Sá

**PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E AÇÃO DE GRUPOS FUNCIONAIS
DE INVERTEBRADOS TERRESTRES EM UM FRAGMENTO NATIVO DE
MATA ATLÂNTICA NA BAHIA (BRASIL)**

Alagoinhas - Bahia - Brasil

2023

Universidade do Estado da Bahia
Departamento de Ciências Exatas e da Terra - *Campus II*
Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Simulação de Biossistemas

Jordana Gabriela Barreto de Sá

PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E AÇÃO DE GRUPOS FUNCIONAIS DE
INVERTEBRADOS TERRESTRES EM UM FRAGMENTO NATIVO DE MATA
ATLÂNTICA NA BAHIA (BRASIL)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
graduação em Modelagem e Simulação de
Biossistemas da Universidade do Estado da Bahia
como parte dos requisitos para a obtenção do título
de Mestra em Modelagem e Simulação de
Biossistemas.

Orientadora
Profa. Dra. Maria Dolores Ribeiro Orge, UNEB.

Coorientador
Dr. Rômulo Mendonça Machado Carleial, R. B. G. Kew.

Alagoinhas - Bahia - Brasil

2023

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA - DCET II *Campus II*

Profa. Dra. Adriana dos Santos Marmori Lima

Reitora

Profa. Dra. Tânia Hetkowski

Pró-Reitora de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação

Sistema de Bibliotecas da UNEB
Biblioteca Carlos Drummond de Andrade – *Campus II*
Manoela Ribeiro Vieira
Bibliotecária – CRB 5/1768

S111p Sá, Jordana Gabriela Barreto de.
Produção de serrapilheira e ação de grupos funcionais de invertebrados terrestres em um fragmento nativo de Mata Atlântica na Bahia (Brasil) – Alagoinhas, 2023
55 f.: il

Orientadora: Profa. Dra. Maria Dolores Ribeiro Orge
Coorientador: Dr. Rômulo Mendonça Machado Carleial

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e da Terra. Mestrado em Modelagem e Simulação de Biossistemas, 2023.

1. Serrapilheira – Mata Atlântica 2. Sazonalidade 3. Invertebrados I. Orge, Maria Dolores Ribeiro. II. Carleial, Rômulo Mendonça Machado. III Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Ciências Exatas e da Terra. IV. Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Simulação de Biossistemas. V. Título

CDD – 581

FOLHA DE APROVAÇÃO

PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E AÇÃO DE GRUPOS FUNCIONAIS DE INVERTEBRADOS TERRESTRES EM UM FRAGMENTO NATIVO DE MATA ATLÂNTICA NA BAHIA (BRASIL)

JORDANA GABRIELA BARRETO DE SÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Simulação de Biossistemas – PPGMSB, em 27 de junho de 2023, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra em Modelagem e Simulação de Biossistemas pela Universidade do Estado da Bahia, conforme avaliação da Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
MARIA DOLORES RIBEIRO ORGE
Data: 27/06/2023 11:27:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Dra. MARIA DOLORES RIBEIRO ORGE
UNEB, Orientadora.
Doutorado em Ecología y Medio Ambiente
Universidad Complutense de Madrid



Documento assinado digitalmente
ROMULO MENDONÇA MACHADO CARLEIAL
Data: 27/06/2023 11:54:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. RÔMULO MENDONÇA MACHADO CARLEIAL
RBG Kew, Coorientador.
Doutorado em Zoology
University of Oxford



Documento assinado digitalmente
ANTONIO TEOFILO ATAÍDE DO NASCIMENTO
Data: 27/06/2023 11:36:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. ANTÔNIO TEÓFILO ATAÍDE DO NASCIMENTO
UNEB, Avaliador interno.
Doutorado em Matemática
Universidade Federal da Bahia



Documento assinado digitalmente
FRANCIS LUIZ SANTOS CALDAS
Data: 27/06/2023 11:33:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. FRANCIS LUIZ SANTOS CALDAS
UFS, Avaliador externo.
Doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia)
Universidade Federal da Paraíba

Dedicada ao amor da minha vida, meu filho João. ❤️

Agradecimentos

A Deus por sua grande demonstração diária de amor, dando-me força em todas as adversidades que encontrei no meu caminho.

A minha família por todo o apoio diário.

Ao meu filho João que representa minha fortaleza em todos os dias da minha vida.

A minha amiga Ana Flávia que foi minha grande parceira e amiga nessa caminhada, gratidão por nunca ter-me faltado em nenhum momento sequer.

Ao meu grande parceiro Ueverton Santos Neves, nosso especialista em taxonomia de invertebrados, que me deu todo apoio e suporte nessa jornada.

A minha orientadora Profa. Dra. Maria Dolores Ribeiro Orge por todo apoio, palavra e compreensão em todos os momentos que necessitei.

Ao coorientador Dr. Rômulo Mendonça Machado Carleial (Royal Botanic Gardens, Kew, UK) pela revisão do manuscrito e análises dos dados.

A minha querida equipe, composta por Daniela Nascimento, Cristina Santos, Everton Vitor Monville, Joelma Santos e Simone da Silva, por compartilhar momentos alegres e difíceis, mas sempre fortalecidos no espírito de grupo.

À Universidade do Estado da Bahia por todo suporte para realização do meu trabalho de pesquisa e a concessão das bolsas de Mestrado 2021-2022 e 2022-2023.

Ao PPGMSB e todos os docentes que contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico.

A Enéas Lima Santos, Evanildo Lima Santos (Nil), José Gabriel Ferreira dos Santos, José Antonio da Silva Dantas e Ludmilla de Santana Luz por me ajudarem sempre que precisei.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre a produção de serrapilheira pelo estrato arbóreo e a ação dos grupos funcionais de invertebrados terrestres associados na dinâmica da ciclagem de nutrientes sob efeito da sazonalidade em fragmento nativo de Mata Atlântica na Bahia (Brasil). A deposição mensal de serrapilheira foi regular com alguns picos estacionais nos vinte coletores no interior do fragmento, atribuída à maior complexidade estrutural com diversidade vegetal e grande porte visível das plantas do estrato arbóreo em relação à borda. Foram capturados 192 invertebrados em 11 ordens nas coletas mensais em 12 meses. Hymenoptera, Isopoda, Stylommatophora e Blattaria tiveram maior abundância. A borda obteve índices de diversidade e riqueza maiores do que os dois ambientes internos do fragmento. As formigas na borda e no local intermediário indicaram boa qualidade ambiental de ambos. Houve diversidade maior de invertebrados na borda em relação ao interior do fragmento, explicada pela baixa amostragem com coletas pontuais em oposição à maior diversidade no interior. Entre os sete grupos funcionais, predominaram os detritívoros sobre os predadores (herbívoros e carnívoros) e demais categorias. Os detritívoros das ordens Isopoda, Blattaria, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera, Stylommatophora e Spirostreptida foram capturados na borda e no interior do fragmento nativo. Quanto menor a abundância de predadores, menos tempo é necessário para recuperação populacional das presas, de 15 e 10 dias respectivamente para borda e interior. Este estudo da interação planta-animal, através da produção de serrapilheira e da ação de grupos funcionais de invertebrados terrestres, pretende contribuir para o conhecimento sobre processos ecossistêmicos e conservação da biodiversidade na Mata Atlântica.

Palavras-chave: índices, abundância, diversidade, sazonalidade, precipitação.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the relationship between litter production by the tree stratum and the action of functional groups of associated terrestrial invertebrates on the dynamics of nutrient cycling, under the effect of seasonality, in a native fragment of Atlantic Forest in Bahia (Brazil). The monthly litter deposition was regular with some seasonal peaks in the twenty collectors inside the fragment, attributed to the greater structural complexity with plant diversity and large visible size of the plants of the tree stratum in relation to the edge. A total of 192 invertebrates were captured in 12 orders in the monthly collections over 12 months. Hymenoptera, Isopoda, Stylommatophora, and Blattaria had the highest abundance among the orders. There was a higher diversity and richness indices at the edge of the fragment than the two internal environments. The ants at the edge and intermediate sites indicated both good environmental quality. There was a greater diversity of invertebrates at the edge in relation to the interior of the fragment, explained by the low sampling effort with punctual collections as opposed to the greater diversity in the interior. Among the seven functional groups, detritivores predominated over predators (herbivores and carnivores) and other categories. The detritivores of the orders Isopoda, Blattaria, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera, Stylommatophora, and Spirostreptida were captured at the edge and inside the native fragment. With fewer predators, less time is required for population recovery of prey, 15 and 10 days respectively for the edge and interior. This study of plant-animal interaction, through litter production and the action of functional groups of terrestrial invertebrates, aims to contribute to the knowledge about ecosystem processes and biodiversity conservation in the Atlantic Forest.

Keywords: indexes, abundance, diversity, seasonality, precipitation.

Lista de figuras

- Figura 1. Área de estudo com indicação dos locais de coletas na borda (T0), intermediário (T1) e no interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 22
- Figura 2. Estrutura da vegetação nas parcelas 0, 1 e 2 do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 22
- Figura 3. Mapa de distribuição dos tipos climáticos ocorrentes no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). 23
- Figura 4. Transecto de 100 m instalado no centro de cada parcela no fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 24
- Figura 5. Coletor de serrapilheira de 0,25 m² confeccionado em tela de nylon e armação de arame, fixado nas pontas por varetas no fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. .. 25
- Figura 6. Triagem manual, registro e secagem das frações da serrapilheira dos coletores no fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 25
- Figura 7. Serrapilheira total (superior à esquerda) e suas frações caulinar (superior à direita), foliar (inferior à esquerda) e reprodutiva (inferior à direita) coletadas na borda (T0) e no interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba em relação a precipitação (mm) e temperatura (°C). Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 29
- Figura 8. Serrapilheira total e frações caulinar, foliar e reprodutiva coletadas na borda (T0) e no interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 30
- Figura 9. Correlação da serrapilheira total e suas frações caulinar, foliar e reprodutiva dos coletores entre a borda (T0) e o interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. .. 31
- Figura 10. Abundância dos invertebrados conforme os teores de umidade na serrapilheira total(primeiro gráfico) e nas frações caulinar(segundo gráfico) e foliar(terceiro gráfico) entre a borda e o interior do fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. .. 33
- Figura 11. Perfil de deposição natural do material vegetal nos coletores ao longo do transecto em cada parcela na borda (T0) e no interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 34

Figura 12. Modelo de distribuição de abundância da serrapilheira depositada nos coletores ao longo do transecto nas parcelas da borda (T0) (à esquerda) e do interior (T2) (à direita) no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 34

Figura 13. Invertebrados das ordens taxonômicas de espécimes capturados nos coletores de serrapilheira das parcelas no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. Legenda: 1.Isopoda, 2.Blattaria, 3.Coleoptera, 4.Araneae, 5.Scorpiones, 6.Opiliones, 7.Ixodida, 8-10.Stygommatophora, 11.Spirostreptida. 36

Figura 14. Invertebrados capturados na serrapilheira dos coletores na borda (T0) e no interior (T2) em relação a precipitação e temperatura no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 37

Figura 15. Modelo simples Lotka-Volterra da dinâmica predador (vermelho) presa/presa-dependente (azul) para o período de $t=100$ dias na borda (T0) (acima) e no interior (T2) (abaixo) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. 41

Figura 16. Modelo simples Lotka-Volterra da dinâmica de competição entre detritívoros Isopoda ($n^*=24$), Blattaria ($n^*=26$) e Hymenoptera ($n^*=28$) para o período de $t=30$ dias na borda (T0) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. Legenda: N_1 , n^* , $r=0,9$, $k_1=500$, $\alpha=0,6$ e N_2 , n^* , $r=0,5$, $k_2=700$, $\beta=0,7$ 42

Lista de tabelas

Tabela 1. Precipitação média mensal (mm) e temperatura (°C) em Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.	23
Tabela 2. Parâmetros, índice e valores de referência para análise de dados populacionais.	27
Tabela 3. Análise de correlação pelos índices de Pearson, Spearman e Kendall ($p < 0,05$) da serrapilheira total e suas frações entre as parcelas no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.	32
Tabela 4. <i>Checklist</i> das ordens taxonômicas de espécimes capturados nos coletores de serrapilheira das parcelas no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.	35
Tabela 5. Índices de diversidade e riqueza dos invertebrados capturados nos coletores de serrapilheira na borda e no interior do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.	38
Tabela 6. Índices de diversidade e riqueza dos invertebrados capturados nos coletores de serrapilheira nos ambientes de borda, intermediário e interior do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.	39
Tabela 7. Grupos funcionais dos invertebrados coletados com a serrapilheira nas parcelas do fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.	40

Siglas

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

MMA, Ministério do Meio Ambiente.

PELD, pesquisa ecológica de longa duração.

Sumário

1. Introdução	12
1.1 Problema	13
1.2 Justificativa	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Hipóteses	14
2. Fundamentação teórica	15
2.1 Estrato arbóreo na produção de serrapilheira	15
2.2 Grupos funcionais de invertebrados	18
2.3 Influência da sazonalidade	20
3. Material e métodos	21
3.1 Área de estudo	21
3.2 Produção da serrapilheira	24
3.3 Classificação dos grupos funcionais	26
4. Resultados e discussão	28
4.1 Produção da serrapilheira e efeito da sazonalidade	28
4.2 Grupos funcionais capturados nos coletores	35
5. Conclusões	45
Referências	46

1. Introdução

A serrapilheira é peça-chave nos ecossistemas florestais e pode ser definida como material caído da vegetação principalmente e precipitado no solo por microrganismos. Está intimamente relacionada às necessidades nutricionais de dadas espécies vegetais (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003). Nessa perspectiva, a serrapilheira pode ser considerada um subsistema ecológico, onde a microbiota em associação aos pequenos invertebrados decompõe a matéria orgânica (CORREIA; PINHEIRO, 1999). Essa deposição é, portanto, a principal via de fonte de nutrientes para sobrevivência e manutenção da floresta (KONIG; SCHUMACHER; SELING, 2002).

O estudo da ciclagem de nutrientes via serrapilheira é de extrema importância para a compreensão de como essa matéria retorna para o solo florestal e como esse processo estrutura e regula o funcionamento dos ecossistemas (VITAL et al., 2004; ROSA et al., 2017). Esse processo faz parte dos ciclos biogeoquímicos que ocorrem na natureza, fundamentais para a síntese de matéria orgânica pelas plantas através da fotossíntese e ciclagem de nutrientes em solos intemperizados (SCHUMACHER et al., 2003).

Fatores como estado sucessional da floresta, altitude, temperatura, ventos, precipitação, taxas de herbivoria e disponibilidade hídrica interferem na produção da serrapilheira (PORTES; KOEHLER; GALVÃO, 1996). Considerada bioindicadora de reação por oferecer uma resposta funcional no processo de deposição às variações ambientais (KLUMPP, 2001). Além disso, a produção e decomposição da serrapilheira também vêm sendo utilizadas como parâmetro indicativo primordial em sistemas agroflorestais, visando a recuperação de áreas degradadas (ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003).

Os invertebrados compõem um grupo animal abundante no sistema florestal, onde realizam decomposição, ciclagem de nutrientes, síndromes de dispersão, controle biológico, entre outros (CORREIA, 2002). Deste modo, a utilização da serrapilheira como abrigo e fonte nutricional pelos grupos funcionais é uma relação essencial que se destaca e essa coexistência contribui para a manutenção dos processos ecossistêmicos (PEREIRA et al., 2013).

1.1 Problema

No Litoral Norte da Bahia, é preciso compreender de que maneira o estrato arbóreo contribui para o aporte de material à serrapilheira e os grupos funcionais de invertebrados terrestres interagem para a dinâmica da ciclagem de nutrientes como garantia de manutenção dos processos ecossistêmicos para conservação da biodiversidade e restauração de áreas degradadas do bioma Mata Atlântica. A sazonalidade, consideradas apenas as variáveis umidade e temperatura, influencia a produção da serrapilheira e a atividade dos invertebrados terrestres associados?

1.2 Justificativa

A serrapilheira é a interface entre a floresta, como componente primordial de produção, e os invertebrados terrestres associados, como agentes de transformação para a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo. Além de atuar como sumidouro de carbono, a serrapilheira serve de abrigo e fonte de alimento para a rede trófica. Portanto, estudos associados à vegetação e aos grupos funcionais de invertebrados associados são base para o conhecimento de processos ecossistêmicos na conservação de remanescentes.

Inicialmente, a degradação ambiental pode afetar a composição e a estrutura das espécies de plantas e de animais ocorrentes na área, com invasões de espécies exóticas e consequente desequilíbrio do ecossistema a médio e longo prazos (COSTA; GALVÃO; SILVA, 2019). A degradação pode aumentar ao ponto de acarretar a perda de conectividade entre remanescentes, pondo em risco a conservação da biodiversidade, interferindo na dinâmica de regeneração natural do fragmento e representando um risco para a sobrevivência desses ecossistemas (FORTUNATO; QUIRINO, 2016; LORENZO; CAMPAGNARO, 2018).

Na Bahia, há estudos sobre a relação planta-animal com grupos da entomofauna, mas do estrato arbóreo com os invertebrados terrestres associados através da serrapilheira na Mata Atlântica é pioneiro para o norte do estado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a relação entre a produção de serrapilheira pelo estrato arbóreo e a ação dos grupos funcionais de invertebrados terrestres na dinâmica da ciclagem de nutrientes, sob efeito da sazonalidade, em um fragmento nativo de Mata Atlântica na Bahia (Brasil) exposto ao efeito de borda pelo aumento da fragmentação florestal.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estimar a produção de serrapilheira pelo estrato arbóreo em fragmento nativo de Mata Atlântica na Bahia;
- avaliar o efeito de borda sobre a produção de serrapilheira e a ação dos grupos funcionais;
- analisar o efeito sazonal sobre a produção de serrapilheira;
- identificar os principais grupos funcionais entre os invertebrados terrestres associados à serrapilheira;
- analisar o efeito sazonal sobre a distribuição espaço-temporal desses grupos funcionais;
- analisar a contribuição desses grupos na dinâmica de ciclagem da serrapilheira aportada.

1.4 Hipóteses

Na Mata Atlântica, a produção de serrapilheira e a ação dos grupos funcionais de invertebrados terrestres são influenciadas pela sazonalidade e o efeito de borda.

No interior do remanescente, uma maior riqueza de grupos funcionais de invertebrados é esperada em resposta à complexidade estrutural da vegetação, ao contrário da borda.

Nos grupos funcionais, a espécie mais resiliente tende a excluir outra mais sensível quando competem pelo mesmo recurso e uma menor abundância de predadores exerce menos pressão sobre as presas, permitindo sua recuperação mais rápida.

2. Fundamentação teórica

2.1 Estrato arbóreo na produção de serrapilheira

A Mata Atlântica é considerada um *hotspot* de biodiversidade mundial, dada suas áreas endêmicas ameaçadas de extinção (FORZZA et al., 2012; ZACHOS; HABEL, 2011; PINTO; HIROTA, 2022). Um dos biomas com maior biodiversidade no mundo, atualmente, está fragmentado pela degradação ambiental ocasionada por ações humanas, entretanto abriga mais de 20 mil espécies de plantas sendo mais de 8 mil são endêmicas, ou seja, não existem em nenhum outro local no mundo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2017).

. A Bahia está em segundo lugar entre os cinco estados que somam 91% do desmatamento no Brasil, com grande ameaça e risco para a perda de biodiversidade. Por conta do desmatamento crescente, o bioma foi colocado na lista dos 10 estados brasileiros, desde a Bahia até o Rio Grande do Sul, em prioridade para restauração necessária devido à alta biodiversidade (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2021). A restauração de ecossistemas em áreas degradadas no Brasil é retratada em diferentes biomas, porém, devido a sua importância e atual estrutura, a Mata Atlântica vem sendo a mais mencionada nos estudos relacionados a essa temática.

Durante o desenvolvimento, as espécies arbóreas fornecem matéria orgânica ao piso florestal que serve de aporte e garantia da renovação na rizosfera (CUNHA NETO et al., 2013). A presença da matéria orgânica é fundamental para o desenvolvimento do ecossistema, sobretudo para a produção e a devolução dos nutrientes ao solo, pois o material vindo das espécies arbóreas deposita no solo biomassa rica em resíduos vegetais (VOGEL et al., 2013). Material vegetal com elevado teor de lignina tende a um processo mais lento de decomposição (MARGIDA; LASHERMES; MOORHEAD, 2020). Esta etapa contribui para a manutenção da ciclagem de nutrientes da serrapilheira ao solo, sendo essencial ao desenvolvimento da comunidade vegetal e à manutenção dos processos ecossistêmicos (BOMFIM et al., 2020).

O processo de produção e decomposição da serrapilheira é essencial para a ciclagem de nutrientes, medição do fluxo de matéria orgânica e nutrientes da vegetação para a superfície do solo (MARTINS et al., 2021). Desta maneira, dá-se a

fertilidade do solo, que é um importante depósito de nutrientes também para as espécies vegetais (ZAGO et al., 2020), proteção contra os efeitos erosivos no solo (MORAES, 2002) e um reservatório de carbono, estocado principalmente na biomassa de troncos tombados e da fração foliar continuamente aportada (HÄTTENSCHWILER et al., 2011).

Eventos anteriores de chuvas torrenciais, secas prolongadas, altas temperaturas e quedas de árvores de grande porte afetam a produção e a decomposição de material vegetal, determinando a quantidade remanescente disponível (FACELLI; PICKETT, 1991). A precipitação pode ocasionar menor ou maior deposição de material vegetal de acordo com a ocorrência e a intensidade das chuvas (MARTINELLI; LINS; SANTOS-SILVA, 2017). A temperatura e a umidade afetam a decomposição dos resíduos orgânicos do solo e podem alterar a composição da serrapilheira acumulada. Locais com temperatura e umidade mais elevadas favorecem a ação de invertebrados e da microbiota (CIANCIARUSO et al., 2006).

O padrão vegetacional pode ser alterado devido à fragmentação, acarretando uma alteração da deciduidade e da diversidade arbórea (VIDAL et al., 2007). Não menos importante é o solo que abriga uma variedade de organismos, fragmentadores biológicos no processo de decomposição da matéria orgânica. A constituição e consequente porosidade do solo afetam a retenção de água e a capacidade de troca catiônica, necessárias à nutrição e ao crescimento das plantas (BARBOSA; FARIA, 2006).

A serrapilheira é composta por ramos, folhas, flores, frutos e sementes, que caem da vegetação e formam uma camada orgânica sobre o piso florestal (ESPIG et al., 2009; COSTA et al., 2010). O aporte do material vegetal por senescência ou queda e seu consequente acúmulo interferem na dinâmica populacional da comunidade vegetal (PORTELA; SANTOS, 2007). Jewell et al. (2017) demonstraram que a diversificação da serrapilheira e dos decompositores influencia no aumento das taxas de decomposição. Qualquer alteração que ocasione uma deficiência nutricional poderá afetar o desenvolvimento das plantas e o restabelecimento resultante da comunidade vegetal em sua riqueza e diversidade de espécies (SILVA; VILLELA, 2015).

A produção e a decomposição da serrapilheira são afetadas pelas variáveis precipitação e temperatura, no denominado efeito da sazonalidade (GOMES et al., 2010; OLIVEIRA; MARQUES; MARQUES, 2019). A precipitação promove maior

queda de partes senescentes da vegetação para a serrapilheira, e fornece a umidade necessária para que ocorra lixiviação e crescimento de fungos para a decomposição. A temperatura favorece a eclosão de ovos e transformação de larvas da mesofauna terrestre, influenciando o crescimento da população de detritívoros para degradação da serrapilheira e a ação enzimática dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; REBÊLO et al., 2022).

A atividade predatória na exploração dos recursos naturais causa modificações nos ecossistemas naturais e é uma das maiores consequências da fragmentação dos habitats florestais, sendo a Mata Atlântica um dos ecossistemas mais afetados no Brasil (MYERS et al., 2000). A fragmentação amplia o perímetro florestal exposto a fatores climáticos, como irradiação solar, alta temperatura, baixa umidade, ventos e desidratação, causando alteração do microclima, interferência em processos ecossistêmicos e perda de habitats em áreas extensas da floresta (RIBEIRO et al., 2009; SCORIZA; PIÑA-RODRIGUES, 2014; SANTOS et al., 2017). A borda fica exposta ao aumento da degradação do solo, perda de vegetação e da caça, além do uso e ocupação desordenados (WIRTH et al., 2008). Essas alterações nas bordas de fragmentos florestais nativos causam impactos no bioma que configuram o efeito de borda (NASCIMENTO; LAURANCE 2006).

O efeito de borda cria uma divisão artificial no ambiente natural, que tende a fragmentar o habitat e alterar a estrutura e a complexidade dos nichos, levando à diminuição da biodiversidade (HOLANDA et al., 2010). O efeito de borda pode tornar mais fácil a ação de predadores e competidores generalistas, já que as presas ficam menos protegidas e espécies menos resilientes têm suas populações reduzidas com a perda de habitats nesse ambiente (RODRIGUES; NASCIMENTO, 2006).

Na borda do fragmento florestal, ocorre redução na produção de serrapilheira devido ao menor porte das árvores e alta irradiação solar, o que causa dessecação e menor taxa de sobrevivência. Consequentemente, a quantidade de biomassa de serrapilheira é menor nessa área (SANTANA et al., 2021). Já no interior da floresta, com mais sombreamento e umidade, ocorrem espécies de hábitos variados que crescem lentamente e alcançam maior porte. Assim, a produção de serrapilheira tende a ser maior nessa região, gerando valores mais altos de biomassa (SILVA et al., 2019).

2.2 Grupos funcionais de invertebrados

Conforme dá-se a decomposição da serrapilheira, ocorrem variações em sua massa e profundidade decorrentes da transformação executada pelos invertebrados terrestres associados (PEREIRA et al., 2013). Existem diversas características tanto estruturais quanto funcionais dos ecossistemas que favorecem a ciclagem eficiente de nutrientes (VITAL et al., 2004). A serrapilheira tem papel ecológico i) estrutural, pelos habitats que formam para a diversidade de invertebrados terrestres, e ii) funcional, para ampla nutrição da rede trófica.

A ciclagem oferece nutrientes minerais às plantas através da decomposição da matéria orgânica por microorganismos e vem sendo considerada uma etapa fundamental para a alta produtividade primária em florestas tropicais (SAYER et al., 2020). Nesse contexto, os serviços ecossistêmicos oferecidos pela serrapilheira contribuem positivamente para uma maior fertilidade do solo, além de servir como abrigo e fonte nutricional para a fauna edáfica (FUJII; BERG; CORNELISSEN, 2020). Portanto, essa relação entre serrapilheira e fauna auxilia na restauração e na manutenção do equilíbrio ecossistêmico (CAMPOS et al., 2012).

Os invertebrados terrestres compõem um grupo animal abundante e diversificado, que se estabeleceu em quase todos os ecossistemas terrestres (BARETTA et al., 2011). Desempenham importante papel em diferentes nichos ecológicos nos ecossistemas florestais, tais como decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (ROSA et al., 2017). Estes organismos possuem características particulares em sua morfologia e padrão comportamental que possibilitaram seu estabelecimento no sistema serrapilheira-solo, tornando-se essenciais em diversos serviços ambientais (PODGAISKI; MENDONÇA JR.; PILLAR, 2011).

O processo de fragmentação pode começar por ação dos invertebrados ainda em partes da planta viva (ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003). A diversidade de invertebrados terrestres na serrapilheira se dá pela disponibilidade de recursos alimentares (MOÇO et al., 2005). Eles são classificados em grupos funcionais relacionados à sua morfologia, forma de nutrição e captura de alimento. Quase todos os animais do solo e da serrapilheira são incluídos como detritívoros. Junto com

predadores, parasitas, geófagos, bioturbadores, fitófagos, coprófagos e micrófagos foram agrupados por Pereira et al. (2013) e Parron et al. (2015).

Predadores estão representados por aracnídeos, onicóforos, besouros, formigas, vespas, centopeias e tesourinhas. Eles controlam as demais populações de outros organismos no solo, especialmente a microbiota que realiza a ação decompositora. Os ácaros estão no grupo dos parasitas. Os detritívoros podem incluir coprófagos, que se nutrem de excrementos, necrófagos que consomem cadáveres e micrófagos que se alimentam de fungos e outros materiais em decomposição. Tatuzinhos, besouros escavadores, milipéias e minhocas são exemplos de coprófagos (PARRON et al., 2015).

Os fitófagos causam danos às raízes das plantas, sendo considerados pragas do ponto de vista da agricultura, e contemplam principalmente formigas, cigarras, tesourinhas, besouros, moluscos, percevejos, grilos, ácaros entre outros. Como pragas urbanas destacam-se cupins, baratas, escorpiões, traças, aranhas, formigas, alguns besouros e moscas, cujas larvas destes dois últimos são classificadas como necrófagos (PARRON et al., 2015). Os geófagos e bioturbadores exercem a movimentação e transformação do solo, tanto ingerindo quanto transportando-o. Alguns exemplos são cupins, minhocas, enquitreídeos, besouros e milipéias (BROWN et al., 2015).

A incorporação de resíduos da fragmentação biológica à serrapilheira tende a acelerar os processos de decomposição. Por isso, a serrapilheira é um indicador adequado, tendo seu processo de deposição e ciclagem de nutrientes relacionado às alterações dos ecossistemas (BAZI, 2019). A estrutura e a diversidade das comunidades de invertebrados podem ser influenciadas por mudanças durante a sucessão nas florestas (DENG et al., 2022). Macroartrópodes saprófagos, por exemplo, são importantes na degradação de grandes quantidades de serrapilheira (GANAULT et al., 2021).

O período em que ocorrem as interações entre espécies de invertebrados na serrapilheira é um fator que aumenta sua complexidade estrutural pela oferta de novos nichos a serem explorados. Amplos intervalos de tempo são importantes, mas pouco considerados em estudos de curto prazo e exigem pesquisas ecológicas de longa duração (PELD) (FACELLI; PICKETT, 1991).

2.3 Influência da sazonalidade

O aporte do material vegetal ocorre durante toda a vida das espécies vegetais, variando a quantidade do material orgânico depositado no solo ao longo das diferentes estações do ano (ARAÚJO et al., 2005). A produção da serrapilheira é influenciada pela fenologia, herbivoria, taxas de decomposição e fatores climáticos (PINTO et al., 2008). A produção da serrapilheira varia ao longo do ano e é também influenciada por variáveis climáticas, especialmente umidade, temperatura e precipitação. O efeito sazonal pode determinar também a composição do material vegetal (PINTO et al., 2008; YU et al., 2019). As mudanças nas condições climáticas ao longo do ano, como períodos de seca ou chuva, podem afetar principalmente a queda de folhas, influenciando a quantidade e a qualidade da serrapilheira produzida (CHAVE et al., 2010).

Atividades biológicas, como a decomposição do material vegetal, também podem ser afetadas pela sazonalidade, uma vez que a temperatura e a umidade podem variar significativamente ao longo do ano. As mudanças nas condições atmosféricas têm um papel significativo no processo de decomposição da serrapilheira. Essas variações sazonais afetam a velocidade de decomposição e padrões distintos durante as estações climáticas. A temperatura, a umidade e a precipitação variam ao longo do dia, das estações e do ano, influenciando o desenvolvimento e o comportamento das espécies, na fenologia e na ciclagem de nutrientes, mas as respostas às variações não são imediatas (HOLANDA et al., 2015).

A estrutura do ecossistema influencia na produção de serrapilheira. Há dois padrões básicos para a deposição anual de serrapilheira em ecossistemas brasileiros. O primeiro refere-se à deposição maior em época seca, como ocorre em ecossistemas amazônicos, florestas mesófilas e cerrados. O segundo corresponde a um aumento na intensidade da deposição em época úmida, como ocorre nas florestas atlânticas e restingas (BRASIL et al., 2017).

Dada a extensão do bioma Mata Atlântica, seu clima predominante tropical úmido é diversificado, com áreas expostas à umidade do litoral o ano todo e estações secas e chuvosas marcadas. No estado da Bahia, o clima pode variar entre os tipos quente e superúmido (Af), quente e subúmido (Am) a quente e seco (Aw) no sentido litoral-interior. Na faixa costeira interior, o verão é marcado por uma estação seca (dezembro a fevereiro) de pequena duração compensada pelos totais elevados de

precipitação (abril a agosto) e umidade do ar >80% (BRASIL, 1992; ALVARES et al., 2013). Os picos de produção de serrapilheira em florestas tropicais ocorrem durante a estação seca no verão. A precipitação, a radiação e a umidade atuam como fatores determinantes nessa ocorrência, principalmente devido à diversidade de espécies vegetais e suas distintas respostas às condições ambientais a que estão submetidas (MARTINELLI; LINS; SANTOS-SILVA, 2017).

Variáveis climáticas influenciam diretamente em maior escala a comunidade vegetal e invertebrados terrestres atuam à escala local para a produtividade do ecossistema. Portanto, este estudo trata de avaliar a relação entre a produção de serrapilheira e a ação dos grupos funcionais de invertebrados terrestres, reguladas por um possível efeito sazonal, como contribuição para reduzir a lacuna do conhecimento sobre métodos eficientes para restauração de processos ecossistêmicos e conservação de florestas nativas.

3. Material e métodos

3.1 Área de estudo

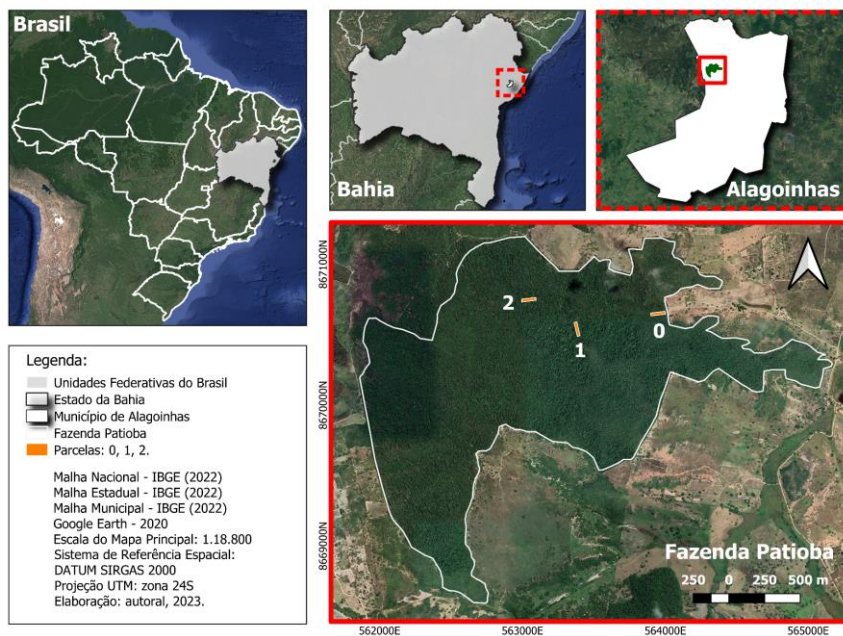
O estudo foi realizado no município de Alagoinhas, localizado no Litoral Norte da Bahia, em um fragmento florestal nativo de Mata Atlântica na zona rural pertencente à Fazenda Patioba, com extensão territorial aproximada de 343 hectares (Figura 1). Fragmentos maiores do que 100 hectares são chamados maciços florestais e principal habitat de espécies raras e espécies de maior reserva de carbono (DANTAS, 2021).

Foram escolhidos três locais para coleta: i) a borda em terreno plano (24 563.956 L; 8.670.645 S) na entrada adjacente à trilha principal que atravessa o fragmento; ii) um intermediário na mesma altitude da entrada e em terreno plano distante 522 metros da borda (24 563.388 L; 8.670.530 S) e iii) um mais no interior do fragmento a 804 metros da borda (24 563.052 L; 8.670.745 S) em terreno elevado a 268 m de altitude (Figuras 1 e 2).

A borda (T0) tem uma vegetação mais aberta em relação às comunidades vegetais mais fechadas observadas em ambos os locais intermediário (T1) e interior (T2) no sentido do núcleo do fragmento (Figura 2). A vegetação da Patioba é descrita como Floresta Ombrófila Densa, composta por árvores perenifólias (médias e

grandes) de copas densas, portes arbustivos e subarbustivos, além de lianas (DANTAS, 2021; EVANGELISTA; ALMEIDA, 2020).

Figura 1. Área de estudo com indicação dos locais de coletas na borda (T0), intermediário (T1) e no interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



Fonte: autoral, 2023.

Figura 2. Estrutura da vegetação nas parcelas 0, 1 e 2 do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



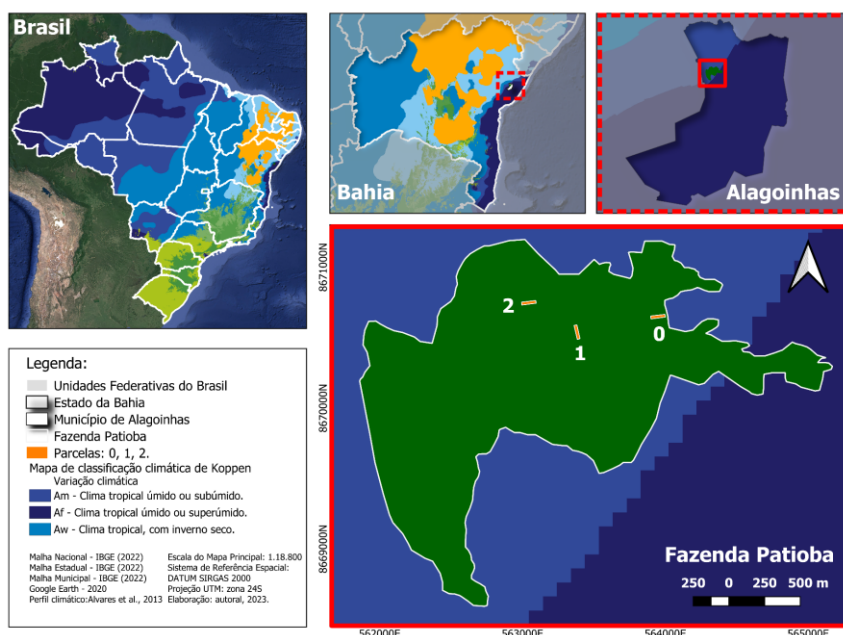
Fonte: autoral, 2023.

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, a área de estudo está sob o macroclima tropical úmido, denominado Am, com transição entre os tipos climáticos Af e Aw. Am é tropical úmido ou subúmido, transição entre os tipos climáticos Af e Aw, caracterizado por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre $>18^{\circ}\text{C}$ com uma estação seca de pequena duração compensada pelos totais elevados de

precipitação. Esse tipo de clima predomina na faixa costeira interior da Bahia. O tipo Af é tropical quente e úmido, com estação seca no verão (dezembro a fevereiro) e chuvosa no outono-inverno (abril a agosto). O período de maior estiagem ocorre entre novembro e janeiro, sendo janeiro o mês mais seco. A estação chuvosa tem início em abril e se prolonga até agosto, sendo que as maiores precipitações ocorrem em maio e junho (BRASIL, 1992; ALVARES et al., 2013) (Figura 3).

Apenas os parâmetros precipitação (mm) e temperatura (°C) para o município de Alagoinhas foram considerados para análises de correlação e obtidos do website Weather Spark (2022) (Tabela 1). Nenhum parâmetro foi medido na área de estudo, razão pela qual não foi considerada a umidade já que a atmosfera no município de Alagoinhas mostra registros de saturação ao longo de anos anteriores. A umidade pode ser fornecida ao ambiente através da precipitação e mantida por ação da cobertura de serrapilheira sobre o solo.

Figura 3. Mapa de distribuição dos tipos climáticos ocorrentes no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil).



Fonte: autoral, 2023.

Tabela 1. Precipitação média mensal (mm) e temperatura (°C) em Alagoinhas, Bahia (Brasil).
 Outubro/2021 a setembro/2022.

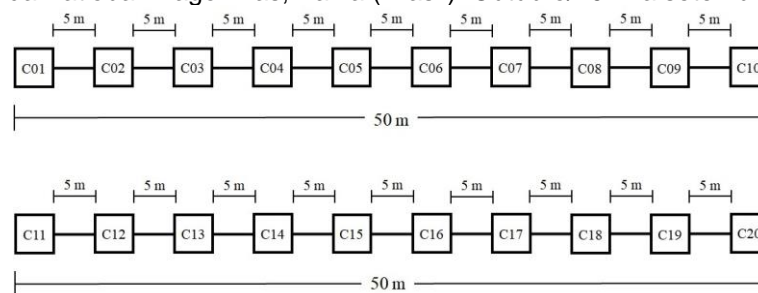
Fator abiótico	Out/ 2021	Nov	Dez	Jan/ 2022	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Precipitação (mm)	47,3	54,5	53,3	40,8	50,1	53,2	91,7	131,1	122,5	97,4	67,6	47,2
Temperatura (°C)	22,7	27,1	26,9	28,5	28,2	27,8	25,3	25,0	21,4	21,7	24,0	24,4

Fonte: adaptado do website Weather Spark, 2022.

3.2 Produção da serrapilheira

O estudo foi realizado no período de 12 meses (outubro/2021 a setembro/2022). Inicialmente foram demarcadas três parcelas de 100 m x 20 m e instalados 20 coletores em 5 conjuntos de 1 m² subdividido em 4 unidades de 0,25 m² (C1-C4, C5-C8, C9-C12, C13-C16, C17-C20) equidistantes a cada 5 m ao longo do transecto central na parcela (Figura 3). Esta foi a maneira usada para uma melhor distribuição sob árvores, geralmente de tronco robusto e copa frondosa nas parcelas T0, T1 e T2 (Figura 4).

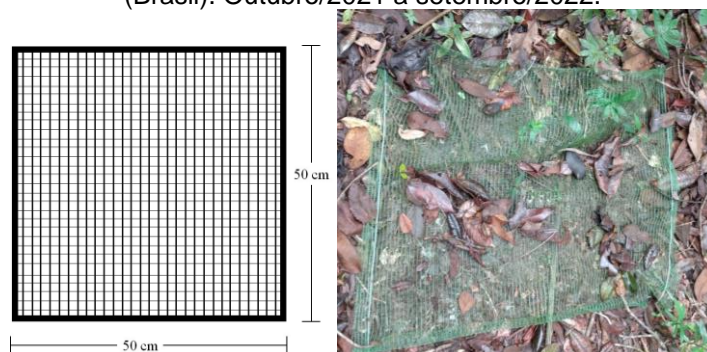
Figura 4. Transecto de 100 m instalado no centro de cada parcela no fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



Fonte: autoral, 2022.

O modelo do coletor de baixo custo foi adaptado de Fortes et al. (2008) e preparado com tela de nylon (2 mm) de 0,25 m² e bordas laterais para formar 1 cm de profundidade, tendo uma moldura armada com arame galvanizado e fixadas as extremidades com varetas (palitos de churrasco) para evitar movimentação por chuva ou pequeno animal (Figura 5). As amostras foram coletadas mensalmente e levadas em sacos pretos identificados para o devido tratamento no laboratório de Ecologia do Centro de Pesquisa em Ecologia e Recursos Hídricos (CEPERH) no *Campus* II da Universidade do Estado da Bahia. O valor total de 5 m² foram somados para o cálculo da estimativa de produção de serrapilheira mensal.

Figura 5. Coletor de serrapilheira de 0,25 m² confeccionado em tela de nylon e armação de arame, fixado nas pontas por varetas no fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



Fonte: autoral, 2022.

As amostras de serrapilheira foram triadas manualmente, separadas nas respectivas frações caulinar, foliar e parte reprodutiva (flor, fruto e semente) em envelopes de papel identificados e pesadas em balanças semi e analítica para registro da biomassa fresca (g). Posteriormente foram secas em estufa a 60°C por 72 horas para registro da massa seca (g) (Figura 6).

Figura 6. Triagem manual, registro e secagem das frações da serrapilheira dos coletores no fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



Fonte: autoral, 2022.

Os dados de massas fresca e seca foram usados para cálculos da estimativa da produção de biomassa mensal e também do teor de umidade (%), contida no material vegetal de cada fração da serrapilheira e perdida após a secagem na estufa. O teor de umidade acumulado por cada fração da serrapilheira foi calculado com a fórmula:

$$T.U.(%) = 100 - [(Ms*100)/Mf]$$

Onde: T.U. é o teor de umidade expresso em porcentagem de umidade contida em cada fração da serrapilheira; Ms é a massa seca do material vegetal após a estufa e Mf é a massa fresca do material vegetal antes da estufa.

As análises foram feitas com o *software* de código aberto *Paleontological Statistics (PAST Analyst)* 4.10.

3.3 Classificação dos grupos funcionais

A identificação foi feita pelo Especialista do grupo de pesquisa (Ueverton Santos Neves, comunicação pessoal) com base na literatura específica (PAOLETTI; HASSALL, 1999; BACCARO, 2006; CARDOSO, 2017; BRUSCA; MOORE; SHUSTER, 2018) e comparação com imagens de coleções virtuais.

De posse desses dados taxonômicos, os invertebrados terrestres capturados nos coletores foram classificados de acordo ao hábito alimentar e seu presumido papel na serrapilheira, em: predadores, parasitas, fitófagos, detritívoros, saprófagos e coprófagos, conforme Podgaiski, Mendonça Jr. e Pillar (2011) e Parron et al. (2015). Para evitar sobreposição de dados das espécies multifuncionais, os animais foram registrados apenas uma vez em cada grupo pelas características ambientais observadas em campo.

Os dados foram analisados para cálculos dos índices de diversidade através do *Paleontological Statistics (PAST Analyst)* 4.10 de código aberto e apenas os dados mensais foram modelados pelo *Populus* 6.0 de uso livre (ALSTAD, 2001).

Os índices medem diversidade (Simpson e Shannon-Wiener), equidade (Pielou), riqueza e projeção de riqueza (Chao-1, iChao-1 e ACE). Índices de dominância, diversidade, riqueza e equidade foram usados para estimar o estado ecológico da comunidade de invertebrados terrestres associados à serrapilheira (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros, índice e valores de referência para análise de dados populacionais.

Parâmetros	Índices	Valores de referência
Dominância	Simpson	0 - 1
Diversidade	Shannon-Wiever	1,5 - 3,5
Riqueza	Margalef	3,81
	Menhinick	2,05
	Chao	2,5 - 97,5
Equidade	Pielou	0,76

Fonte: autoral, 2023.

Esses índices também podem ser calculados com base nas equações a seguir:

$$D = \sum p_i^2$$

Onde: D, índice de Simpson (1949); P_i , abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra. O índice de Simpson indica a probabilidade de dois indivíduos sorteados ao acaso pertencerem à mesma espécie.

$$H = -\sum p_i \ln p_i \quad \text{e} \quad P_i = n_i/N$$

Onde: H, índice de Shannon-Wiener (1949); P_i , abundância relativa; \ln , logaritmo natural; N, número total de indivíduos; n_i , número de indivíduos de cada ordem.

Os valores da curva de rarefação foram obtidos por meio de análises combinatórias, usando-se a equação de Hurlbert (1971), para verificar quantas combinações possíveis podem ser feitas e quantos subconjuntos podem ser obtidos:

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^S \left[1 - \frac{(N - N_i n)}{(N n)} \right]$$

Onde: N, número total de indivíduos da comunidade; N_i , número de indivíduos da i -ésima espécie; n, número de indivíduos padronizado para a rarefação.

O índice Chao-1 é um estimador de abundância de indivíduos pertencentes a uma determinada classe e estima a riqueza de espécie em uma dada comunidade ecológica a partir de uma amostragem. A proposta do estimador baseia-se na frequência de espécies raras, ou seja, aquelas que ocorrem apenas uma ou duas vezes nas amostras (CHAO, 1987). Este índice é útil para comparar a diversidade biológica entre habitats ou áreas e para avaliar a suficiência do esforço amostral em capturar a maioria das espécies presentes na comunidade (SANOS, 2006). A equação pode ser descrita da seguinte forma:

$$\text{Chao-1} = S_{\text{obs}} + F_1^2/2F_2$$

Onde: S_{obs} , número de espécies observadas; F_1 , número de espécies que ocorrem apenas uma vez nas amostras; F_2 , número de espécies que ocorrem duas vezes nas amostras.

O índice iChao-1 assume que a frequência de indivíduos únicos e duplicados é proporcional à abundância de espécies raras na comunidade e que essas espécies raras são as que contribuem mais para a riqueza de espécies. O iChao-1 é um estimador robusto e simples que pode ser aplicado a diferentes tipos de dados ecológicos e que tem boa performance em comparação com outros estimadores de riqueza de espécies (BALDRIAN et al., 2022). O iChao-1 pode ser calculado pela fórmula:

$$i\text{Chao-1} = S_{\text{obs}} + [n_1(n_1-1)/2(n_2+1)]$$

Onde: S_{obs} , número de espécies observadas; n_1 , número de indivíduos únicos; n_2 , número de indivíduos duplicados.

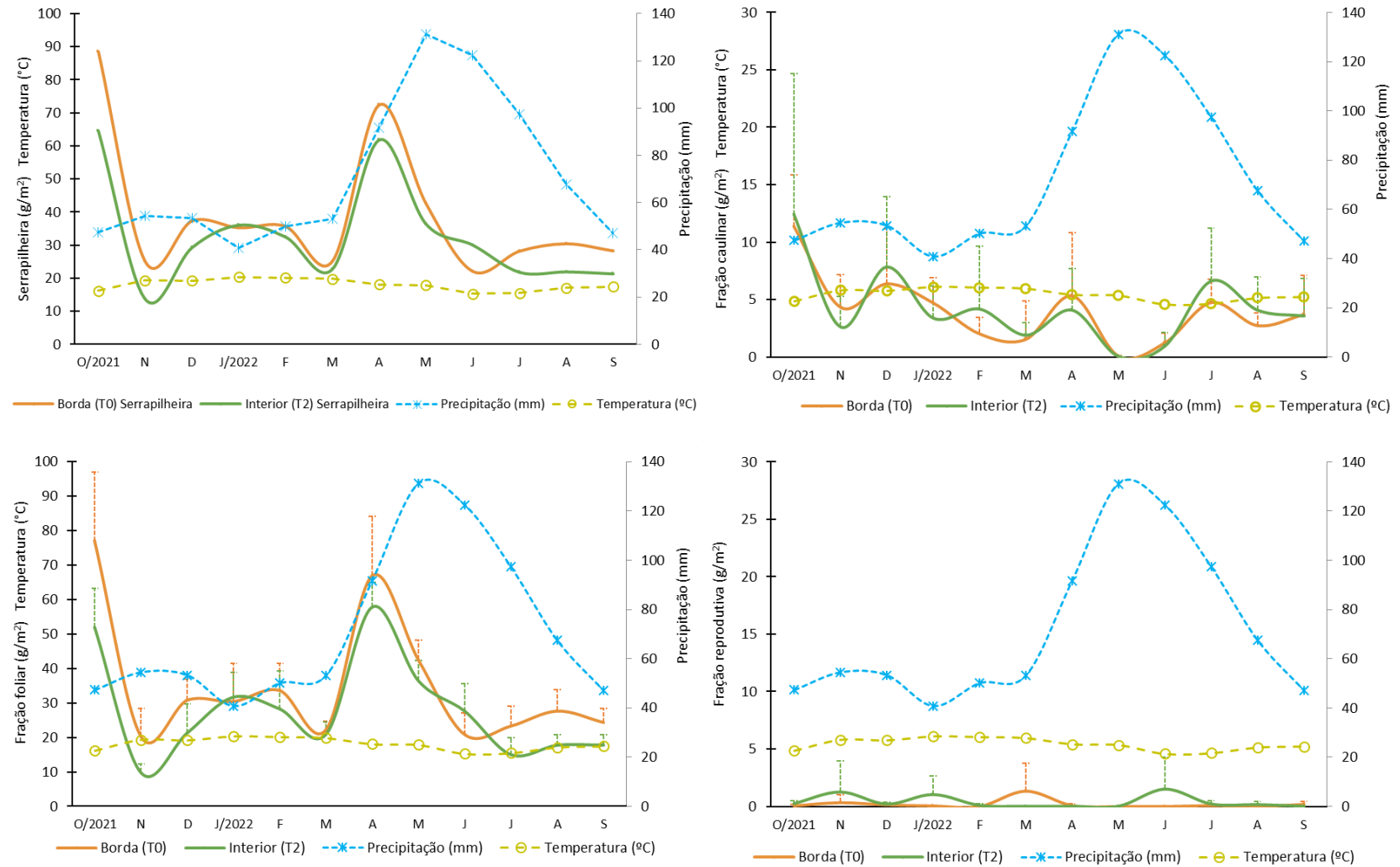
A modelagem matemática clássica de sistemas ecológicos foi feita com a aplicação expandida do modelo simples de Lotka-Volterra para o caso onde há competição intra-trófica entre detritívoros (presas) e carnívoros (predadores) (SOUZA, 2017). A dinâmica da interação predador-presa foi modelada em fluxo contínuo e na dependência da presa (presa-dependente) para borda (T0) e interior (T2) ao longo de 100 dias, período usado como padrão comparativo para as coletas mensais ao longo de 12 meses. Os dados trimestrais não foram modelados pela abundância incipiente ou inexistente.

4. Resultados e discussão

4.1 Produção da serrapilheira e efeito da sazonalidade

A produção de serrapilheira foi semelhante ($p < 0,05$) entre borda (T0) e interior (T2), tanto em produção total como em suas frações caulinar e foliar, nas 12 coletas mensais. A produção caiu bruscamente com o aumento da precipitação em maio na borda e no interior do fragmento (Figura 7).

Figura 7. Serrapilheira total (superior à esquerda) e suas frações caulinar (superior à direita), foliar (inferior à esquerda) e reprodutiva (inferior à direita) coletadas na borda (T0) e no interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba em relação a precipitação (mm) e temperatura (°C). Alagoínhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.

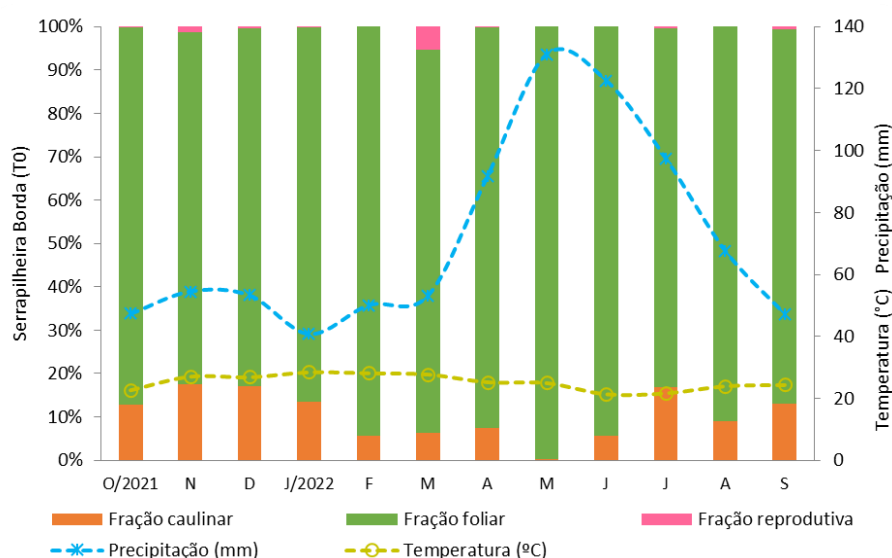


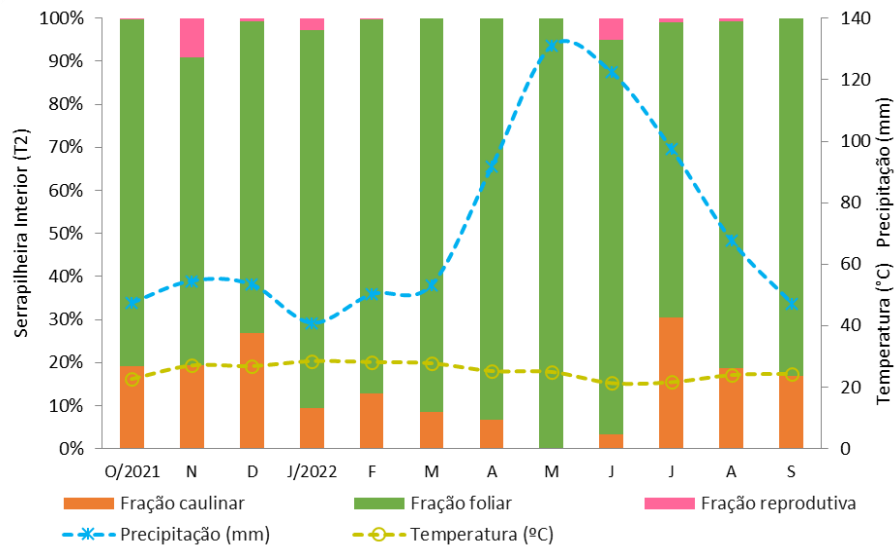
Na borda (T0), a produção da fração foliar foi atribuída à copa esparsa do estrato arbóreo, que favoreceu a maior queda de folhas das árvores por ação das chuvas. No interior (T2), a complexidade estrutural da vegetação foi refletida pela fração reprodutiva maior em relação à borda (T0) (Figura 8).

O efeito sazonal da precipitação regulou a produção, maior na estação seca e menor na estação chuvosa, corroborando os estudos de Andrade et al. (2020) e de Câmara, Holanda e Costa (2021). O ambiente de borda de um fragmento nativo tem maior exposição da vegetação ao efeito da irradiação solar, precipitação e temperatura. A vegetação mais aberta com dossel esparsa está exposta ao impacto das chuvas e, conseqüentemente, espera-se que a produção da serrapilheira seja regulada principalmente pela precipitação.

A análise de correlação da serrapilheira total e suas frações caulinar, foliar e reprodutiva dos coletores entre a borda (T0) e o interior (T2) do fragmento mostrou apenas diferença nas frações reprodutivas entre os locais de amostragem (Figura 9, Tabela 3).

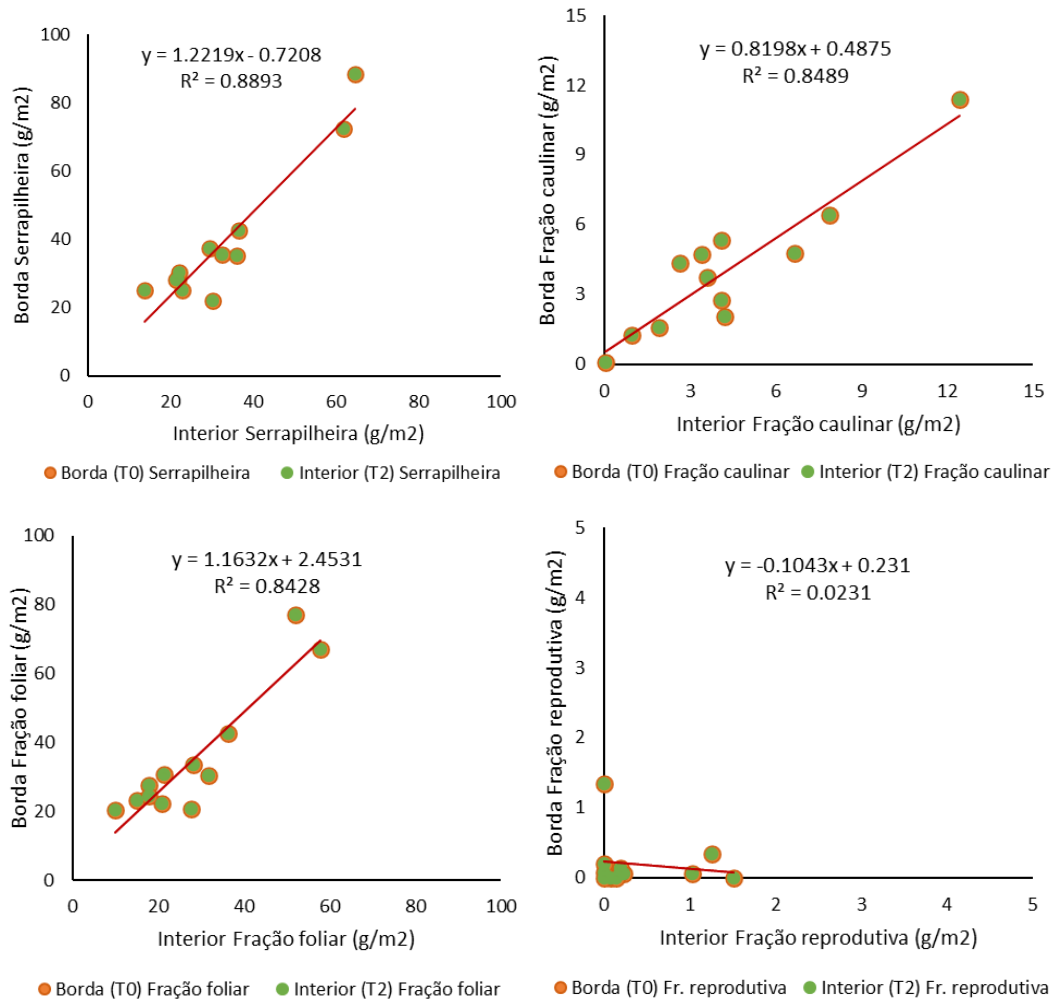
Figura 8. Serrapilheira total e frações caulinar, foliar e reprodutiva coletadas na borda (T0) e no interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.





Fonte: autoral, 2022.

Figura 9. Correlação da serrapilheira total e suas frações caulinar, foliar e reprodutiva dos coletores entre a borda (T0) e o interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



Fonte: autoral, 2022.

Tabela 3. Análise de correlação pelos índices de Pearson, Spearman e Kendall ($p < 0,05$) da serrapilheira total e suas frações entre as parcelas no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba, Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.

Borda (T0) x Interior (T2) ($p < 0,05$)			
Correlação	Pearson	Spearman	Kendall
Serrapilheira total	0,94 ($p=0,0004$)	0,76 (0,004)	0,61 (0,006)
Fração caulinar	0,92 ($p=0,002$)	0,82 ($p=0,001$)	0,67 ($p=0,003$)
Fração foliar	0,92 ($p=0,003$)	0,81 ($p=0,001$)	0,64 ($p=0,004$)
Fração reprodutiva	-0,15 ($p=0,64$)	-0,15 ($p=0,65$)	0,12 ($p=0,59$)

Fonte: autoral, 2023.

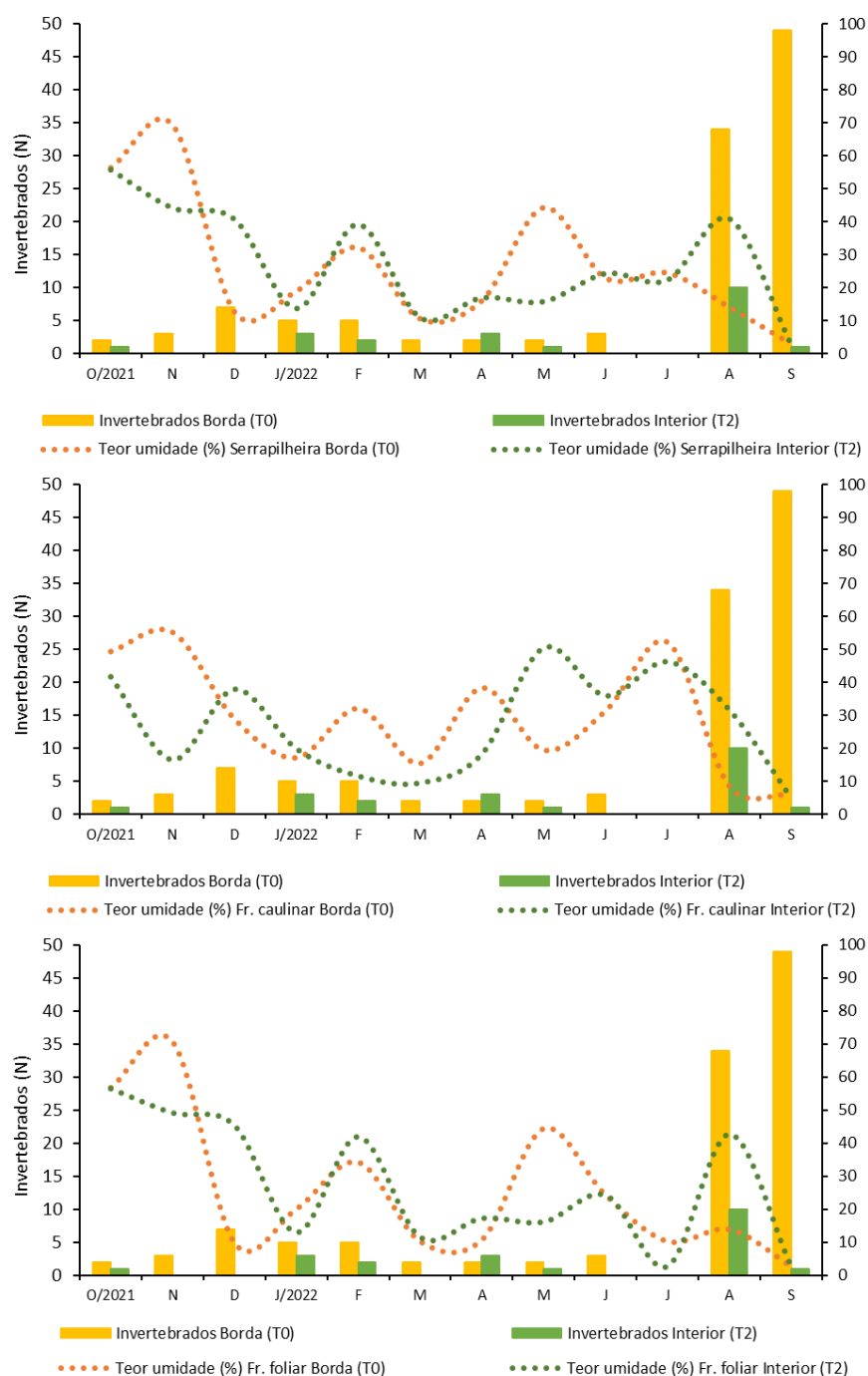
Conforme esperado, o teor de umidade contido na serrapilheira aumentou com a maior disponibilidade de água pela chuva abundante e regular da estação chuvosa (outono e inverno). O pico na abundância de invertebrados na borda (T0) se deveu aos isópodes em agosto e às formigas em setembro, com a redução das chuvas copiosas e o aumento da temperatura (Figura 10).

A forte precipitação na estação chuvosa pode arrastar esses organismos para fora do coletor, que buscarão abrigo no material orgânico remanescente. A serrapilheira é uma camada que favorece a formação de uma câmara úmida sobre o solo. Na estação chuvosa, predominou a fração caulinar sobre a foliar. Os invertebrados parecem preferir o movimento com uma serrapilheira menos úmida, seja pela facilidade de fuga no caso dos detritívoros ou dos predadores no movimento para capturar suas presas (Figura 10).

A umidade é retida pela serrapilheira, especialmente pela fração foliar, após a estação chuvosa, que contribuiu para o lavado (lixiviação) de polifenóis tóxicos do material vegetal. Há a consequente disponibilidade de detritos orgânicos colonizados por fungos, que servirão de coquetel nutritivo para os invertebrados detritívoros (ZIMMER; KAUTZ; TOPP, 2003).

A temperatura mais alta afeta a taxa de decomposição e liberação de nutrientes. Um valor mais baixo reduz essa taxa e concorre para o acúmulo da serrapilheira. A temperatura também pode influenciar a atividade dos invertebrados, a exemplo das formigas (Hymenoptera: Formicidae) e besouros (Coleoptera). Este efeito integrado dos fatores climáticos, umidade e temperatura, influencia a qualidade da serrapilheira que, dependendo da preferência alimentar do invertebrado, terá afetada sua composição (PINHEIRO et al., 2002; CARVALHO et al., 2018).

Figura 10. Abundância dos invertebrados conforme os teores de umidade na serrapilheira total(primeiro gráfico) e nas frações caulinar(segundo gráfico) e foliar(terceiro gráfico) entre a borda e o interior do fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoínhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



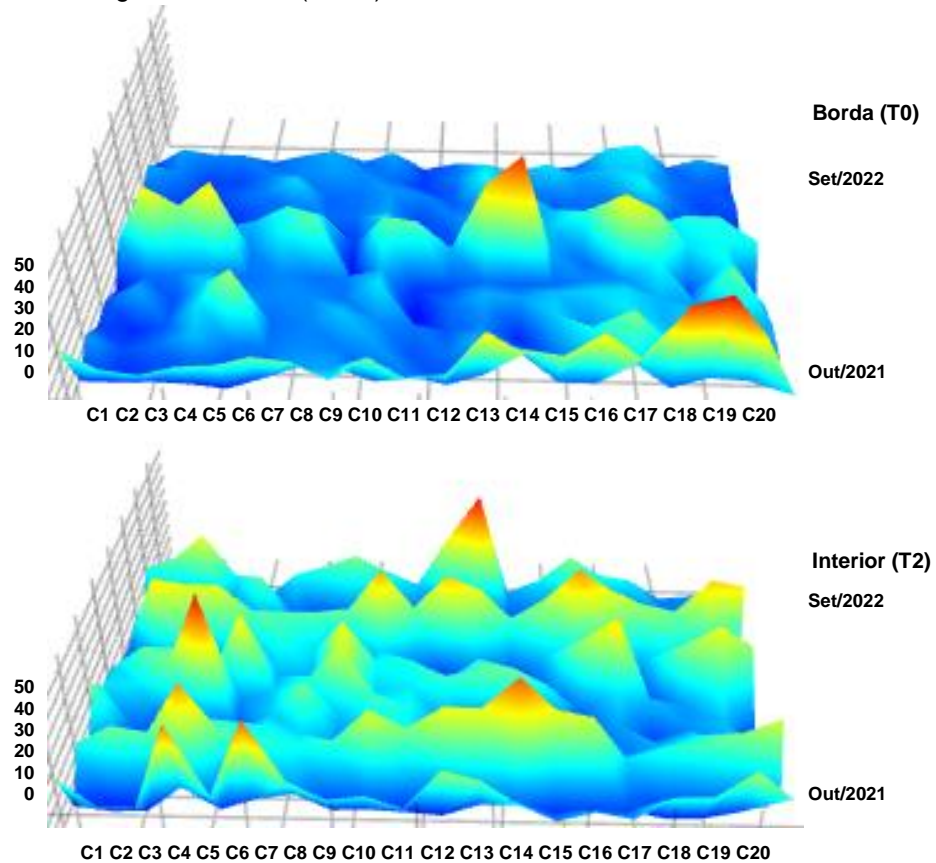
Fonte: autoral, 2023.

A deposição mensal de serrapilheira foi regular com alguns picos estacionais nos vinte coletores (C1 ao C20) no interior (T2) em relação à borda do fragmento (Figuras 11 e 12).

A maior diversidade do estrato arbóreo e o grande porte das árvores contribuíram para um maior aporte de serrapilheira no interior (T2) em relação à borda

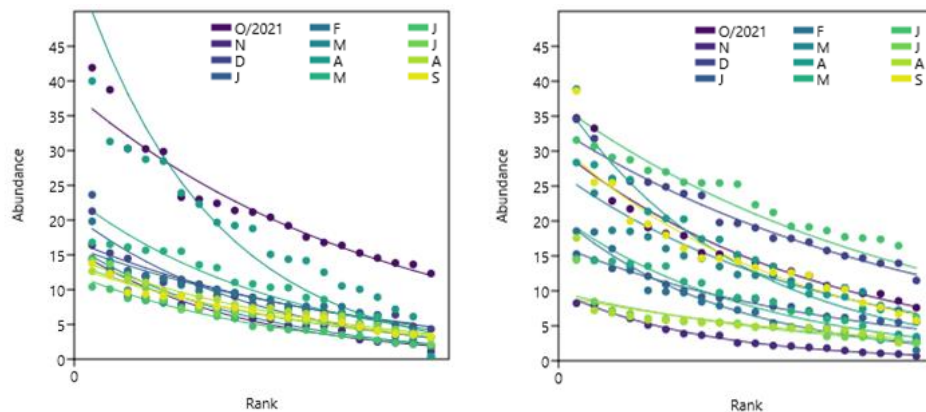
(T0) no fragmento nativo. Este resultado foi semelhante aos registros de Santos (2014) e Câmara, Holanda e Costa (2021) para fragmentos preservados de Mata Atlântica.

Figura 11. Perfil de deposição natural do material vegetal nos coletores ao longo do transecto em cada parcela na borda (T0) e no interior (T2) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoínhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



Fonte: autoral, 2023.

Figura 12. Modelo de distribuição de abundância da serrapilheira depositada nos coletores ao longo do transecto nas parcelas da borda (T0) (à esquerda) e do interior (T2) (à direita) no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoínhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



Fonte: autoral, 2023.

O estrato arbóreo diversificado, constituído principalmente por espécies arbóreas nativas perenifólias de crescimento rápido e também por caducifólias, com variedade de consistências foliares (membranácea, cartácea e coriácea) garante o aporte de material à serrapilheira por tempo prolongado (DANTAS, 2021). As folhas em decomposição representam o primeiro estágio de transferência contínua de nutrientes das plantas para o sistema serrapilheira-solo, que representa um sumidouro de carbono. A variada consistência foliar entre as espécies dominantes de árvores funciona como um mecanismo natural, que regula o aporte contínuo de material vegetal com liberação rápida ou lenta de nutrientes (JESUS, 2020; OLIVEIRA, 2022).

Os principais fatores formadores da serrapilheira são o clima e a vegetação, por suas características genéticas, idade, densidade e diversidade. A ocorrência de árvores com síndrome de dispersão zoocórica aumenta a riqueza nutricional da serrapilheira com frutos e sementes que atraem a *litter* fauna, essencial à fragmentação biológica (PARRON et al., 2015).

4.2 Grupos funcionais capturados nos coletores

Apesar dos coletores de serrapilheira estarem abertos e os invertebrados livres para fuga, foi capturado um total de 192 indivíduos em 11 ordens ao longo de 12 meses. No total entre as ordens, Hymenoptera (34%), Isopoda (22%), Stylommatophora (17%) e Blattaria (13%) tiveram maior abundância registrada (Tabela 4, Figura 13).

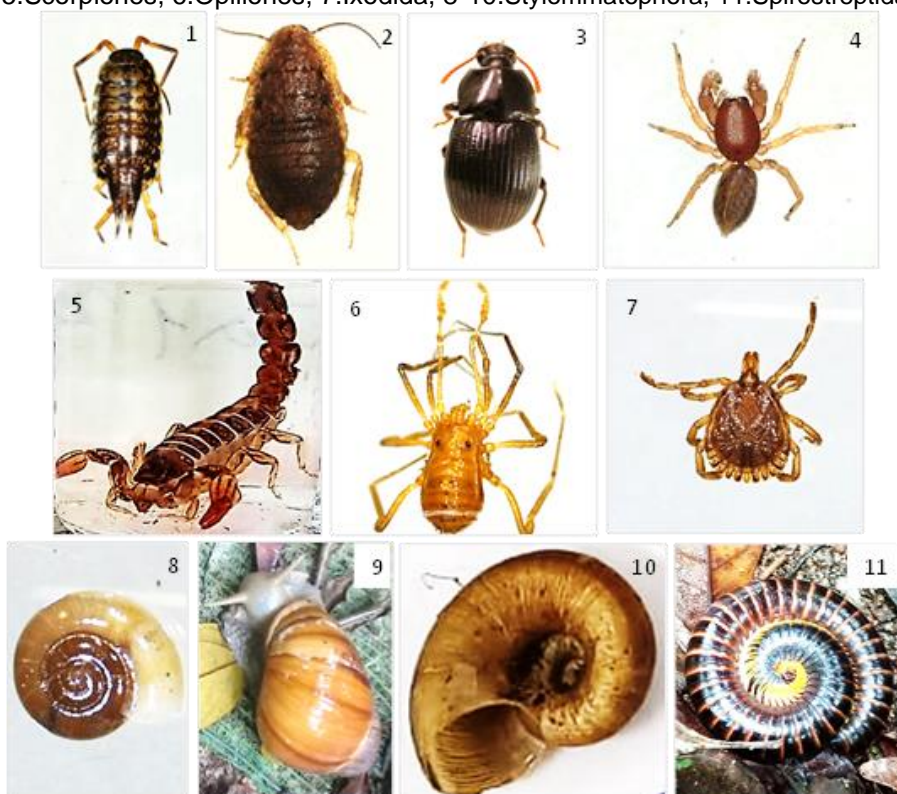
Tabela 4. Checklist das ordens taxonômicas de espécimes capturados nos coletores de serrapilheira das parcelas no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.

Classe	Ordem	Sub/Família	Espécie	T0	T1	T2
Malacostraca	Isopoda	Philosciidae	<i>Philoscia muscorum</i>	24	12	6
Insecta	Blattaria	Blaberidae		4	0	0
		Isoptera		22	0	0
	Hymenoptera	Formicidae	<i>Atta</i> sp.	28	32	6
	Coleoptera			4	0	0

	Collembola			1	0	0
Arachnida	Araneae	Ctenidae Dictynidae Lycosidae Salticidae		7	1	1
	Scorpiones			0	1	0
	Opiliones			2	0	1
	Ixodida			3	0	0
Gastropoda	Stylommatophora	Achatinidae Bradybaenidae Subulinidae	<i>Achatina fulica</i> <i>Bradybaena</i> <i>similaris</i> <i>Neobeliscus</i> <i>calcareus</i>	15	11	7
Diplopoda	Spirostreptida			4	0	0
Abundância				114	57	21

Fonte: autoral, 2023.

Figura 13. Invertebrados das ordens taxonômicas de espécimes capturados nos coletores de serrapilheira das parcelas no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. Legenda: 1.Isopoda, 2.Blattaria, 3.Coleoptera, 4.Araneae, 5.Scorpiones, 6.Opiliones, 7.Ixodida, 8-10.Stylommatophora, 11.Spirostreptida.

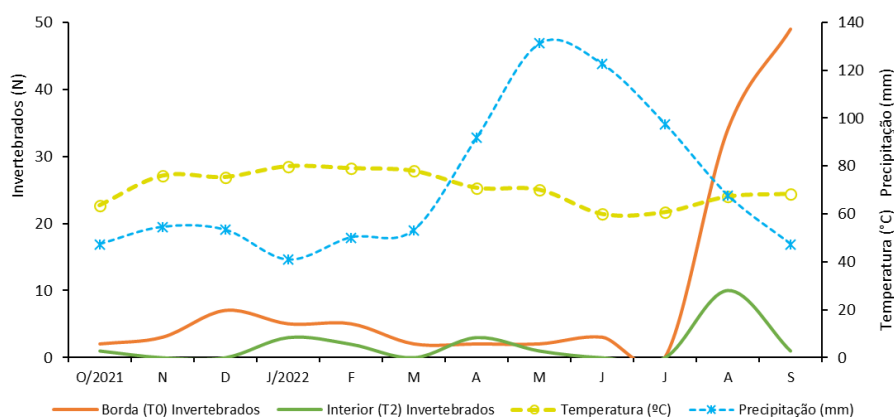


Fonte: autoral, 2023.

Na serrapilheira dos coletores, os invertebrados diminuíram com aumento da precipitação e queda da temperatura na borda e no interior do fragmento (Figura 14).

A fração foliar corresponde ao maior aporte de biomassa da vegetação à serrapilheira e seu acúmulo permite a atuação dos invertebrados após a estação chuvosa. Chuvas abundantes e contínuas solubilizam os polifenóis tóxicos do material vegetal depositado e alteram a estrutura e qualidade da serrapilheira, que pode então ser colonizada posteriormente por microrganismos como coquetel nutritivo para invertebrados, como os isópodes (ZIMMER; KAUTZ; TOPP, 2003).

Figura 14. Invertebrados capturados na serrapilheira dos coletores na borda (T0) e no interior (T2) em relação a precipitação e temperatura no fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoínhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.



Fonte: autoral, 2023.

As coletas mensais mostraram uma diversidade maior para a borda em relação ao interior do fragmento, explicada pelo habitat artificial que o coletor ofereceu, utilizado como refúgio pelos invertebrados na borda (T0). Devido a sua composição orgânica e características físicas, a serrapilheira desempenha um papel fundamental no abrigo dos invertebrados, retém a umidade sobre o solo e regula a temperatura, criando um microclima propício para a sobrevivência desses invertebrados (WOLTERS, 2001). Já os animais do interior (T2) não se abrigavam no coletor e sim na própria serrapilheira, mais complexa em quantidade (produção) e qualidade (composição diversa) (Tabela 5). Uma baixa amostragem com coletas pontuais pode explicar o oposto em relação à esperada maior diversidade no interior do que na borda do fragmento, conforme Tessaro et al. (2020).

Cada fragmento possui particularidades e o efeito de borda pode criar habitats e nichos que favoreçam o estabelecimento de espécies resilientes predadoras ou fortes competidoras que impactam a variedade de grupos funcionais nativos no

perímetro florestal. Dessa maneira, o aumento de espécies na borda não necessariamente eleva a diversidade, senão pode causar até o efeito inverso. A diversidade é uma razão entre riqueza e abundância, se a riqueza na borda for afetada por um número alto de espécies dominantes, beneficiadas por condições menos complexas, a diversidade diminui. Apesar disso, nossos resultados mostraram que a diversidade de invertebrados terrestres na borda foi maior que no interior. A presença de clareiras com superfície exposta na borda possibilitou a colonização por espécies resilientes, que não são encontradas no interior. Entretanto, essas condições não foram suficientes para que as espécies dominassem na comunidade da borda, fato atribuído à existência de uma camada ainda satisfatória de serrapilheira apesar da degradação ambiental e menor diversidade arbórea.

Tabela 5. Índices de diversidade e riqueza dos invertebrados capturados nos coletores de serrapilheira na borda e no interior do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.

Índices	Borda (T0)	Interior (T2)
Taxa_S	10	5
Indivíduos	114	21
Dominance_D	0.1740	0.2429
Simpson_1-D	0.8260	0.7571
Shannon_H	1.9310	1.4670
Evenness_e^H/S	0.6896	0.8675
Brillouin	1.7540	1.1280
Menhinick	0.9366	1.0910
Margalef	1.9000	1.3140
Equitability_J	0.8386	0.9117
Fisher_alpha	2.6400	2.0760
Berger-Parker	0.2456	0.3333
Chao-1	10.50	5.952
iChao-1	10.59	5.952
ACE	10.42	6.283

Fonte: autoral, 2023.

Pelo fato do trabalho ser pioneiro na área de estudo, as coletas trimestrais com apenas 4 meses de dados mostraram-se insuficientes para a análise dos índices de diversidade entre os três ambientes. A borda obteve índices de diversidade e riqueza maiores do que o ambiente intermediário e o interior do fragmento (Tabela 6).

Tabela 6. Índices de diversidade e riqueza dos invertebrados capturados nos coletores de serrapilheira nos ambientes de borda, intermediário e interior do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba, Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.

Índices	Borda (T0)	Intermediário (T1)	Interior (T2)
Taxa_S	10	5	1
Indivíduos	61	57	1
Dominance_D	0.2350	0.3866	-
Simpson_1-D	0.7650	0.6134	-
Shannon_H	1.8600	1.1470	0
Evenness_e^H/S	0.6421	0.6295	1
Brillouin	1.5720	1.0060	0
Menhinick	1.2800	0.6623	1
Margalef	2.1890	0.9894	0
Equitability_J	0.8076	0.7124	-
Fisher_alpha	3.4000	1.3200	0
Berger-Parker	0.4426	0.5614	1
Chao-1	10.49	5.982	1
iChao-1	12.33	5.982	1
ACE	11.30	5.982	1

Fonte: autoral, 2023.

Entre os invertebrados terrestres capturados nos coletores foram encontrados os grupos funcionais: predador, fitófago, detritívoro, saprófago, coprófago, parasita e bioturbador. A ordem Isopoda (Philosciidae) apresentou um padrão de grande abundância característico com apenas uma espécie. Nesta análise de grupos funcionais, devido à alta importância ecológica, três ordens foram consideradas também ao nível taxonômico menor de família ou subfamília, a exemplo de Blattaria, com cupins (Isoptera) destacados pela abundância característica; Hymenoptera com as famílias Ponerinae, Formicidae e Myrmicinae; bem como Stylommatophora nas famílias Achatinidae e Bradybaenidae com alguns indivíduos cada. Esta estratégia foi escolhida para dar valor a categorias menores, porém com equivalência às ordens (Tabela 7).

Tabela 7. Grupos funcionais dos invertebrados coletados com a serrapilheira nas parcelas do fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.

Ordem	Subordem Família Subfamília	Grupo funcional						
		Predador	Fitófago	Detritívoro	Saprófago	Coprófago	Parasita	Bioturbador
Isopoda	Philoscidae			X	X	X		
Blattaria	Blaberidae Isoptera			X X				X X
Collembola				X				X
Stylommatophora	Achatinidae Bradybaenidae			X X				
Coleoptera		X	X	X	X	X		X
Hymenoptera	Ponerinae Formicidae Myrmicinae	X X	X	X				X
Araneae	Theridiidae	X						
Opiliones		X						
Scorpiones		X						
Spirostreptida			X	X	X			X
Ixodida							X	

Fonte: autoral, 2023.

Nas coletas mensais foram capturados nos coletores de:

- Borda (T0): 37 predadores (28 Hymenoptera, 7 Araneae, 2 Opiliones), 73 detritívoros (24 Isopoda, 26 Blattaria, 4 Coleoptera, 15 Stylommatophora, 4 Spirostreptida), 1 bioturbador (1 Collembola) e 3 parasitas (Ixodida).
- Interior (T2): 8 predadores (6 Hymenoptera, 1 Araneae, 1 Opiliones) e 13 detritívoros (6 Isopoda, 7 Stylommatophora).

Entre os predadores, espécimes das ordens Hymenoptera (Ponerinae, Formicidae e Myrmicinae; Insecta), Coleoptera (Carabidae, Insecta), Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones (Arachnida) e Scolopendrida (Diplopoda) ocorreram na borda (T0) e no interior (T2) do fragmento da Patioba.

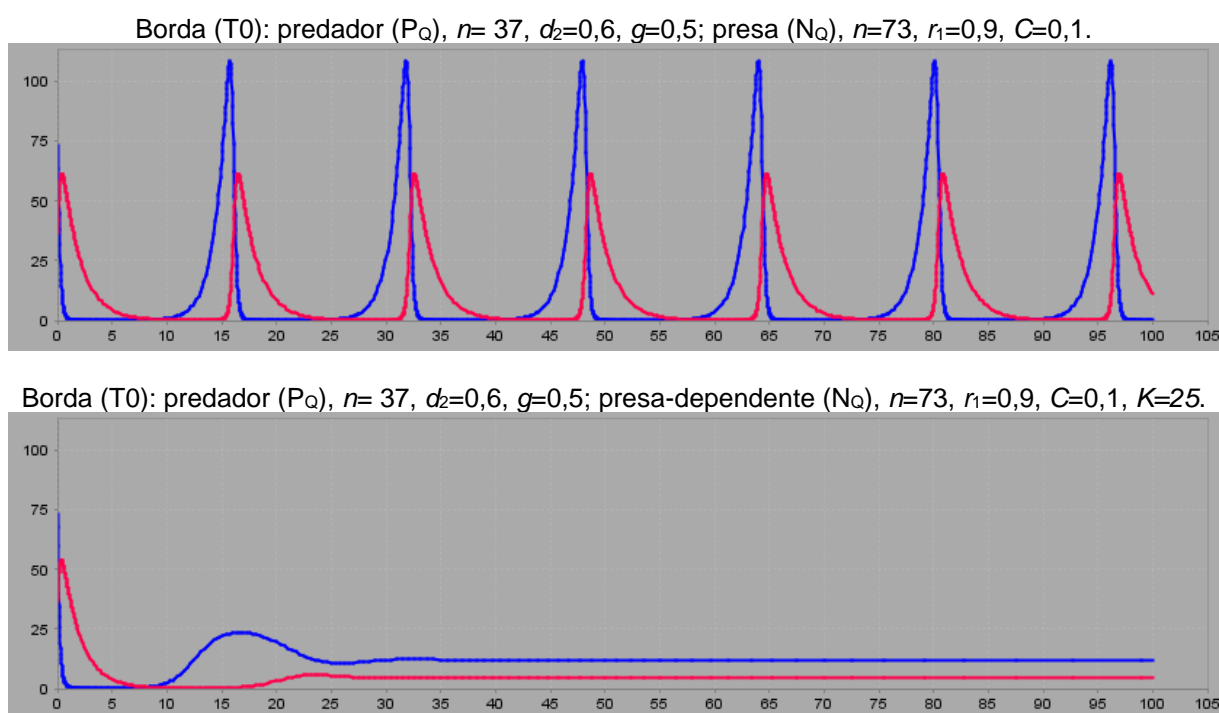
Interações predador-presa e de competição podem ser representadas em modelos de controles biológicos para o manejo de pragas na agricultura, como uma ferramenta de diagnóstico ambiental na escolha de parâmetros que demonstrem o equilíbrio entre espécies. A dinâmica populacional do predador e da presa podem seguir um fluxo contínuo, sem considerar a interferência de fatores ecológicos, ou

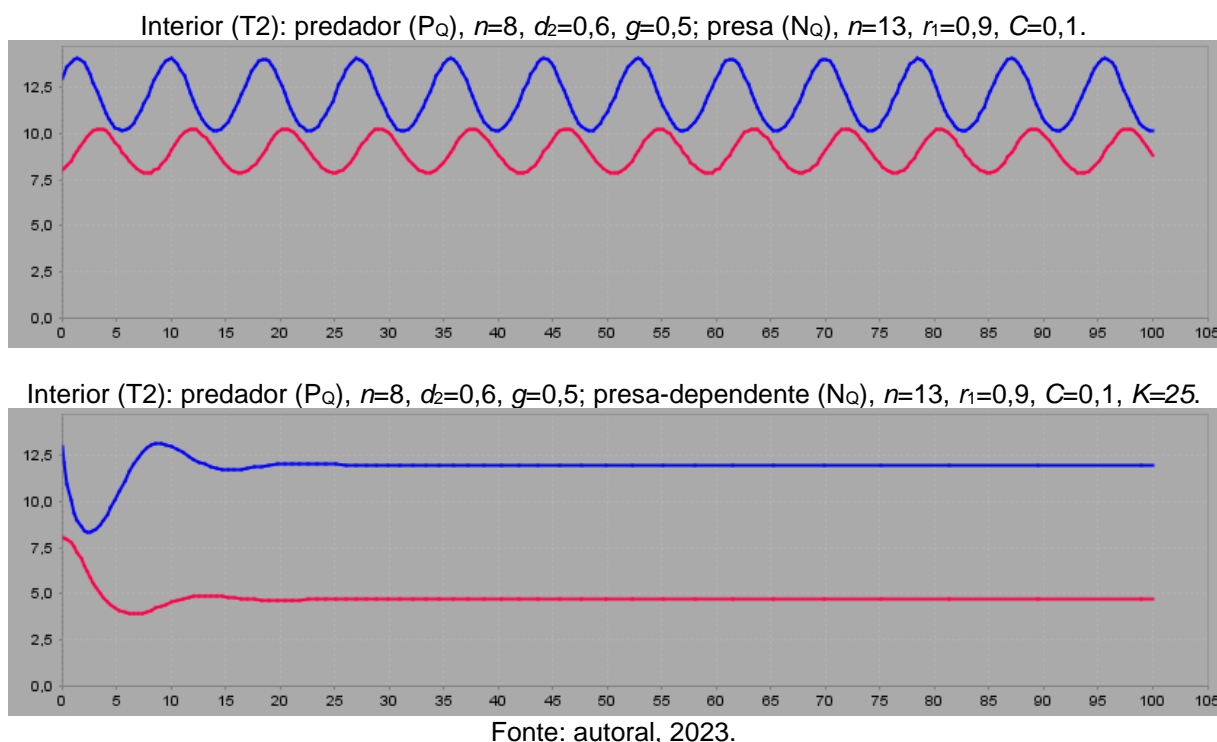
presa-dependente quando predadores dependem exclusivamente das presas e suas populações são reduzidas em sequência com as presas, que por sua vez se alimentam de recursos na rede trófica (SOUZA, 2017).

As formigas poneríneas exercem um papel de predadoras e podem possuir um amplo espectro de alimentação, que varia entre generalista a especialista extrema. Isso resulta em uma regulação populacional de diversos grupos de artrópodes, bem como a possibilidade de serem indicadores da diversidade desses grupos. Os ninhos são feitos na serrapilheira, madeira em decomposição, troncos caídos, pedras e folhas acumuladas em galhos de árvores e epífitas (LATTKE, 2015).

Quanto menor a abundância de predadores, menos tempo é necessário para recuperação populacional das presas. Com a interação predador-presa, no modelo de fluxo contínuo, populações de predadores (P_Q , $n=37$) e presas (N_Q , $n=73$) levariam 15 dias para iniciar sua recuperação na borda (T_0); enquanto menos predadores ($n=8$) necessitariam apenas 5 dias no interior (T_2). No modelo presa-dependente, o tempo mínimo necessário é de 15 e 10 dias respectivamente entre borda (T_0) e interior (T_2) (Figura 15).

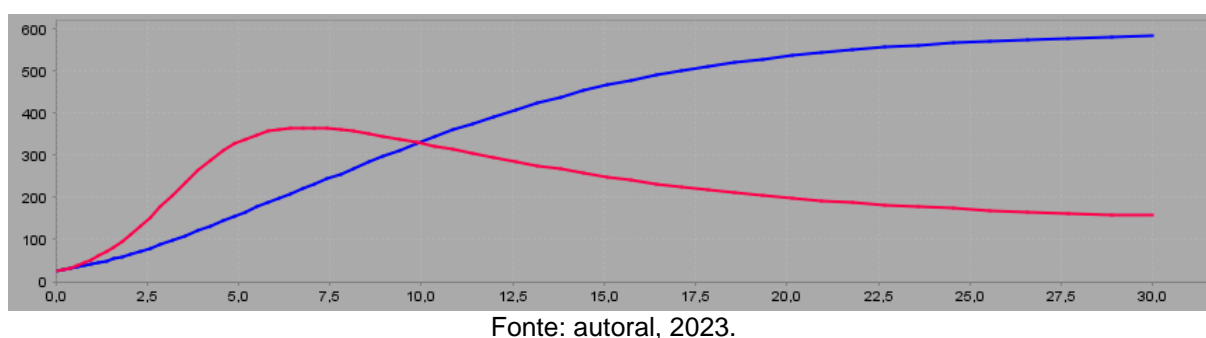
Figura 15. Modelo simples Lotka-Volterra da dinâmica predador (vermelho) presa/presa-dependente (azul) para o período de $t=100$ dias na borda (T_0) (acima) e no interior (T_2) (abaixo) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022.





Se as espécies concorrerem pelo mesmo recurso trófico então quanto menor a diferença entre as abundâncias de cada ordem comparada, as curvas serão mais próximas no início e depois cada população vai aumentar à medida que a outra decresça. Com a interação de competição entre detritívoros, populações de Isopoda ($n=24$), Blattaria ($n=26$) e Hymenoptera ($n=28$) levariam 15 dias para iniciar sua recuperação na borda (T0). No interior (T2), os dados para modelagem foram incipientes ou inexistentes (Figura 16).

Figura 16. Modelo simples Lotka-Volterra da dinâmica de competição entre detritívoros Isopoda ($n^*=24$), Blattaria ($n^*=26$) e Hymenoptera ($n^*=28$) para o período de $t=30$ dias na borda (T0) do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Patioba. Alagoinhas, Bahia (Brasil). Outubro/2021 a setembro/2022. Legenda: N_1 , n^* , $r=0,9$, $k_1=500$, $\alpha=0,6$ e N_2 , n^* , $r=0,5$, $k_2=700$, $\beta=0,7$.



Considerando apenas os registros trimestrais, com uma amostragem reduzida, a borda e o local intermediário ficaram semelhantes em número de predadores e detritívoros capturados nos coletores dos três locais do fragmento:

- Borda (T0): 33 predadores (27 Hymenoptera, 4 Araneae, 2 Opiliones), 24 detritívoros (10 Isopoda, 4 Blattaria, 3 Coleoptera, 6 Stylommatophora, 1 Spirostreptida), 1 bioturbador (1 Collembola) e 3 parasitas (Ixodida).
- Intermediário (T1): 34 predadores (32 Hymenoptera, 1 Araneae, 1 Scorpiones), 23 detritívoros (12 Isopoda, 11 Stylommatophora).
- Interior (T2): 1 predador (1 Hymenoptera).

As formigas presentes na borda (28) e no local intermediário (32) indicaram boa qualidade ambiental. No local intermediário, ocorreram as formigas herbívoras generalistas do gênero *Atta* (tribo Attini, Hymenoptera, Formicidae). Formigas cortadeiras levam folhas para cultivo de fungos no ninho, dos quais se alimentam (SANTOS et al., 2020). Além de cortarem as partes vegetais para cultivos dos fungos, as formigas também podem alimentar-se da seiva das plantas, comportando-se como fitófagos. A herbivoria é controlada no fragmento pelos predadores naturais das formigas (DEL-CLARO; OLIVEIRA, 2000).

Os tatuzinhos da espécie *Philoscia muscorum* (Isopoda, Malacostraca) ocorreram na borda (24), no ambiente intermediário (12) e no interior (6) do fragmento. A preferência pela borda foi atribuída à resiliência da espécie dada sua diversificação de hábito alimentar. Na verdade, isópodes colonizam locais com material rico em nitrogênio, a exemplo de fezes de ruminantes (FROUZ et al., 2007). Essas fezes são colonizadas por fungos, o que induz à preferência alimentar em detrimento da serrapilheira. Este comportamento atribui ao isópode o hábito coprófago (ZIMMER, 2002; CORREIA et al., 2008).

Entre os grupos funcionais, predominaram os detritívoros (herbívoros) sobre os predadores (carnívoros). Os detritívoros das ordens Isopoda, Blattaria, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera, Stylommatophora e Spirostreptida foram capturados na borda e no interior do fragmento nativo.

Isópodes, formigas, aranhas e gastrópodes foram encontrados nos coletores das três parcelas do fragmento. Indivíduos das ordens Isopoda (Malacostraca, Philoscidae), Coleoptera e Hymenoptera (Insecta, Formicidae) alimentam-se de restos de vegetais e animais mortos. As populações de detritívoros (ordens Isopoda, Blattaria, Hymenoptera e Stylommatophora) são controladas pelos predadores em

ambientes nativos (ordens Hymenoptera e Araneae) (ZIMMER, 2002).

O hábito detritívoro estabelece uma relação mutualística que permite o desenvolvimento reprodutivo e a regeneração da comunidade vegetal, interferindo na dinâmica populacional das plantas (JORDANO et al., 2003). A preferência de isópodes por determinadas espécies vegetais, com baixo teor de taninos, terpenos e alcalóides, garante sua atuação no processo de decomposição, contribuindo com fragmentos e fezes para o solo. Este material serve para colonização por microrganismos e, conseqüentemente, uma maior transformação do material vegetal (ZIMMER, 2002; CORREIA; AQUINO; AGUIAR-MENEZES, 2008).

Devido à ação detritívora e à ingestão de nutrientes para a rede trófica, os isópodes contribuem para a restauração dos processos ecossistêmicos em ambientes degradados (FACELLI; PICKETT, 1991; QUADROS, 2010). Essa ingestão de nutrientes ao solo favorece o ciclo através da absorção pelas plantas e garante a manutenção da rede trófica no sistema florestal (HÄTTENSCHWILER et al., 2011).

Batistella et al. (2015) encontraram variáveis ambientais influenciando a distribuição de três espécies da ordem Spirostreptida em uma área reduzida da Amazônia mato-grossense. As espécies *Plusioporus salvadorii* e *Trichogonostreptus mattogrossensis* foram encontradas no local mais baixo devido à umidade. A pequena variação de altitude refletiu nas características de solo, relevo e umidade, afetando a umidade local e a estrutura dos habitats (COSTA; MAGNUSSON, 2010).

A variedade funcional de espécies terrestres da ordem Isopoda é dada por *seus hábitos, além de detritívoro, o que lhes permite atuar na fragmentação e exploração de novos nichos na serrapilheira.

Três carrapatos, parasitas da ordem Ixodida (Arachnida), foram coletados presos a um milipéia (Spirostreptida, Diplopoda) na borda do fragmento da Patioba.

E, finalmente, o grupo dos bioturbadores representado também pelos colêmbolos (Collembola), formigas (Hymenoptera) e cupins (Blattaria: Isoptera). Esses organismos são importantes pois revolvem e transformam o solo, pelo transporte e ingestão, promovendo sua aeração, recirculação da matéria orgânica, aumentando a porosidade e a entrada de água. Alguns exemplos são cupins, minhocas, enquitreídeos, besouros e milipéias, sendo bioindicadores da qualidade edáfica (BROWN et al., 2015; AMAZONAS et al., 2018).

5. Conclusões

A produção de serrapilheira foi semelhante entre borda e interior. A produção caiu bruscamente com o aumento da precipitação em maio na borda e no interior do fragmento. Na borda, a produção da fração foliar foi atribuída à copa esparsa do estrato arbóreo que favoreceu a maior queda de folhas das árvores por ação das chuvas. No interior, a complexidade estrutural da vegetação foi refletida pela fração reprodutiva variável e maior em relação à borda.

A deposição mensal de serrapilheira foi regular com alguns picos estacionais nos vinte coletores no interior do fragmento, atribuída à maior complexidade estrutural com diversidade vegetal e grande porte visível das plantas do estrato arbóreo em relação à borda.

Foi capturado um total de 192 indivíduos em 11 ordens nas coletas mensais em 12 meses. Entre as ordens, Hymenoptera, Isopoda, Stylommatophora e Blattaria tiveram maior abundância.

As coletas trimestrais em 12 meses mostraram-se insuficientes para a análise dos índices de diversidade entre os três ambientes e a borda obteve os índices de diversidade e riqueza maiores do que os dois ambientes internos do fragmento. As formigas na borda e no local intermediário indicaram boa qualidade ambiental de ambos.

Houve maior diversidade ($p < 0,05$) de invertebrados na borda em relação ao interior do fragmento, atribuída à baixa amostragem com coletas pontuais, apesar da variabilidade observada na deposição nos vinte coletores no interior. O efeito de borda pode criar micro habitats e nichos, favorecendo o estabelecimento de mais espécies e variedade de grupos funcionais no perímetro florestal.

Entre os sete grupos funcionais, predominaram os detritívoros sobre os predadores (herbívoros e carnívoros) e demais categorias. Os detritívoros das ordens Isopoda, Blattaria, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera, Stylommatophora e Spirostreptida foram capturados na borda e no interior do fragmento nativo.

Quanto menor a abundância de predadores, menos tempo é necessário para recuperação populacional das presas, de 15 e 10 dias respectivamente para borda e interior.

Este estudo da interação planta-animal, através da produção de serrapilheira e da ação de grupos funcionais de invertebrados terrestres, pretende contribuir para o

conhecimento sobre processos ecossistêmicos e conservação da biodiversidade na Mata Atlântica.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALSTAD, D. **Populus simulations of population biology version 6.0**. Basic Populus Models of Ecology, Prentice Hall, Inc., 2001. Disponível em: <https://github.com/cbs-rlt/populus/releases/tag/6.0.0> Acesso em: 3 jun. 2023.

AMAZONAS, N. T.; VIANI, R. A. G.; REGO, M. G. A.; CAMARGO, F. F.; FUJIHARA, R. T.; VALSECHI, O. A. Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 3, p. 449-456, 2018.

ANDRADE, A. G. de; TAVARES, S. R. de L.; COUTINHO, H. L. da C. Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. Belo Horizonte, MG, **Informe Agropecuário**, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.

ANDRADE, A. M. D. D.; CARNEIRO, R. G.; LOPES JÚNIOR, J. M.; QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L. Dinâmica do aporte e decomposição de serapilheira e influência das variáveis meteorológicas em um fragmento de Mata Atlântica (floresta ombrófila) em Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 17, p. 1499-1517, 2020.

ARATO, H. D.; MARTINS, S.V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.

ARAÚJO, R. S.; RODRIGUES, F.; PIÑA, C. M.; MACHADO, M. R., PEREIRA, M. G.; FRAZÃO, F. J. Aporte de serapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, V.12, N.2, P.16-24, 2005.

BACCARO, F. B. **Chave para as principais subfamílias e gêneros de formigas (Hymenoptera: Formicidae)**. INPA, PPBio, Faculdades Cathedral, 34 p., 2006.

BARBOSA, J. H. C.; FARIA, S. M. D. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, p. 461-476, 2006.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. D.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em ciência do solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.

BATISTELLA, D. A.; PINHEIRO, T. G.; RODRIGUES, D. de J.; BATTIROLA, L. D. Distribuição de espécies de Spirostreptidae (Diplopoda: Spirostreptida) em uma área na Amazônia mato-grossense. **Acta Biol. Par.**, Curitiba, v. 44, n. 3-4, p. 159-170, 2015.

BAZI, C. A. Produção e decomposição de serrapilheira em um fragmento urbano de Mata Atlântica. **Master's degree thesis-Instituto de Botânica da Secretaria d e Infraestrutura e Meio Ambiente, São Paulo, SP**, 141 p. 2019.

BOMFIM, B.; SILVA, L. C; PEREIRA, R. S.; GATTO, A.; EMMERT, F.; HIGUCHI, N. Litter and soil biogeochemical parameters as indicators of sustainable logging in Central Amazonia. **Science of The Total Environment**, v. 714, p. 136780, 2020.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA. **Clima**. 1992. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm> Acesso em: 3 jun. 2023.

BROWN, G. G. et al. **Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais**. In: PARRON, L. M. et al. (Ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília: Embrapa, cap. 10, p. 121-154, 2015.

BRASIL, J. B; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D.N.; JÚNIOR PEREIRA, L. R.. Sazonalidade na produção de serrapilheira em dois manejos no semiárido tropical. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 167-176, 2017.

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. Caps. 13, 20, 21, 22, 23 e 24. 3a. ed. Rio de Janeiro, GEN e Guanabara Koogan, 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5424537/mod_resource/content/2/3.BRUSCA%20%20BRUSCA%202019%20Invertebrados%20%203%C2%AA%20ed%20Port.pdf Acesso em: 3 mar. 2023.

CÂMARA, Y. B.; HOLANDA, A. C; COSTA, E. J. P. Aporte de serrapilheira na borda de fragmentos florestais em diferentes estágios sucessionais na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, Brasil. **Madera y bosques**, v. 27, n. 2, 2021.

CAMPOS, W. H.; NETO, A. M.; PEIXOTO, H. J. C.; GODINHO, L. B.; SILVA, E. Contribuição da fauna silvestre em projetos de restauração ecológica no Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 429-429, 2012.

CARDOSO, G. M. **Revisão taxonômica e análise filogenética em Bathytropidae Vandel, 1952 (Crustacea: Isopoda: Oniscidea)**. 174 f. il. Tese (Biologia Animal). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

CARVALHO, M. T. C.; DORVAL, A.; PERES FILHO, O.; SOUZA, M. D. de; FAVARE, L. G. de; SILVA JUNIOR, J. G. da. Diversity of Ants (Hymenoptera: Formicidae) In Urban Forest Fragment of Cuiabá-MT. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 12, n. 9, p. 107-115, 2018.

CHAVE, J.; NAVARRETE, D.; ALMEIDA, S.; ÁLVAREZ, E., ARAGÃO, L. E. O. C., BONAL, D.; MALHI, Y. Regional and temporal patterns of litterfall in tropical South America. **Biogeosciences Discussions**, v. 6, n. 4, 2009.

CIANCIARUSO, M. V.;PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, É. F. L. P. da. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 49-59, 2006.

CORREIA, M. E. F. Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia Documentos**, n. 156, 33 p., 2002.

CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia Documentos**, n. 112, 46 p., 2000.

CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Aspectos ecológicos dos Isopoda terrestres. Seropédica. **Embrapa Documentos**, n. 249, 23 p., 2008.

CORREIA, M. E. F.; PINHEIRO, L. B. A. Monitoramento da fauna de solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção agroecológica, Seropédica, (RJ). Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 15 p., 1999.

COSTA, A.; GALVÃO, A.; SILVA, L.G. da. Mata Atlântica brasileira: análise do efeito de borda em fragmentos florestais remanescentes de um hotspot para conservação da biodiversidade. **Geomae**, Campo Mourão, v.10, n.1, p.112-123, 2019.

COSTA, C. C. de A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D. de.; SILVA, P. C. M. da. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na flona de Açú-RN. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 259-265, 2010.

CUNHA NETO, F. V.; LELES, P. S. S.; PEREIRA, M. G.; BELLUMATH, V. G. H.; ALONSO, J. M. Cúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n.3, p. 379–387, jul. 2013.

DANTAS, J. A. S. **Diversidade em florística em fragmentos florestais no litoral norte da Bahia (Brasil)**. 2021. 80 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal - PPGBVeg) – Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade do Estado da Bahia, Alagoinhas, 2021.

DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S. Conditional outcomes in a neotropical treehopper-ant association: temporal and species-specific variation in ant protection and homopteran fecundity. **Oecologia**, v. 124, p. 156-165, 2000.

DENG, Q.; ZHANG, D.; HAN, X.; CHU, G.; ZHANG, Q.; HUI, D. Changing rainfall frequency rather than drought rapidly alters annual soil respiration in a tropical forest. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 121, p. 8-15, 2018.

ESPIG, S. A.; FREIRE, F. J.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ESPIG, D. B. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de Mata Atlântica. Viçosa, MG, **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 949-956, 2009.

EVANGELISTA, M.; ALMEIDA, G. S. S. Briófitas de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, Fazenda Patioba, Alagoinhas, Bahia, Brasil. **Pesquisas, Botânica**, n. 74, p. 325-336, 2020.

FACELLI, J. M.; PICKETT, S. T. A. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v. 57, p. 1-32, 1991.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. de. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FORTES, F. DE O.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L. Plano amostral para coleta de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2512-2518, dez. 2008.

FORTUNATO, M. E. M.; QUIRINO, Z. G. M. Efeitos da fragmentação na fenologia reprodutiva de espécies arbóreas presentes em borda e interior de Mata Atlântica Paraibana. **Rodriguésia**, v. 67, p. 603-614, 2016.

FORZZA, R. C.; BAUMGRATZ, J. F. A.; BICUDO, C. E. M.; CANHOS, D. A.; CARVALHO Jr, A. A.; COELHO, M. A. N.; ZAPPI, D. C. (2012). New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. **BioScience**, v. 62, n. 1, p. 39-45, 2012.

FROUZ, J.; PIŽL, V.; TAJOVSKY, K. The effect of earthworms and other saprophagous macrofauna on soil microstructure in reclaimed and un-reclaimed post-mining sites in central Europe. **European Journal of Soil Biology**, v. 43, n. 1, p. 184-189, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.08.033>

FUJII, S.; BERG, M. P.; CORNELISSEN, J. H. C. Living litter: dynamic trait spectra predict fauna composition. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 35, n. 10, p. 886-896, 2020.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2019-2020, relatório técnico. São Paulo, 73 p.il., 2021. Disponível em: https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/05/SOSMA_Atlas-da-Mata-Atlantica_2019-2020.pdf Acesso: 3 maio 2023.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: 2017, Relatório Anual. São Paulo, 108 p.il., 2017. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/sobre/relatorios-e-balancos/>. Acesso: 1 jun. 2023.

GANAULT, P.; NAHMANI, J.; HÄTTENSCHWILER, S.; GILLESPIE, L. M.; DAVID, J. F.; HENNERON, L.; DECAËNS, T. Relative importance of tree species richness, tree functional type, and microenvironment for soil macrofauna communities in European forests. **Oecologia**, v. 196, n. 2, p. 455-468, 2021.

GOMES, J. M.; PEREIRA, M. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, G. H. A.; GONDIM, F. R.; SILVA, E. M. R. da. Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 383-391, 2010.

HÄTTENSCHWILER, S.; COQ, S.; BARANTAL, S.; HANDA, I. T. Leaf traits and decomposition in tropical rainforests: revisiting some commonly held views and towards a new hypothesis. **New Phytologist**, n.189, p. 950-965, 2011.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; SANTOS, M. S. D., MELO, C. L. S. M. S. D.; PESSOA, M. M. D. L. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 34, p. 103-114, 2010.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de Caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, v. 39, p. 245-254, 2015.

JESUS, L. S. **Produção, composição e decomposição da serrapilheira em fragmentos de Floresta Tropical Atlântica no Litoral Norte da Bahia (Brasil)**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Departamento de Ciências Exatas e da Terra II, Universidade do Estado da Bahia, Alagoinhas, 2020.

JEWELL, M. D.; SHIPLEY, B.; LOW-DÉCARIE, E.; TOBNER, C. M.; PAQUETTE, A.; MESSIER, C.; REICH, P. B. Partitioning the effect of composition and diversity of tree communities on leaf litter decomposition and soil respiration. **Oikos**, v. 126, n. 7, p. 959-971, 2017.

JORDANO, P.; BASCOMPTE, J.; OLESEN, J. M. Invariant properties in coevolutionary networks of plant–animal interactions. **Ecology letters**, v. 6, n. 1, p. 69-81, 2003.

KLUMPP, A. **Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais**. In: Maia, N. B., Martos, H. L. Barrella, W. (Eds.). Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, p. 77-94, 2001.

KÖNIG, F. G., SCHUMACHER, M. V., SELING, E. J. B. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2002.

LATTKE, J. E. Estado da arte sobre a taxonomia e filogenia de Ponerinae do Brasil. In: DELABIE, J. H. C. et al. (Orgs.) As formigas poneromorfas do Brasil [online]. Ilhéus, BA: **Editus**, p. 55-73, 2015.

LORENZO, L.; CAMPAGNARO, V. H. Litterfall production as a function of planting seedlings system in a two years forest restoration area in the coastal-plain of Caraguatatuba, São Paulo, Brazil. **Revista Árvore**, v. 41, 2018.

MARGIDA, M. G.; LASHERMES, G.; MOORHEAD, D. L. Estimating relative cellulolytic and ligninolytic enzyme activities as functions of lignin and cellulose content in decomposing plant litter. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 141, p. 107689, 2020.

MARTINELLI, L. A. S.; LINS, R. M.; SANTOS-SILVA, J. C. dos. Fine litterfall in the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 49, n. 4, p. 1-9, 2017.

MARTINS, T. O.; SILVA-NETO, C. M.; SIQUEIRA, K. N.; CARVALHO, H. C. S.; MORAES, D. C.; SILVA, P. H. F.; CALIL, F. N. Accumulated litter and nutrient stock in biomass and in soil in forest formations in the Cerrado. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 129, p. e3427, 2021.

MOÇO, M. K. D. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F. D.; GAMA-RODRIGUES, A. C. D.; CORREIA, M. E. F. CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA EDÁFICA EM DIFERENTES COBERTURAS vegetais na região norte fluminense. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.

MORAES, R. M. **Ciclagem de nutrientes na floresta do PEFI: produção e decomposição da serapilheira**. In: Bicudo, D. C.; Forti, M. C.; Bicudo, C. E. M. (Eds). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, p. 133-142, 2002.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G.A.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, H. E.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazonica**, v. 36, p. 183-192, 2006.

OLIVEIRA, J. F. **Contribuição da biodiversidade arbórea para a composição da serrapilheira em fragmentos de Mata Atlântica no estado da Bahia (Brasil)**. TCC (Graduação em Biologia), Universidade do Estado da Bahia. 52 f.il., 2022.

OLIVEIRA, R. A. C.; MARQUES, R.; MARQUES, M. C. M. Plant diversity and local environmental conditions indirectly affect litter decomposition in a tropical forest. **Applied Soil Ecology**, v. 134, p. 45-53, 2019.

PAOLETTI, M. G.; HASSALL, M. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 157-165, 1999.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015.

PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos; AMORIM, T. de A.; MENEZES, C. E. G. Decomposição da serrapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de Floresta Atlântica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, ed. 5, p. 1317-1327, 2013.

PINHEIRO, F.; DINIZ, I. R.; COELHO, D.; BANDEIRA, M. P. S. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology**, v.27, p.132-136, 2002.

PINTO, S. I. do C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F. D.; DIAS, H. C. T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 545-556, 2008.

PINTO, L. P.; HIROTA, M. M. 30 anos de Conservação do Hotspot de Biodiversidade da Mata Atlântica: desafios, avanços e um olhar para o futuro. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2022.

PODGAISKI, L. R.; MENDONÇA JR., M. S.; PILLAR, V. D. O uso de Atributos Funcionais de Invertebrados terrestres na Ecologia: o que, como e por quê? **Oecologia Australis**.v.15, n. 4, p. 835-853, 2011.

PORTELA, R. de C. Q.; SANTOS, F. A. M. dos. Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, n. 2, p. 271-280, 2007.

PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhangava - PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 26, n. 1/2, p. 3-10, 1996.

QUADROS, A. F. Os isópodos terrestres são boas ferramentas para monitorar e restaurar áreas impactadas por metais pesados no Brasil? **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 569-583, 2010.

REBÊLO, A. G. D. M.; CAPUCHO, H. L. V.; PAULETTO, D.; DANTAS, E. F. Estoque de nutrientes e decomposição da serapilheira em sistemas agroflorestais no município de Belterra-Pará. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 1876-1893, 2022.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RODRIGUES, P. J. F. P. NASCIMENTO, M. T. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. **Rodriguésia**, v. 57, p. 67-74, 2006.

ROSA, T. F. D.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; FEITOSA, I. P.; ABREU, F. F. M. Produção e decomposição de serapilheira em povoamentos de teca no estado de Mato Grosso, Brasil. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 1117-1127, 2017.

SANOS, A. J. **Estimadores de riqueza em espécies**. In: RUDRAN, R., CULLEN, L.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs) Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida terrestre. Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 19-41, 2006.

SANTOS, A. R. **Produção, estoque e nutrientes da serapilheira em Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil**. Dissertação (Botânica), Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 102 p., 2014.

SANTOS, Í. C. S.; DE CASTRO, I. A.; PORTELA, V. O.; SIQUEIRA, E. L. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Biocontrole de formiga cortadeira do gênero *Acromyrmex* por fungos entomopatogênicos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e3089108494, 2020.

SANTOS, G. R. Invertebrados da macrofauna e mesofauna do solo em ambiente de caatinga arbóreo-arbustiva, em Santana do Ipanema, Semiárido Alagoano. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 894-903, 2016.

SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; DE ARAÚJO, E. J. G.; DE ANDRADE, C. F. FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA MATA ATLÂNTICA: O CASO DO MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL, RJ, BRASIL. **Revista Brasileira De Biociências**, v. 15, n. 3, 2017.

SANTANA, L. D., PRADO-JUNIOR, J. A., RIBEIRO, J. H. C., RIBEIRO, M. A. S., PEREIRA, K. M. G., ANTUNES, K., VAN DEN BERG, E. (2021). Edge effects in forest patches surrounded by native grassland are also dependent on patch size and shape. **Forest Ecology and Management**, v. 482, p. 118842, 2021.

SAYER, E.J.; RODTASSANA, C.; SHELDRAKE, M.; BRÉCHET, L.M.; ASHFORD, O.S.; LOPEZ-SANGIL, L.; KERDRAON-BYRNE, D.; CASTRO, K. TURNER, B.L.; WRIGHT, S.J. Revisiting nutrient cycling by litterfall - Insights from 15 years of litter manipulation in old-growth lowland tropical forest. **Advances in Ecological Research**, p. 173-223, 2020.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; RODRIGUES, L.M.; SANTOS, E.M. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*acacia mearnsii* de wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p.791-798, 2003.

SCORIZA, R. N.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Influence of precipitation and air temperature in production of litterfall in stretch of seasonal forest. **Floresta**, v. 44, n. 4, p. 687-695, 2014.

SILVA, A. P. da; VILLELA, D. M. Nutrientes foliares de espécies arbóreas na Mata Atlântica: efeito do tamanho do fragmento. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 317-325, 2015.

SILVA, M. C.; TEODORO, G. S.; BRAGION, E. F. A.; VAN DEN BERG, E. How do soil and fire control aboveground biomass in natural forest patches? **Forest Ecology and Management**, v. 451, p. 117518, 2019.

SOUZA, F. C. S. de. **Estudo do padrão de interação predador - presa em dinâmica de populações aplicado ao controle biológico de pragas**. UFRB, Monografia (Bacharelado), Cruz das Almas, Bahia, 46 pp., 2017.

TESSARO, D.; DA SILVA, J. C.; KUBIAK, K. L. ZARZYCKI, L. F. W.; ORIVES, K. G. R.; DOS SANTOS, M.; REBOLHO, A. S. Decomposição de serapilheira e diversidade da fauna epiedáfica em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e8491110330, 2020.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. P. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 521-532, 2007.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

VOGEL, H. L. M.; LORENTZ, L. H.; AZEVEDO, J. V. S.; ROTT, L. A. G.; DA MOTTA, M. S. M. Efeito de borda no estoque de serapilheira e nutrientes em um fragmento de floresta nativa no Bioma Pampa-RS. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO**, v. 1, n. 1, p. 46-54, 2013.

WEATHER SPARK, 2022. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com> Acesso em: 30 nov. 2022.

WIRTH, R.; MEYER, S. T.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Plant herbivore interactions at the forest edge. **Progress in botany**, p. 423-448, 2008.

WOLTERS, V. Biodiversity of soil animals and its function. **European Journal of Soil Biology**, v. 37, p. 221-227, 2001.

YU, S.; MO, Q.; LI, Y.; LI, Y.; ZOU, B.; XIA, H.; WANG, F. Changes in seasonal precipitation distribution but not annual amount affect litter decomposition in a secondary tropical forest. **Ecology and evolution**, v. 9, n. 19, p. 11344-11352, 2019.

ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Eds.). **Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas**. Springer Science & Business Media, 2011.

ZAGO, L. M. S.; RAMALHO, W. P.; SILVA-NETO, C. M.; CARAMORI, S. S. Biochemical indicators drive soil quality in integrated crop–livestock–forestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 2249-2260, 2020.

ZIMMER, M. Nutrition in terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea): an evolutionary-ecological approach. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Soc.**, v. 77, n. 4, p. 455-493, 2002.

ZIMMER, M.; KAUTZ, G.; TOPP, W. Leaf litter-colonizing microbiota: supplementary food source or indicator of food quality for *Porcellio scaber* (Isopoda: Oniscidae)? **European Journal of Soil Biology**, v. 39, p. 209-216, 2003.