

UFRRJ

**INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO**

DISSERTAÇÃO

**Fauna Invertebrada e Atributos do Solo em Sistema
Agroflorestal e Floresta Secundária no Bioma Mata
Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**

Aurea Pinto dos Ramos

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**FAUNA INVERTEBRADA E ATRIBUTOS DO SOLO EM SISTEMA
AGROFLORESTAL E FLORESTA SECUNDÁRIA NO BIOMA MATA
ATLÂNTICA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

AUREA PINTO DOS RAMOS

Sob a orientação do Professor

Marcos Gervasio Pereira

e co-orientação da Professora

Sandra Santana de Lima

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra**, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Área de Concentração em Manejo do Solo e Qualidade Ambiental.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central/Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
Com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R175f	<p>Ramos, Aurea Pinto dos, 1996- Fauna invertebrada e atributos do solo em sistema agroflorestal e floresta secundária no bioma Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro / Aurea Pinto dos Ramos. - Seropédica, 2023. 55 f. : il.</p> <p>Orientador: Marcos Gervasio Pereira. Coorientadora: Sandra Santana de Lima. Dissertação (Mestrado). – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, 2023.</p> <p>1. Agrofloresta. 2. Conservação do Solo. 3. Fauna do Solo. I. Pereira, Marcos Gervasio, 1965-, orient. II. Lima, Sandra Santana de, 1975-, coorient. III. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo. IV. Título.</p>
-------	---

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
(CIÊNCIAS DO SOLO)



HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 13 / 2023 – CPGA-CS

Nº do Protocolo: 23083.013029/2023-89

Seropédica-RJ, 08 de março de 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO

AUREA PINTO DOS RAMOS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra**, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciências do Solo, Área de Concentração em Manejo do Solo e Qualidade Ambiental.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/02/2023.

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ

(Orientador)

Cristiane Figueira da Silva. Dra. UFRRJ

Alexander Silva de Resende. Dr. Embrapa

(Assinado digitalmente em 08/03/2023 16:13)

MARCOS GERVASIO PEREIRA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptS (12.28.01.00.00.33)
Matrícula: 1060711

(Assinado digitalmente em 08/03/2023 15:30)

CRISTIANE FIGUEIRA DA SILVA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 092.032.247-69

(Assinado digitalmente em 08/03/2023 14:42)

ALEXANDER SIVA DE RESENDE
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 035.567.497-18

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **13**, ano: **2023**, tipo: **HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**, data de emissão: **08/03/2023** e o código de verificação: **166b7cdcbb**

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho ao meu país, São Tomé e Príncipe,
a minha família e a academia científica.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Todo Poderoso Deus pela vida, cuidado, saúde que me dá a cada dia. A minha família, especialmente a minha irmã pela inspiração e motivação que sempre me deu e a minha mãe.

Ao meu orientador Marcos Gervasio pela confiança, respeito, orientação, dedicação, conhecimento e conselhos que levarei pra vida.

A minha coorientadora Sandra Lima, pelo cuidado, amizade, compreensão, conselhos, orientação e força que me deu durante esta caminhada, e por acreditar em mim.

Aos grupos de pesquisa LIEA, LISA e LGCS pela amizade, apoio e momentos de descontração, principalmente ao Luiz Alberto pela orientação no laboratório, análises e especialmente nas planilhas e análise de dados, ao Robert Ferreira e o Igor Moraes pelo apoio no laboratório com as análises físicas, químicas do solo, a Cyndi Ferreira e a Ingryd Estaky pela companhia e ajuda com a fauna do solo e a Priscila Matos pela ajuda na coleta, análise de dados e por me fazer compreender as análises do PCA.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de formação acadêmica, ao PPGA-CS pelo ensino de pós-graduação.

Ao CNPq pela concessão de bolsa e a FAPERJ e a CAPES pelo apoio financeiro.

BIOGRAFIA

Aurea Pinto dos Ramos, nascida em 20 de agosto de 1996 em São Tomé e Príncipe, na ilha de São Tomé. Em 2014 concluiu o ensino médio no Liceu Nacional de São Tomé e Príncipe. Após conclusão do ensino médio começou a Licenciatura em Matemática na Universidade de São Tomé, mas em 2015 trancou a licenciatura e decidiu cursar agronomia no Brasil, onde se formou em Agronomia na Universidade de Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira no ano 2020. Após a formação em agronomia, regressou para seu país trabalhando como professora de música no ensino infantil e estagiando profissionalmente no CIAT (Centro de Investigação Agronómica e Tecnológica), no entanto, algum tempo depois sentiu a necessidade de profissionalizar ainda mais, então, em março de 2021 ingressou no Mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo (PPGA-CS/UFRRJ), com intuito de contribuir na melhoria do sistema agrícola do meu país.

RESUMO

RAMOS, Aurea Pinto dos. **Fauna invertebrada e atributos do solo em sistema agroflorestal e floresta secundária no bioma Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**. 2023. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

A devastação do bioma Mata Atlântica pode ser atenuada com o uso de manejo conservacionista em sistemas de produção agrícola que promovam a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo. O objetivo deste estudo foi analisar a composição, a densidade e a diversidade da fauna do solo (epígea e macrofauna) em um sistema agroflorestal (SAF) e em um fragmento florestal (FL) no bioma Mata Atlântica, no município de Seropédica, RJ. O sistema agroflorestal encontrava-se com 8 anos de implantação e o fragmento de floresta tropical subcaducifólia em regeneração (FL), com 28 anos de regeneração. Foram avaliados na época chuvosa e seca os atributos físicos (análise granulométrica, temperatura e umidade e peso), os atributos químicos, determinação do carbono orgânico total (COT), fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo, determinando-se o carbono orgânico da fração particulada (COP) e da fração associada aos minerais (COAM) e a fauna invertebrada do solo pelos métodos *Pitfall* e *Tropical soil biology fertility* (TSBF). Adicionalmente na serapilheira, foi quantificado o estoque, avaliada a umidade gravimétrica, os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e a fauna epígea. A partir dos dados da fauna invertebrada foram calculados a densidade de indivíduos, riquezas e os índices de diversidade de Shannon, e equitabilidade de Pielou. Os dados de solo foram analisados quanto a normalidade e a homocedasticidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, e posteriormente as variáveis foram analisadas pelo Teste F. Além disso, o conjunto de dados foi submetido a análise de componentes principais (PCA) e a análise de coinércia. Foram verificados maiores teores de argila, umidade, complexo sortivo, valor T, valor S, valor V% do solo e os índices de diversidade e uniformidade na fauna do solo na área de SAF. Não foi verificada diferença para a temperatura, teores de Al^{3+} , COT, COP e COAM entre as áreas. No que se refere a fauna invertebrada, observou-se, nas duas épocas, maior abundância, índices de diversidade e equitabilidade da fauna na área de SAF nos dois métodos de avaliação, exceto na serapilheira (TSBF) na qual foram verificados maiores índices de diversidade e equitabilidade na área da FL. Quanto as análises multivariadas, observou-se maior correlação dos organismos da fauna, frações de carbono, P, K^+ , pH, argila, acidez potencial, umidade e temperatura na área do SAF. Verificou-se pela análise de coinércia a relação entre os atributos físicos, químicos e biológicos. Conclui-se, portanto, que o SAF foi eficiente para a manutenção dos atributos físicos e químicos do solo e na serapilheira, favorecendo o aumento da fertilidade do solo. O manejo com sistema agroflorestal promoveu condições ambientais favoráveis para a abundância, diversidade e distribuição da comunidade da fauna invertebrada do solo. A análise de coinércia evidenciou a estreita relação entre os atributos físicos, químicos e os grupos da fauna invertebrada do solo.

Palavras-chave: Agrofloresta. Conservação do solo. Fauna do solo.

ABSTRACT

RAMOS, Aurea Pinto dos. **Invertebrate fauna and soil attributes in an agroforestry system and secondary forest in the Atlantic Forest Biome in the State of Rio de Janeiro.** 2023. 54p. Dissertation (Master in Agronomy, Soil Science). Institute of Agronomy, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

The devastation of the Atlantic Forest Biome can be mitigated with the use of conservation management in agricultural production systems that promote the maintenance and/or improvement of soil quality. The objective of this study was to analyze the composition, density and diversity of soil fauna (epigeal and macrofauna) in an Agroforestry System (AFS) and in a forest fragment (FL) in the Atlantic Forest biome in the municipality of Seropédica, RJ. The agroforestry system was 8 years old and the sub-deciduous tropical forest fragment in regeneration (FL) was 28 years old. Physical attributes (granulometric analysis, temperature and humidity and weight), chemical attributes, determination of total organic carbon (TOC), granulometric fractionation of soil organic matter, determining the organic carbon of the particulate fraction (COP) and the fraction associated with minerals (COAM) and the invertebrate fauna of the soil by Pitfall and tropical soil biology fertility (TSBF) methods. Additionally, in the litter, the stock was quantified, the gravimetric humidity, the nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) contents, and the epigeal fauna were evaluated. From the data of the invertebrate fauna, the density of individuals, richness and diversity indices of Shannon, and evenness of Pielou were calculated. Soil data were analyzed for normality and homoscedasticity of variances using the Shapiro-Wilk and Bartlett tests, and later the variables were analyzed using the F test. In addition, the data set was subjected to principal component analysis (PCA) and coinertia analysis. Higher levels of clay, moisture, sorting complex, T value, S value, V% value of the soil and the indices of diversity and uniformity in the soil fauna in the AFS area were verified. There was no difference for temperature, levels of Al^{3+} , TOC, COP and COAM between the areas. With regard to invertebrate fauna, it was observed in both seasons greater abundance, diversity and evenness indices of the fauna in the SAF area in the two evaluation methods, except in litter (TSBF) in which higher diversity and evenness indices were verified in the FL area. As for the multivariate analyses, a greater correlation was observed between faunal organisms, carbon fractions, P, K^+ , pH, clay, potential acidity, humidity and temperature in the AFS area. The relationship between the physical, chemical and biological attributes was verified by the coinertia analysis. It is concluded, therefore, that the AFS was efficient for the maintenance of the physical and chemical attributes of the soil and the litter, favoring the increase of soil fertility. Management with an agroforestry system promoted favorable environmental conditions for the abundance, diversity and distribution of the soil invertebrate fauna community. The coinertia analysis showed the close relationship between the physical and chemical attributes and the invertebrate fauna groups in the soil.

Key words: Agroforestry. Soil conservation. Soil fauna.

LIÇUMU

RAMOS, Aurea Pinto dos. **Bisu çon i kalidaji tela ni luguê agr'ôbo i ôbô sekundaliu ni Bioma Mata Atlântica ni xtadu Rio de Janeiro** .2023. 54 f. Disertason (Pos-graduason ni Agronomia, Sêbê Tela) Univesidade Federal Rural Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

Devastason di Bioma Mata Atlantica ka pô sendê ku uzu di açon konservaçonista ni inen luguê di ximya ku ka sendê manutenson i/ô sendê kalidaji tela. Dumu di xtudu sé sa di konsê komposizon, jiji cu divecidaji di bisu tela (epígea i bisunglandji) ni uã luguê agr'ôbô (SAF) i uã luguê d'ôbô (FL), andji pasa plusesu di suseson natural, ku ka fé patxi di bioma Mata Atlântica ni Seropédica, RJ. Luguê agr'ôbô (SAF) tava ku 8 anu di inplantason i u Luguê d'ôbô tropikal subcadusifólia ni regenerason (FL), ku 28 anu di regenerason. A fé avaliason di inen luguê ni dôsu natula (suba i seku) kalidaji fisiku (analizi d'alya, klima, midaji i pezu), kalidaji kimiku, determinason di karbornu organiku total (COT), separason alyá di patxi organiku tela, determinadu karbonu organiku di frason patxiculadu (COP) i frason asosiadu ku mineraais (COAM) i inen kalidaji biolojiku di tela (bisu çon) plo mê di *Pitfall* cu tropical soil biology fertility (TSBF). Andeji mé, ni fya-seku, a fé kantifikason di xtoki, avaliason di midaji klima, inen minda nitrogeniu (N), fosfu (P) i putaço (K), determinandu tembéten u xtoki nutrienti i bisu epígea. Ku bazi ni dadu di bisu tela, a fé konta jiji di inen nguê, likêza i inen indisi di divecidaji Shannon, i ekitabilidadi di Pielou. A fé analizi di inén dadu di solu kantu a nomalidaji i omosedaxticidadji di variansa plô mê di texti Shapiro-Wilk i Beartlett, i zawo a fé analizi di inen variavel plô mê di texti F. Andeji, a fé submison di analizi di inén konponentxi maxi fina (PCA) i analizi di coinérci. A fé verifikason de pikina-balu , umidadji, kompleksu sortivo, kuxtu T, kuxtu S, kuxtu V% di tela i inen indisi di divecidaji i unifomidaji ni bisu tela ni luguê di SAF. A na pia diferença pa klima, Al^{3+} , COT, COP cu COAM nô mê di inen luguê. Ni patxi di bisu tela, a pia ni inen dôsu natula amblôyô maxi nglandji, indisi di divecidaji i ekitabilidadi di bisu ni luguê di SAF ni inen dôsu modu di avaliason, ku exeson di fya-seku (TSBF) andji a pia indisi maxi nglandji di divecidaji i ekitabilidadi ni luguê di FL. Kantu a inén analizi multivariadu, a pia colaçon maxi nglandji di bisu, frason di karbonu, P, K^+ , pH, balu fina, asideji potencial, midaji i klima ni luguê di SAF. A fé vefikason plô mé di analizi di coinércia, relason plô mé di kalidaji fisiku, kimiku i bilojiku. A xiga ni konkluzon, lôgô, kuma SAF sá maxi minhon pa inen kalidaji fisiku i kimiku di tela, axén mó ni fya-seku, yobo fertilidaji çon. Luguê agr'ôbô, bili mon di kondison ambiental pa amblôyô, divecidaji i patxison di inén bisu tela. Analizi di coinércia, musa relason txoko nô mê di kalidaji fisiku, kimiku i inén glupu di bisu çon.

Fala-fina: Agr'ôbô. Loklê tela. Bisu çon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Taxa de desmatamento e tendência (exponencial) histórica identificada pelo Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).	4
Figura 2. Dados de precipitação (mm) e temperatura (°C) do ano 2022, Seropédica – RJ. Fonte: INMET, 2023.	9
Figura 3. Mapa de localização da área do SAF (delimitado com um retângulo vermelho) e área de floresta (delimitado com um retângulo amarelo). Fonte: Dias (2016).	10
Figura 4. Área do SAF no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia (Instituto de Agronomia/ UFRRJ), representadas nas figuras A, B, C e D. Fotos: Aurea Ramos (2022).11	
Figura 5. Croqui da amostragem da fauna invertebrada, solo e temperatura.	12
Figura 6. Etapas para a obtenção das amostras utilizadas para a realização das análises químicas e físicas. Coleta (A), secagem (B), peneiramento (C) e armazenamento (D) do solo para análises físicas e químicas. Fotos: Aurea Ramos (2022).	13
Figura 7. Determinação da temperatura do solo. Foto: Aurea Ramos (2022).	14
Figura 8. Etapas na realização da identificação da fauna do solo com emprego do método Pitfall: implementação da armadilha no solo (A), retirada da armadilha (B), triagem (C) e identificação da fauna (D). Fotos: Sandra Lima (2022).	15
Figura 9. Etapas na realização a identificação da fauna do solo com emprego do método TSBF, coleta do solo (A, B e C), triagem da fauna (D). Fotos: Aurea Ramos (2022).	16
Figura 10. Umidade e temperatura do solo em áreas sob SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta), Seropédica, RJ, período chuvoso.	20
Figura 11. Umidade e temperatura do solo em áreas sob sob SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta), Seropédica, RJ, período seco.	21
Figura 12. Densidade total de indivíduos da fauna invertebrada do solo, pelo método de Pitfall e TSBF, período chuvoso. SAF: Sistema Agroflorestal. FL: Floresta. SERAP: Serapilheira.	24
Figura 13. Densidade total de indivíduos da fauna invertebrada do solo, pelo método de Pitfall e TSBF, período seco. SAF: Sistema Agroflorestal. FL: Floresta. SERAP: Serapilheira.	25
Figura 14. Frequência relativa (%) da fauna epígea, do Pitfall nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Dermaptera, Diplopoda, Diplura, Enchytraeidae, Hymenoptera, Isoptera, Larva Diptera, Larva Lepdoptera, Oligochaeta, Opilionida, Symphyla e Thysanura. Período chuvoso.	26
Figura 15. Frequência relativa (%) da fauna epígea, do Pitfall nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Chilopoda, Blattodea, Diptera, Heteroptera, Hymenoptera, Opilionida, Symphyla, Symphypleona, Thysanoptera, Larva Diptera e Larva Lepdoptera. Período seco.	27
Figura 16. Frequência relativa (%) dos grupos da fauna epígea da serapilheira, coletada pelo método TSBF nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Diplura, Larva de Coleoptera, Larva de Diptera, Symphyla e Blattodea. Período chuvoso.	28
Figura 17. Frequência relativa (%) dos grupos da fauna epígea da serapilheira, coletada pelo método TSBF nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Dermaptera, Heteroptera, Isoptera, Larva Diptera e Simphyla. Período seco.	29
Figura 18. Frequência relativa (%) dos grupos da macrofauna invertebrada do solo nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Dermaptera, Diplura,	

Enchytraeidae, Hymenoptera, Isoptera, Larva Diptera, Larva Lepdoptera, Opilionida, Symphyla, Thysanoptera e Thysanura. Período chuvoso.....	30
Figura 19. Frequência relativa (%) dos grupos da fauna edáfica do solo nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Coleoptera, Diptera, Gastropoda, Heteroptera, Larva Diptera, Larva Lepidoptera. Período seco.	30
Figura 20. Variáveis de fauna epígea, do método Pitfall num plano dimensional (Dim 1/Dim 2), com o uso do solo da primeira coleta (a e b) da segunda coleta (c e d). As cores dos vetores das figuras (a) e (c) repretam notas na contribuição das variáveis.	35
Figura 21. Variáveis de macrofauna, Serapilheira, num plano dimensional (Dim 1/Dim 2), com o uso do solo da primeira coleta (a e b) da segunda coleta (c e d). As cores dos vetores das figuras (a) e (c) repretam notas na contribuição das variáveis.	37
Figura 22. Variáveis de macrofauna, solo, num plano dimensional (Dim 1/Dim 2), com o uso do solo da primeira coleta (a e b) da segunda coleta (c e d). As cores dos vetores das figuras (a) e (c) repretam notas na contribuição das variáveis.....	38
Figura 23. Variáveis das propriedades do solo num plano dimensional (Dim 1/Dim 2), primeira coleta (a e b) e da segunda coleta (c e d). As cores dos vetores das Figuras (a) e (c) representam notas na contribuição das variáveis.....	39
Figura 24. Projeção das comunidades de macroinvertebrados (a, c) e das propriedades do solo (b, d) da primeira coleta (a e b) e da segunda coleta (c e d) no plano F1/F2 da Análise de Coinércia.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos físicos e químicos da serapilheira sob SAF e Floresta, Seropédica, RJ. .	18
Tabela 2. Caracterização da granulometria do solo em áreas de SAF e Florestal, Seropédica, RJ.....	20
Tabela 3. Caracterização dos atributos químicos das áreas de SAF e Floresta, Seropédica, RJ, primeira coleta.....	22
Tabela 4. Caracterização dos atributos químicos das áreas de SAF e Floresta, Seropédica, RJ, período chuvoso.	22
Tabela 5. Caracterização das frações da matéria orgânica do solo das áreas de SAF e Floresta, Seropédica, RJ.....	24
Tabela 6. Abundância (Ind.arm.dia ⁻¹), riquezas, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da fauna epígea, coletada pelo método Pitfall.....	32
Tabela 7. Abundância (Ind.m ⁻²), riquezas, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da fauna edáfica da serapilheira coletada pelo método TSBF.....	32
Tabela 8. Abundância (Ind.m ⁻²), riquezas, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da fauna edáfica coletada pelo método TSBF.	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro	3
2.2 Sistemas Agroflorestais (SAF).....	5
2.3 A Fauna Edáfica seus Papéis no Solo e Como Indicadora de Qualidade	6
2.4 Relação da Fauna e os Atributos Físicos e Químicos do Solo	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Caracterização da Área	9
3.2 Coleta de Amostras de Terra.....	12
3.3 Análises Físicas do Solo	13
3.3.1 Análise granulométrica.....	13
3.3.2 Temperatura do solo.....	13
3.4 Análises Químicas	14
3.4.1 Caracterização do complexo sortivo	14
3.4.2 Fracionamento granulométrico da MOS	14
3.5 Análise da Serapilheira	14
3.6 Atributos Biológicos.....	14
3.6.1 Amostragem da fauna epígea.....	15
3.6.2 Amostragem da macrofauna invertebrada.....	16
3.7 Análise de Dados.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Atributos Físicos e Químicos da Serapilheira	18
4.2 Atributos Físicos do Solo.....	19
4.3 Atributos Químicos do Solo.....	21
4.4 Fauna Invertebrada do Solo	24
5. CONCLUSÕES	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica representava 15% da extensão territorial brasileira, englobando 17 estados sendo formada por diversos ecossistemas e florestas (SOS MATA ATLÂNTICA, 2016; INPE, 2016). Apesar da intensa destruição que vem sendo submetida desde o início do século XVI, o bioma Mata Atlântica ainda tem sido considerado um dos que apresenta uma das florestas mais ricas em biodiversidade, detendo recordes de diversidade de espécies por hectares jamais vistos em outros biomas (LINO e SIMÕES, 2004; SOS Mata Atlântica, 2022), contemplando originalmente formações florestais nativas e ecossistemas associados como: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual; campos de altitude; áreas das formações pioneiras, conhecidas como manguezais, restingas, campos salinos e áreas aluviais; refúgios vegetacionais; áreas de tensão ecológica; brejos interioranos e encaves florestais, representados por disjunções de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual; áreas de estepe, savana e savana-estépica; e vegetação nativa das ilhas costeiras e oceânicas (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022; INPE, 2022).

Essa variedade de fitofisionomias deve-se, sobretudo, a ampla latitude (8°-28°S), longitude (32°-58°W) e altitude (0-3.000 m), combinados às variações climáticas, formações geomorfológicas e de diversos tipos de solos (OLIVEIRA-FILHO e FONTES 2000, EISENLOHR e OLIVEIRA-FILHO, 2015).

No estado de Rio de Janeiro, a fitofisionomia da Mata Atlântica engloba florestas estacional semidecidual, floresta ombrófila densa, floresta ombrófila mista, refúgios vegetacionais, savanas e savanas estépicas, áreas das formações pioneiras e áreas de tensão ecológica (IBGE, 2004). De acordo com Pessoa e Ponzoni (2015) a fitofisionomia mais afetada no estado do Rio de Janeiro, foi a Floresta Ombrófila Densa, apresentando área total desflorestada entre os anos de 2000 e 2013 de aproximadamente 2.430 ha. Atualmente no estado do Rio de Janeiro, são observados apenas 19,6% da Mata Atlântica regenerada (SOS Mata Atlântica, 2022).

Neste sentido, as estratégias que combinem produção agrícola com conservação dos ecossistemas são um desafio para a agricultura mundial, uma vez que a proteção da qualidade do solo tem sido um dos objetivos mais almejados (DAVISSONE, 2019). Assim sendo, o estudo de sistemas sustentáveis está em evidência na literatura, conforme enfatizado por Bender et al. (2016), para se beneficiar totalmente dos processos naturais, os sistemas sustentáveis precisam integrar a engenharia ecológica do solo, o que requer alto entendimento dos processos edáficos. A incorporação da floresta em sistemas de cultivo tem promovido o desenvolvimento de sistemas de produção integrados, a exemplo dos sistemas agroflorestais (SAF) (SIMINSKI et al., 2016). Os sistemas agroflorestais são uma opção viável para uso e ocupação do solo, revertendo processos de degradação dos recursos naturais, enquanto provêm alimentos e madeira. Esses sistemas realizam inúmeros serviços ambientais como o sequestro de carbono, aumento de aporte e qualidade da água, conservação dos solos e aumento da biodiversidade (RIBASKI, 2007), atuam na recuperação de áreas degradadas e produção de alimentos (CÂNDIDO et al., 2016).

Considerando a importância dos processos biológicos no agroecossistema, as mudanças geradas pelas práticas de manejo e uso da terra possuem efeito significativo sobre a fauna do solo, mediante a sensibilidade às intervenções no sistema que podem causar desequilíbrio comprometendo a atividade de determinados indivíduos (CORREIA et al., 2005; LUDWIG et al., 2012). Tendo em vista a resposta relativamente rápida quando

comparada a outros atributos do solo (ALVES et al., 2006), a avaliação desses organismos pode ser considerada indicadora de qualidade do solo (BARETTA et al., 2011; CASARIL et al., 2019). Desta forma, a comunidade de organismos do solo presente é composta por vários grupos taxonômicos de invertebrados de diferentes mobilidades (DUCATTI, 2002), que participam de inúmeras funções e processos ecossistêmicos essenciais (BROWN et al., 2015). São considerados indicadores de qualidade ambiental por apresentarem sensibilidade às perturbações no meio (BARETTA et al., 2010; SYLVAIN, 2013).

Esses organismos através de suas atividades no solo, contribuem para a fragmentação de resíduos orgânicos, aeração, bem como nos processos de ciclagem de nutrientes, decomposição de matéria orgânica e manutenção do equilíbrio biológico do solo (CORREIA, 2002; PARRON et al., 2015), de modo a promover mudanças nas características químicas, físicas e biológicas no ecossistema, afetando as interações solo-planta (PARRON et al., 2015), devido a estreita relação entre a fauna e os atributos do solo.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a composição, a densidade e a diversidade da fauna do solo (epígea e macrofauna), assim como atributos físicos e químicos do compartimento serapilheira-solo, afim de verificar a eficiência do manejo com sistema agroflorestal (SAF) em relação a saúde do solo comparativamente a uma área de floresta secundária, no bioma Mata Atlântica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro

O termo bioma define uma área do espaço geográfico, com dimensões superiores a um milhão de quilômetros quadrados, que apresentam uniformidade em relação a certos elementos principais, sendo eles: o macroclima, a fitofisionomia, a fauna e outros organismos vivos associados, o solo e a altitude (COUTINHO, 2006).

O bioma Mata Atlântica, é o nome popular dado a floresta tropical atlântica que ocupa a fachada oriental do Brasil e grande parte da bacia do Paraná, como toda floresta tropical, ela impressiona pela sua densidade e pela sua heterogeneidade ou variedade em espécies (PEREIRA, 2009).

A Mata Atlântica apresenta uma formação vegetal que está presente em grande parte da região litorânea brasileira, onde se estendia originalmente do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul (SANTOS, 2010), considerado um dos biomas com mais biodiversidade do mundo (INPE, 2019), e a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano, com uma extensão original de cerca de 1.360.000 km² (MYERS et al., 2000). Com mais de 20.000 espécies de plantas, sendo que 8.000 delas não são observadas em nenhum outro bioma, a Mata Atlântica é o hábitat de mais de 1.000 espécies de aves, 372 de anfíbios, 350 de peixes, 197 de répteis e 270 de mamíferos (SIMÕES, 2009).

A umidade e a presença de grande quantidade de matéria orgânica constituída principalmente pela serapilheira tornam o solo favorável à ação de microrganismos decompositores como fauna, fungos e bactérias, que possibilitam o reaproveitamento desse material pelas raízes dos vegetais (SANTOS, 2010).

Regiões dentro do bioma Mata Atlântica são responsáveis por cerca de 80% do PIB nacional, pois é onde se concentra pelo menos 120 milhões de brasileiros e onde estão presentes as maiores cidades e polos industriais do país (PINTO e BRITO, 2005), por consequência, é considerado um dos biomas mais devastado e ameaçado do planeta, sofrendo um ritmo de mudanças que está entre os mais rápidos observados (CARDOSO, 2016), possuindo a menor área de vegetação original catalogada, sendo o bioma mais degradado e propenso à extinção entre os estabelecidos no Brasil (MYERS et al., 2000). A fragmentação e a alteração de habitats são as predominantes razões da dissipação da biodiversidade global ao longo dos últimos anos (MYERS et al., 2000; PIMM et al., 2014). A área total de desflorestamento identificada nas áreas dos 17 estados da Mata Atlântica, no período 2020-2021, foi de 21.642 ha, o que equivaleria a 59 hectares por dia ou 2,5 hectares por hora, resultando na emissão de 10,3 milhões de toneladas de CO₂ equivalente na atmosfera (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

No estado de Rio de Janeiro, houve um aumento de 95% de desmatamento no ano 2020 á 2021 em relação ao período anterior (2019-2020) (SOS Mata Atlântica, 2022). Dos 4.377.783 ha originalmente da Mata atlântica no Rio de Janeiro, restaram 859.695 há da mata secundária, ou seja 19,6% (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

Evolução Histórica da Taxa de Desmatamento e Média Exponencial

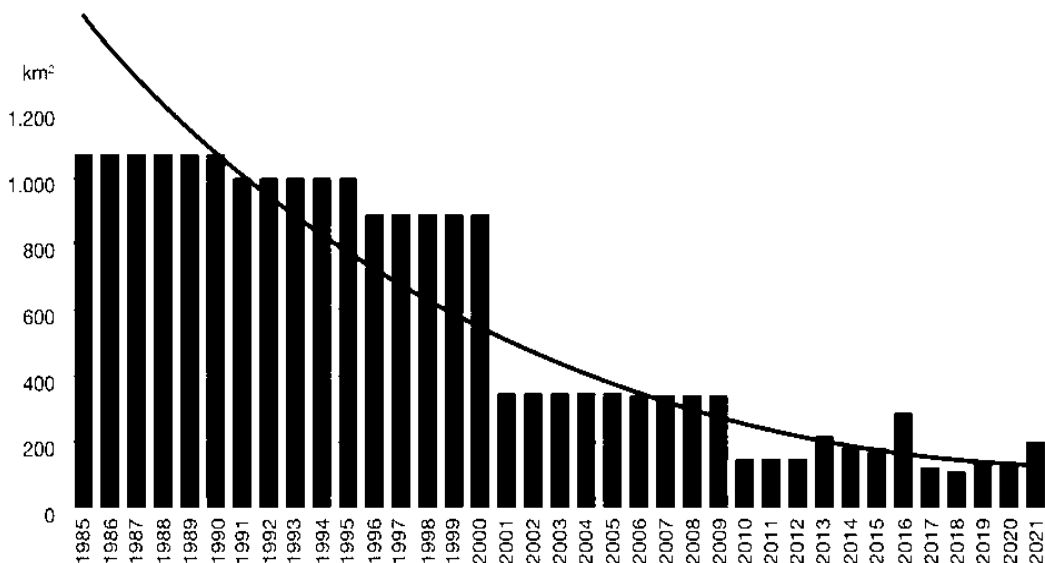


Figura 1. Taxa de desmatamento e tendência (exponencial) histórica identificada pelo Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

A formação natural de abrangência regional da área de estudo é composta pelas Florestas Ombrófilas Densas, classificada de acordo com o IBGE (2012) como sendo condicionada pelos fatores climáticos tropicais, como por exemplo: elevadas temperaturas, alta precipitação bem distribuída ao longo do ano e amplitude térmica amenizada por influência marítima. A fitofisionomia das Florestas Ombrófilas Densas é subdividida nas seguintes formações: Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Submontana, Floresta Ombrófila Densa Montana e Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana (IBGE, 2012).

A subdivisão natural do município de Seropédica se enquadra na formação de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, proporcionando condições adequadas para a evolução de um complexo biótico de natureza vegetal e animal altamente rico (SANTOS, 2010).

Contudo, a ocupação do solo da bacia do rio Guandu foi sendo modificada e, ao longo dos anos, houve substituição da vegetação de Mata Atlântica, primeiramente pela agricultura e posteriormente para implantação de indústrias e expansão urbana (KLIGERMAN et al., 2021). Assim como a construção das rodovias Presidente Dutra (BR-116) e Arco Metropolitano do Rio de Janeiro (BR-493), exploração imobiliária desordenada e aberturas de estradas, contribuem para a fragmentação diminuindo a extensão das florestas e intensificando o processo de efeito de borda (SOUZA, 2017). Quanto maior for a exposição da área ao efeito de borda, mais suscetível estará o ecossistema a incêndios, mudanças microclimáticas, intervenções humanas, entre outros fatores que levam ao empobrecimento do componente natural (ALVES e VARGAS, 2019).

A necessidade de ações que visem à conservação é de grande urgência (CARDOSO, 2016), para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e preservar a rica biodiversidade da Mata Atlântica é essencial para conservar as matas e promover o manejo sustentável de maneira compatível com o desenvolvimento local (SIMÕES, 2009). Como por exemplo, os sistemas de produção com princípios ecológicos, que forneçam alta disponibilidade de matéria orgânica e refúgio para os organismos, minimizando perturbações em relação ao manejo intensivo (SOUZA et al., 2015), favorecendo assim o restabelecimento da fauna e outros benefícios para o solo (LIMA et al., 2019).

2.2 Sistemas Agroflorestais (SAF)

Os sistemas agroflorestais (SAF's) são definidos como sistemas baseados na dinâmica, na ecologia e na gestão dos recursos naturais que, por meio da integração de árvores na propriedade e na paisagem agrícola, diversificam e sustentam a produção com maiores benefícios sociais, econômicos e ambientais para todos aqueles que usam as terras em escalas diversas (JOSE, 2012); integrando plantas lenhosas perenes, herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras numa mesma unidade. Os SAFs são mais recomendados para fins de restauração e conservação ambiental, são complexos, biodiversos ou sucessionais, sendo que estes se assemelham aos ecossistemas originais do contexto local, principalmente em termos de processos e funções, e são manejados de acordo com a lógica da sucessão natural (MICCOLIS et al., 2016).

As formas de utilização dos SAFs vão desde a tradicional agricultura de rodízio que envolve o pousio florestal até arranjos comerciais, como o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (MORAES et al., 2011). Os Safs têm sido praticados com mais intensidade no Brasil desde a década de 1980, principalmente por pequenos agricultores (SCHEMBERGUE et al., 2017).

Atualmente, o país conta com uma ampla variedade de sistemas, desde os quintais agroflorestais familiares, característicos das regiões de Mata Atlântica, até grandes consórcios comerciais, como a produção de café sombreado (GONÇALVES e VIVAN, 2012). A criação do plano de agricultura de baixo carbono (Plano ABC) em 2010, teve como objetivo promover a expansão da área de sistemas agroflorestais por 2,76 milhões de ha até 2020, plano este que foi renovado (Plano ABC+) com novas metas a serem cumpridas até 2030, como por exemplo, o aumento da área plantada de sistemas agroflorestais em 100.000 ha (MATOS et al., 2022). Além disso, o Brasil assinou o Acordo de Paris em 2015 para redução da emissão de CO₂ em 47% até 2030, com sistemas agroflorestais novamente entre as tecnologias sugeridas para recuperar áreas degradadas (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), existem no Brasil 490.647 propriedades e 13,9 milhões de hectares, sendo 8 milhões de hectares ocupados com SAF. Representando assim, um aumento de 60% no número de propriedades, e aproximadamente 67% na área cultivada em relação aos dados anteriores, publicados pela mesma instituição no ano 2006. A recente legislação ambiental (lei nº 12.651/12) exige que os proprietários rurais mantenham uma parcela de suas terras (20% de cobertura para áreas do bioma Mata Atlântica) com cobertura vegetal perene (MATOS et al., 2020).

Vale ressaltar que a degradação de terras agrícolas ameaça em todo o mundo, a segurança alimentar e a resiliência dos sistemas agrícolas diante das mudanças climáticas (BRANCALION et al., 2019). Contudo, os SAFs ajudam na proteção e alimentação da biodiversidade, na mitigação das mudanças climáticas e no aumento da capacidade de adaptação a seus efeitos, promovendo ainda, a regulação do ciclo hidrológico, controle da erosão e do assoreamento, ciclagem de nutrientes e, portanto, aumento da fertilidade do solo, melhorando suas propriedades físicas, biológicas e químicas (MICCOLIS et al., 2016; MATOS et al., 2020). Com potencial, em termos econômicos, a possibilidade de geração de diferentes tipos de produtos, garante maior produtividade e eficiência do trabalho, mais estabilidade da renda dos agricultores em curto e longo prazo e de tornar a lucratividade agrícola média dos municípios menos vulnerável ao clima, tanto no presente quanto em cenários futuros de mudanças climáticas (SCHEMBERGUE et al., 2017).

A abordagem preconizada pelo mecanismo de incentivo financeiro criado pela Organização das Nações Unidas (ONU), denominado Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal (REDD), vai de acordo com este sistema por sua

capacidade de fixar carbono e conservar paisagens florestais com alto grau de diversidade (SCHROTH et al., 2015). Este sistema oferece alta disponibilidade de matéria orgânica e refúgio, tanto para micro como para os macrorganismos do solo, pelo fato de não haver grandes perturbações como no manejo intensivo (SOUZA et al., 2015). Havendo assim, maior quantidade e diversidade de indivíduos em áreas sob o sistema agroflorestal do que, por exemplo, nas áreas de monocultura (ARAÚJO et al., 2018).

Dentre os sistemas Agroecológicos, os Agroflorestais são bastante difundidos, propondo o uso da terra com a associação de espécies perenes lenhosas com cultivos agrícolas e/ou animais, trazendo inúmeros benefícios ao meio ambiente por ser complexo, se assemelhando aos sistemas naturais (ALVES, 2009). Utilizando organismos como indicadores da qualidade ambiental neste sistema, Fockink et al. (2016) evidencia que o SAF promove melhorias nas condições ambientais, o que consequentemente corrobora na manutenção da fauna edáfica neste sistema.

2.3 A Fauna Edáfica seus Papéis no Solo e Como Indicadora de Qualidade

Fauna do solo é o termo utilizado para referenciar a comunidade de organismos que vive permanentemente ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo. Estes organismos variam em tamanho e diâmetro, o que lhes confere habilidade diferenciada na sua estratégia de alimentação e adaptação ao hábitat (AQUINO, 2006). Podendo influenciar os processos edáficos pela modificação física da serapilheira e do ambiente do solo, e pelas interações com a comunidade microbiana (FAO, 2020). A fauna do solo é na maioria das vezes classificada por tamanho em 3 principais grupos de invertebrados: microfauna, mesofauna e macrofauna (ALVES et al., 2020).

A microfauna do solo compreende os invertebrados cujo tamanho está entre 4µm – 100µm (LAVELLE, 1997), incluindo os protozoários e nematoides (AQUINO, 2006), neste grupo, estão incluídos os animais mais abundantes sobre a face da Terra, que normalmente habitam a lâmina de água presente nos poros do solo (ALVES et al., 2017). Como função, regulam as populações de bactérias e fungos, alteram a ciclagem de nutrientes e estimulam a decomposição por meio da indução na atividade microbiana (GEISEN et al., 2018; FAO, 2020).

A mesofauna, apresenta um diâmetro corporal entre 100µm e 2mm de largura solo (JEFFERY et al., 2010), sendo representada por Enchytraeidae, Pseudoscorpiones, Acari, Diplura, Protura, Symphyla, Araneae, pequenos insetos e outros pequenos artrópodes (BROWN et al., 2015). Habitam os espaços porosos do solo, sendo assim afetados pela compactação do solo (AQUINO, 2006), as atividades tróficas destes animais incluem a fragmentação do material vegetal em decomposição (LIU et al., 2019), produção de pelotas fecais que atuam como fertilizante de liberação lenta, criação de bioporos (em tamanhos menores que os da macrofauna), promoção da humificação, ciclagem de nutrientes e formação de agregados estáveis do solo (FAO, 2020).

A macrofauna edáfica é representada por um grupo diverso tanto em termos morfológicos quanto comportamentais, com diâmetro corporal superior a 2 mm. Esse grupo de invertebrados possui habilidade para cavar e criar estruturas específicas que permitem a sua movimentação e sobrevivência no solo. Desta forma, estes organismos são denominados engenheiros do ecossistema (MOREIRA et al., 2013), uma vez que afetam direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para os outros organismos pela escavação e/ou ingestão e pelo transporte de material mineral e orgânico do solo, pelas estruturas construídas como resultado dessas atividades, incluindo galerias, bolotas fecais, montículos e ninhos, modificando o ambiente físico e químico do solo (AQUINO, 2006). Atuam na ciclagem biogeoquímica através do rearranjo físico das partículas do solo, mudando a distribuição de

tamanho de poros e, como resultado, os padrões de infiltração e emissão de gases (BEARE et al., 1995; BROWN et al., 2015).

A utilização da fauna edáfica como indicador em processos de recuperação ambiental também é em função da sua intrínseca relação com as características químicas, teor de matéria orgânica do solo e a regulação de toda a biologia do solo (MOREIRA, 2010). Para Primavesi (2002), a densidade de seres vivos no solo é determinada pela quantidade de alimento existente no local. Além disso, suas atividades estão diretamente relacionadas à disponibilidade de matéria orgânica, por ser esta a fonte de nutrientes e energia aos organismos do solo (PES e ARENHARDT, 2015).

Os insetos são utilizados como bioindicadores do estado e da condição do solo, por responderem rapidamente ao estresse do meio, apresentarem várias gerações em pouco tempo e por serem facilmente amostrados (MOREIRA et al., 2013). Os mesmos autores afirmam, também, que os insetos são adaptados a explorar áreas em recuperação de distúrbios e são eliminados nas áreas com os distúrbios. A fauna edáfica é sensível às mudanças ocorridas no ambiente do solo, decorrentes de práticas de cultivo e manejo, e das alterações no aporte de recursos vegetais e no microclima (BRITO et al., 2016; CASARIL et al., 2019). De acordo com Cardoso et al. (2012), a maneira adequada de se quantificar a saúde do solo é inferir sobre parâmetros que o tornam um sistema vivo, pois ao utilizar unicamente propriedades químicas e físicas do sistema edáfico, tornam-se incertas as conclusões sobre as propriedades biológicas. As propriedades biológicas do solo, fazem com que o mesmo seja considerado um organismo vivo e dinâmico (PES e ARENHARDT, 2015).

Portanto, compreender a fauna edáfica é um requisito fundamental para uma busca sustentável e equilibrada do manejo do solo que além de viabilizar atuações significativas desses indivíduos na serapilheira-solo, preserva a diversidade biológica (BROWN et al., 2015). Assim, os organismos da fauna edáfica são comumente utilizados para monitorar e avaliar o efeito dos sistemas de manejo que vêm sendo praticados em uma determinada área.

2.4 Relação da Fauna e os Atributos Físicos e Químicos do Solo

A fauna edáfica contribui para aeração, drenagem, decomposição da matéria orgânica, dentre outras funções, sendo assim conhecida pela sua grande capacidade de modificar as características químicas e físicas do solo (MOREIRA et al., 2013), porém, influenciadas por essas outras propriedades do solo.

Na decomposição da matéria orgânica do solo, os resíduos orgânicos depositados no solo, atendem parte da demanda nutricional das plantas, contribuindo assim, para o sistema dos cultivos agrícola e florestal, evitando que os agricultores tenham que repor a totalidade dos nutrientes extraídos pelos cultivos, via adubação (CORTET et al., 1999; ALVES et al., 2015), e por outro lado, a matéria orgânica é indispensável para a sobrevivência, diversidade e atividade de tais indivíduos (LIMA et al., 2021). Altos teores de carbono orgânico estimulam a atividade de indivíduos responsáveis pela decomposição e humificação da matéria orgânica do solo, contribuindo para a disponibilidade de nutrientes (NEGASSA e SILESHI, 2018).

Por meio de suas ações mecânicas, a fauna, contribui na formação de agregados estáveis e constitui uma reserva de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (SILVA et al., 2006; BROWN et al., 2015). Os dados do *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) afirmam que a influência da fauna na bioturbação e criação de galerias e outras estruturas no solo, promove a melhoria da estrutura do solo, aumento da infiltração, drenagem, capacidade de armazenamento de água no solo e, pela contribuição na regulação do escoamento superficial das águas pluviais, auxilia no controle da erosão e enchentes. Influenciando também, na formação e estabilidade de agregados biogênicos (FERREIRA et al., 2020; LIMA et al., 2020).

Sendo o solo um importante recurso da natureza com funções que influenciam os constituintes do ambiente quando se apresenta em bom estado de conservação e exprime certa qualidade, contribui muito para a sustentabilidade (NETTO et al., 2009). Conhecido como reservatório da biodiversidade, exercendo funções que se baseiam em sustentar a diversidade biológica; regular o fluxo de água e solutos; degradar, imobilizar e detoxificar compostos orgânicos e inorgânicos; atuar na ciclagem de nutrientes (STORK, 2018), contudo, de acordo com FAO (2020) a biodiversidade do solo está sendo ameaçada por mudanças antropogênicas, como intensificação do uso da terra, desmatamento e eventos climáticos extremos.

Por essa razão, se faz necessário cada vez mais a utilização de manejos sustentáveis, pois essas práticas podem ser fundamentais para a sustentabilidade do sistema, bem como a recuperação de áreas impactadas (LIMA et al., 2021). Devido à sensibilidade as interferências do ecossistema, a fauna responde de acordo com as condições de ambiente as quais foram expostas (CORREIA e OLIVEIRA, 2000; BARETTA et al., 2011), podendo resultar na diminuição da diversidade em áreas que sofreram intervenções antrópicas e supressão de cobertura vegetal e riqueza onde essas condições foram preservadas (LIMA et al., 2010; COELHO et al., 2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área

O estudo foi realizado no *campus* da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizada no município de Seropédica, latitude 22°45'36"S, longitude 43°42'00"W e altitude de 33 m, sendo o clima do tipo Aw na classificação de Köppen (1948), com precipitação média anual de 1.213 mm e temperatura média de 24,5° C (COSTA et al., 2013). O município de Seropédica está inserido no contexto geomorfológico das unidades morfoestruturais das bacias sedimentares Cenozóicas, correspondendo às unidades geomorfológicas da Baixada de Sepetiba, que segundo CPRM (2000), consiste em importantes áreas de acumulação fluvio-marinha resultantes de uma sucessão de evento de regressão e transgressão do nível do mar. Apresenta relevo que varia de plano a ondulado. Localiza-se nas proximidades das escarpas das Serras das Araras e Paracambi, do maciço do Mendanha e da Pedra Branca (ALVES e VARGAS, 2019).

Para o estudo foram selecionadas duas áreas, a saber: uma área com floresta e outra com sistema agroflorestal (SAF). A área de floresta está localizada no Instituto de Florestas da UFRRJ, com coordenadas centrais 22°45'24"S e 43°41'52"W, é a um fragmento de floresta tropical Subcaducifolia em regeneração no bioma Mata Atlântica, caracteriza-se por apresentar um dossel fechado, que favorece o sombreamento, boa proteção proporcionada pela serapilheira, favorecendo a temperatura e a umidade no solo.

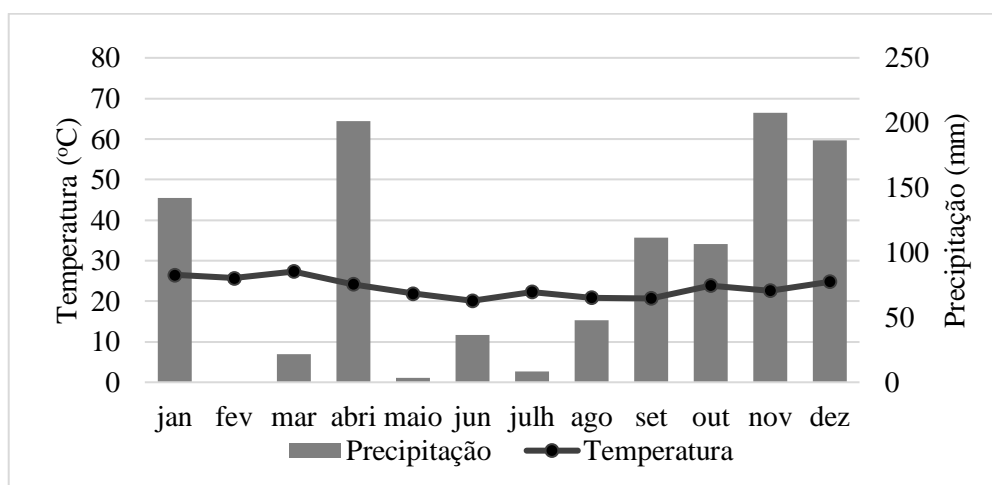


Figura 2. Dados de precipitação (mm) e temperatura (°C) do ano 2022, Seropédica – RJ.
Fonte: INMET, 2023.

A área do SAF tem 8 anos de implantação, com aproximadamente 2.000 m² no campo experimental do Departamento de Fitotecnia do Instituto de Agronomia da UFRRJ (Figura 3). Os solos das áreas avaliadas apresentam horizonte superficial de textura arenosa, com predomínio das classes de Argissolo Amarelo e Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2018).

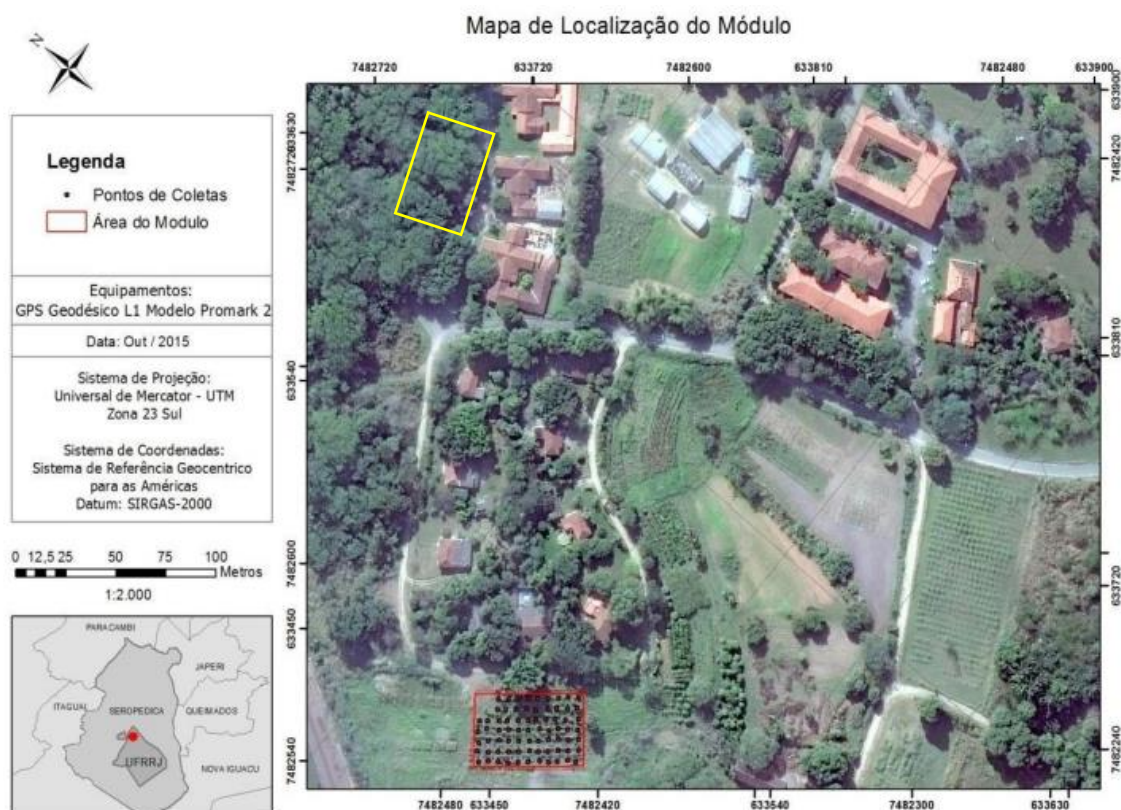


Figura 3. Mapa de localização da área do SAF (delimitado com um retângulo vermelho) e área de floresta (delimitado com um retângulo amarelo). Fonte: Dias (2016).

O módulo agroflorestal (Figura 4) foi constituído inicialmente com o cultivo consorciado de banana (*Musa spp*), café (*Coffea canephora*) e pupunha (*Bactris gasipaes*), e entre faixas adensadas de glirícidia (*Gliricidia sepium*), flemingia (*Flemingia macrophylla*), vinhático (*Plathymenia reticulata*), aroeira (*Schinus terebinthifolius*), guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), embaúba (*Cecropia pachystachya*) e urucum (*Bixa orellana*). Posteriormente, foram introduzidas as seguintes culturas: abacaxi (*Ananas comosus*), mandioca (*Manihot esculenta*), batata doce (*Ipomoea batatas*), amendoim (*Arachis hypogaea*), inhame (*Dioscorea*), araruta (*Maranta arundinacea*), chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*), estas culturas anuais foram implementadas nas entrelinhas (DIAS, 2022).



Figura 4. Área do SAF no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia (Instituto de Agronomia/ UFRRJ), representadas nas figuras A, B, C e D. Fotos: Aurea Ramos (2022).

Em cada área de estudo foram coletadas amostras para avaliação dos atributos biológicos, físicos e químicos do solo, em dois períodos do ano. A primeira amostragem no final do período chuvoso (verão), mês de abril de 2022 e a segunda foi realizada no final do período seco (inverno), mês de setembro de 2022. As amostragens seguiram um delineamento casualizado, com oito repetições para cada atributo avaliado, de acordo com o croqui (Figura 5).

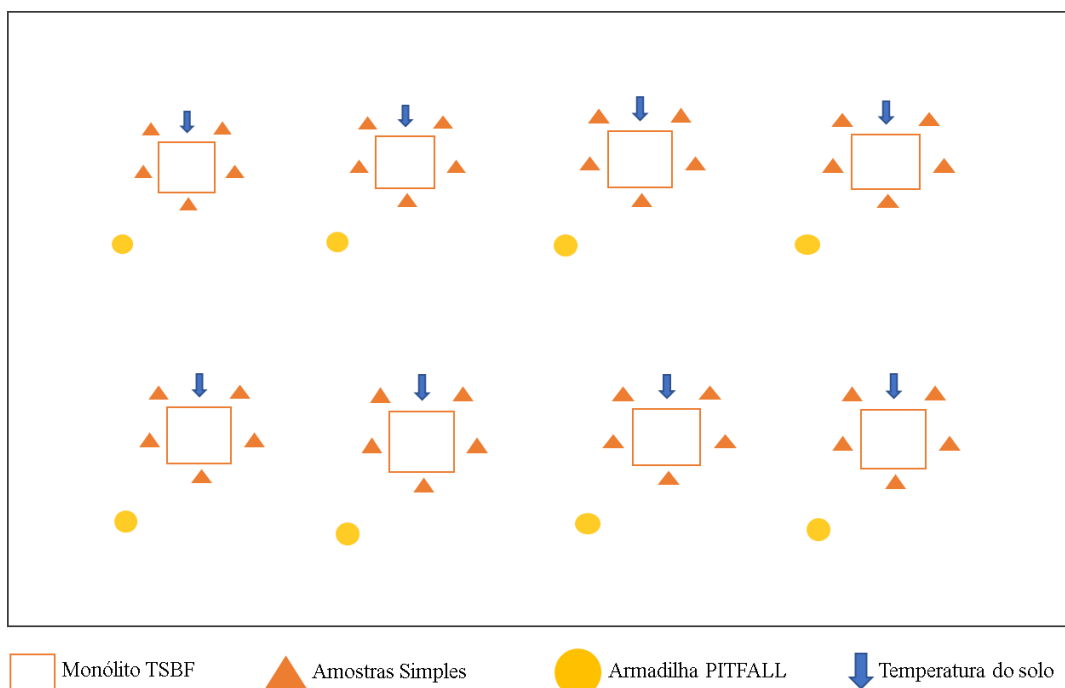


Figura 5. Croqui da amostragem da fauna invertebrada, solo e temperatura.

3.2 Coleta de Amostras de Terra

Nas áreas selecionadas, foram realizadas coletas de amostras de terra deformadas para a realização de análises físicas e químicas do solo. Em cada uma das áreas foi delimitado aproximadamente 1 ha e nestas foram coletadas oito amostras compostas, formadas cada uma a partir de cinco amostras simples. As amostras foram coletadas na profundidade de 0-10 cm. Posteriormente foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de malha de 2,00 mm, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), material utilizado para a realização das análises químicas e físicas. As etapas da obtenção da TFSA são apresentadas na Figura 6.



Figura 6. Etapas para a obtenção das amostras utilizadas para a realização das análises químicas e físicas. Coleta (A), secagem (B), peneiramento (C) e armazenamento (D) do solo para análises físicas e químicas. Fotos: Aurea Ramos (2022).

3.3 Análises Físicas do Solo

3.3.1 Análise granulométrica

As amostras de TFSA foram dispersas com $\text{NaOH } 1 \text{ mol L}^{-1}$ e homogeneizadas, em baixa rotação, por 16 horas. O teor de argila foi determinado na suspensão, pelo método da pipeta (TEIXEIRA et al., 2017). As frações de areia (grossa e fina) foram separadas por tamisação, em malha de 0,20 e 0,053 mm, respectivamente. O silte foi obtido por diferença.

3.3.2 Temperatura do solo

A temperatura do solo foi medida em 8 pontos em cada área estudada, por meio de termômetro digital (Figura 7).



Figura 7. Determinação da temperatura do solo. Foto: Aurea Ramos (2022).

3.4 Análises Químicas

3.4.1 Caracterização do complexo sortivo

Foram analisados os atributos pH em água, $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, Al^{+3} , K^+ , Na^+ , $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ e P, de acordo com o método proposto por Teixeira et al. (2017).

3.4.2 Fracionamento granulométrico da MOS

Cerca de 20 g de amostras de terra passadas em malha de 2,00 mm e 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5g L^{-1}) foram agitados durante 15 horas em agitador horizontal (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992). Em seguida, a suspensão foi passada em peneira de 53 μm com auxílio de jato de água. O material retido na peneira corresponde ao carbono orgânico particulado (COp) associado à fração areia. Esse material foi seco em estufa à 65°C, quantificado em relação a sua massa, moído em gral de porcelana e analisado quanto ao teor de carbono orgânico total (COT) segundo Yeomans e Bremner (1988). O material que passar pela peneira de 53 μm corresponde ao carbono orgânico associado aos minerais (COam) das frações silte e argila e será obtido por diferença entre o COT e COp.

3.5 Análise da Serapilheira

A serapilheira coletada, pelo método TSBF, foi seca a 60 °C até peso constante, determinando-se a umidade pelo método gravimétrico (Ug%). Posteriormente o material foi triturado em moinho, submetido à digestão sulfúrica e quantificado os teores nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) conforme Tedesco et al. (1995).

3.6 Atributos Biológicos

Objetivando amostrar a maior diversidade e compreender melhor a comunidade da fauna invertebrada nas áreas selecionadas, optou-se por realizar as coletas por dois métodos.

Sendo o método de armadilhas do tipo Pitfall traps para a captura dos organismos da fauna epígea e o método de monólitos (TSBF) para a amostragem da macrofauna do solo.

3.6.1 Amostragem da fauna epígea

As amostragens de fauna do solo foram realizadas através de coleta utilizando armadilhas de queda (*Pitfall Traps*) que nos forneceu informações sobre a atividade dos organismos da fauna, as quais foram compostas por 8 recipientes plásticos transparentes de 500 mL com 11 cm de altura e 9,5 cm de diâmetro, contendo, 200 mL de solução formalina a 4%, com duração de 5 dias no solo. Após 5 dias foram retiradas as armadilhas do solo e feito a triagem e identificação da fauna do solo, como pode-se observar em sequência na Figura 8.

Todos os indivíduos encontrados nestas armadilhas foram contados e identificados ao menor táxon possível de acordo com Gallo et al. (2002) e Pereira et al. (2018).



Figura 8. Etapas na realização da identificação da fauna do solo com emprego do método Pitfall: implementação da armadilha no solo (A), retirada da armadilha (B), triagem (C) e identificação da fauna (D). Fotos: Sandra Lima (2022).

3.6.2 Amostragem da macrofauna invertebrada

A macrofauna edáfica foi coletada com o emprego do método do TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility*) descrito por Anderson e Ingram (1996), que consiste na retirada de blocos de solo a partir da utilização de um gabarito com 25 cm x 25 cm. Inicialmente em cada ponto de amostragem foi retirada a serapilheira e alocada em sacos plásticos devidamente identificados. Posteriormente foi feita uma mini trincheira ao lado do gabarito para realizar a retirada do bloco de solo na profundidade de 10 cm (Figura 9).



Figura 9. Etapas na realização e identificação da fauna do solo com emprego do método TSBF, coleta do solo (A, B e C), triagem da fauna (D). Fotos: Aurea Ramos (2022).

3.7 Análise de Dados

A partir dos dados da fauna invertebrada foi estimada para cada tratamento, o número de indivíduos por armadilha ao dia para os organismos coletados pelo método *Pitfall* e a densidade da macrofauna edáfica, para os organismos coletados pelo TSBF, expressa em

número de indivíduos por metro quadrado. Posteriormente foram calculados os índices de diversidade de Shannon ($H = -\sum p_i \cdot \log p_i$; onde $p_i = n_i/N$; n_i = densidade de cada grupo, $N = \sum$ da densidade de todos os grupos), equitabilidade: $e = H/\log R$; onde: R = riqueza, representada pelo número de grupos taxonômicos.

Os dados de fauna foram analisados quanto a normalidade e a homocedasticidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett. As variáveis que não apresentarem distribuição normal ou homogeneidade foram transformadas de acordo com o teste de Box-Cox e foram novamente testadas. Na sequência, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste de F (ANOVA) quando os pressupostos de normalidade e homogeneidade foram atendidos (variáveis transformadas ou não). As médias foram comparadas pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%, utilizando-se o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2020).

Após a segunda amostragem, para cada conjunto de dados químicos, físicos e biológicos do solo foi realizada uma análise de componentes principais (PCA), para explorar as distribuições das variáveis nos diferentes usos da terra. Posteriormente a essa abordagem foram realizados testes de permutação para comparar uma estatística de teste observada com permutações aleatórias dos dados (teste de Monte-Carlo). Além disso, a análise de co-inércia foi usada para explorar a covariância e a similaridade geral na estrutura de dados entre dois conjuntos de dados (propriedades químicas do solo vs fauna do solo; propriedades físicas e químicas vs fauna do solo). Análises multivariadas foram realizadas utilizando o pacote ade4 no software R (DRAY et al., 2007, R DEVELOPMENT CORE TEAM 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos Físicos e Químicos da Serapilheira

Com o objetivo de avaliar os atributos do compartimento serapilheira-solo, inicialmente analisando os atributos físicos (umidade e estoque) da serapilheira, verificou-se que a presença de espécies vegetais arbóreas sucessionais, presentes na área de floresta (FL) favoreceu a maior umidade do solo tanto na primeira coleta (período chuvoso), como na segunda (período seco), diferindo assim da área de SAF. A serapilheira é um importante componente na manutenção da produtividade de ecossistemas florestais (SANTOS NETO et al., 2015) e juntamente com os remanescentes dos sistemas radiculares das culturas no subsolo influenciam a atividade e a diversidade de organismos que habitam o solo (OLIVEIRA et al., 2019). Embora não seja o foco comparar as duas épocas da coleta, percebe-se que no período chuvoso os valores de estoque da serapilheira foram menores que no período seco (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos físicos e químicos da serapilheira sob SAF e Floresta, Seropédica, RJ.

Áreas	Ugs %	ESTs Mg ha ⁻¹	NTs	PTs	KTs
			----- g kg ⁻¹ -----		
Período chuvoso					
SAF	61,09 b	8,78 ^{ns}	10,02 b	1,60 a	1,39 a
FL	98,02 a	7,40	17,41 a	1,10 b	0,53 b
CV (%)	32,14	34,27	27,35	30,91	80,00
Período seco					
SAF	63,03 ^{ns}	9,50 ^{ns}	12,38 b	1,25 a	1,52 ^{ns}
FL	98,03	7,62	15,70 a	0,17 b	0,80
CV (%)	57,05	32,98	17,47	30,58	71,73

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste F ($P < 0,05$). ^{ns} ausência de significância pelo Teste F ($P > 0,05$). SAF: Sistema agroflorestal; e FL: Floresta nativa. Estoque da serapilheira (ESTs), umidade gravimétrica (Ugs) e concentrações totais de nutrientes da serapilheira: NTs nitrogênio; PTs fósforo e KT potássio.

Na coleta 1, período chuvoso, verificou-se diferença entre as áreas no que se refere a umidade, sendo observado a maior porcentagem na área de FL (98,02%) enquanto na área de SAF foi verificada a menor porcentagem (61,09%) (Tabela 1). Este resultado pode estar relacionado ao fato de que na área da floresta a copa das árvores é maior, o que impede a entrada de raios solares, diminuindo assim, a taxa de evaporação da água retida na serapilheira durante o período chuvoso. Quanto aos valores médios de estoque da serapilheira, não foram verificadas diferenças entre as áreas. Observou-se que o teor de NTs foi significativamente mais elevado na FL (17,41 g kg⁻¹) em comparação à área de SAF (10,02 g kg⁻¹), diferindo assim as áreas. Por outro lado, no que se refere aos teores de PTs e KT, verificaram-se maiores valores no SAF quando comparados a FL (Tabela 1).

Na coleta 2, período seco, o teor de umidade não diferiu entre as áreas, apesar de ser observado 98,03% de umidade na área da FL e 63,03 % na área de SAF (Tabela 1).

Normalmente se espera que no ambiente de Floresta nativa apresente maior estoque da serapilheira (ESTs), comparado a outros sistemas, porém de acordo com a (Tabela 1), pode se observar que não teve diferença significativa para este parâmetro tanto no ambiente de floresta nativa como no Sistema agroflorestal (SAF). Porém, como citado nos materiais e métodos, o sistema agroflorestal da UFRRJ é composto por diversas espécies vegetais, e uma delas, em específico a cultura da banana é responsável em fornecer em média 9,6 t/ha de

fitomassa seca ao sistema, (BORGES et al., 2015), fazendo com que o sistema groflorestal de 8 anos não diferir estatisticamente com ambiente de floresta nativa em regeneração de 28 ano.

Observou-se que os teores de nitrogênio foram maiores na FL (15,70 g kg⁻¹) em relação ao SAF (12,38 g kg⁻¹), diferindo assim entre as áreas. Quanto ao teor de fósforo, as áreas diferem entre si, observando-se no SAF (1,25 g kg⁻¹) maior teor e na FL (0,24 g kg⁻¹) menor teor. Referente ao teor de potássio, não houve diferença entre as áreas (Tabela 1).

A presença de espécies caducifolias no sistema agroflorestal em período de deficiência hídrica ou pelo dossel mais aberto, faz com que haja acentuadamente a característica fisiológica da queda de suas folhas para evitar perdas de água por transpiração (SOUZA et al., 2013; REBÊLO et al., 2016). A média anual da produção de serapilheira na área da FL neste estudo, foi de 7,50 Mg ha⁻¹, corroborando a Almeida et al. (2015) e Bello et al. (2022) que observaram média anual de serapilheira variando entre 7,74 Mg ha⁻¹ e 8,59 Mg ha⁻¹ por ano, em floresta nativa ou em áreas de reflorestamento com espécies nativas.

A qualidade da serapilheira observada nas áreas, pode influenciar no desempenho da restauração do solo por meio de efeitos nas comunidades biológicas e nas funções que estes organismos regulam (OLIVEIRA et al., 2019; MATOS et al., 2020). Os resíduos orgânicos na superfície do solo contribuem para a melhoria dos atributos físicos e químicos do solo por meio de modificações na matéria orgânica do solo (MOS) e sua distribuição nestes compartimentos (ARAÚJO et al., 2018; TORRES et al., 2019). Valores elevados de N na serapilheira da floresta, podem estar associados ao estágio sucessional do fragmento florestal, uma vez que geralmente, essas áreas possuem muitas espécies pioneiras e leguminosas, que possuem baixa relação C/N, altas concentrações de N e baixos teores de fibras e lignina (GIEßELMANN et al., 2011). O maior estoque de nitrogênio na serapilheira das florestas sazonais pode ser resultado da alta entrada de serapilheira e baixa taxa de decomposição (VILLELA et al., 2006). Foi observado neste estudo maiores teores de N da serapilheira na área da FL, concordando com os padrões verificados por Martins et al. (2019) que observaram maior conteúdo de N da serapilheira na área de floresta em relação às áreas do SAF e de pastagem.

Nesse estudo, os teores de N na serapilheira foram mais elevados do que os teores de P e K, o que pode estar relacionado com a fixação eficiente deste elemento pelas plantas fixadoras de nitrogênio presentes nas áreas, confirmam este resultado as pesquisas de Godinho et al. (2013), Caldeira et al. (2013) e Freire, et al. (2020). O teor de K foi um pouco mais expressivo no período seco, o que pode ser atribuído a este elemento se encontrar nos vegetais apenas na sua forma iônica (GODINHO et al., 2013). De acordo com Vasconcelos et al. (2008) e Maia et al. (2015) a serapilheira pouco contribui com o fornecimento de P para as plantas, pois sua disponibilidade está fortemente relacionada às características do material de origem. Contudo, as concentrações de nutrientes podem variar de acordo com as condições edafoclimáticas e pela presença de determinadas espécies florestais ou idades das plantas (HOLANDA et al., 2017). A deposição de serapilheira na área pode servir como barreira para dificultar a transferência de água retida no solo para a atmosfera por evaporação (PIRES et al., 2005). A maior ocorrência de produção de serapilheira na estação seca é influenciada pelo estresse hídrico (VIERA e SCHUMACHER, 2010; MARTINS et al., 2018; LIMA et al., 2019).

4.2 Atributos Físicos do Solo

Para a textura do solo, os valores de areia diferiram entre as áreas, sendo a maior porcentagem observada na FL (83), enquanto no SAF foi verificado um valor inferior (73). Para os valores de silte, não houve diferença entre as áreas. Na fração argila, os valores foram maiores no SAF (13) em relação a FL (7), diferindo assim os valores entre as áreas (Tabela 2).

A textura do solo, além de permitir avaliações sobre a capacidade de troca iônica, é de grande relevância nos mecanismos de absorção de nutrientes pelas raízes, assim sendo, os solos de textura argilosa podem apresentar maior retenção de água e adsorção de íons quando comparados aos solos de textura arenosa (FREIRE et al., 2013).

Tabela 2. Caracterização da granulometria do solo em áreas de SAF e Florestal, Seropédica, RJ.

Áreas	Areia	Silte	Argila
	-----%-----		
SAF	73 b	15 ^{ns}	13 a
FL	83 a	10	7 b
CV (%)	14	86	41

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste F ($P < 0,05$). ^{ns} ausência de significância pelo Teste F ($P > 0,05$). SAF: Sistema agroflorestal; FL: Floresta nativa.

Na coleta 1, período chuvoso, a temperatura média variou entre as áreas, sendo 25,9°C na área de SAF e 24°C na área da FL (Figura 10). Esta variação provavelmente está relacionada com o fato de que no SAF, embora o solo esteja coberto pela serapilheira, as plantas ainda estão espaçadas. Na FL em decorrência do dossel mais fechado, há maior sombreamento e consequentemente menor temperatura em relação ao SAF.

Foram verificadas maiores médias de umidade, no qual observou-se na área do SAF maior umidade (10,7%) e menor na área da FL (3,6%) (Figura 10). Este resultado pode estar relacionado com o estoque de serapilheira, onde foi observado maior estoque na área do SAF (Tabela 1) e também com a quantidade de argila (Tabela 2) observada na mesma área.

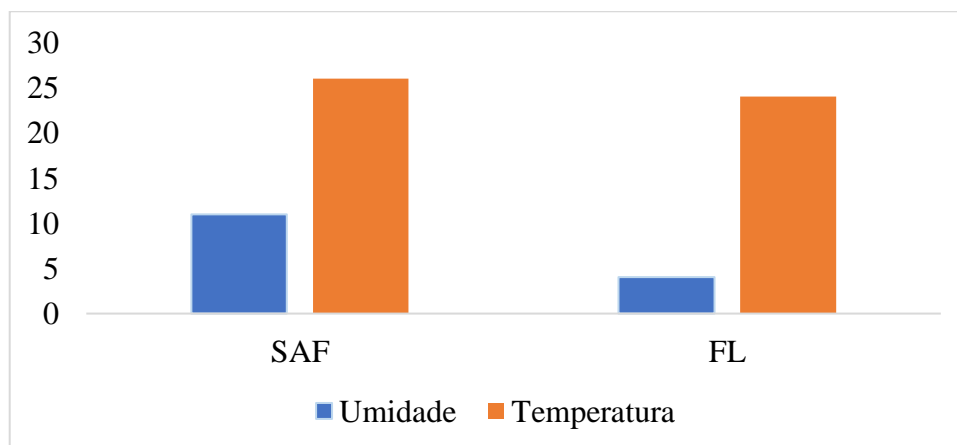


Figura 10. Umidade e temperatura do solo em áreas sob SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta), Seropédica, RJ, período chuvoso.

Já na coleta 2, período seco, a temperatura média variou entre as áreas, sendo 24,6°C na área de SAF e 22,8°C na área da FL, e quanto a umidade, no SAF foi verificado maior valor médio, sendo 3,4 % no SAF e 1,2 % na FL com (Figura 11).

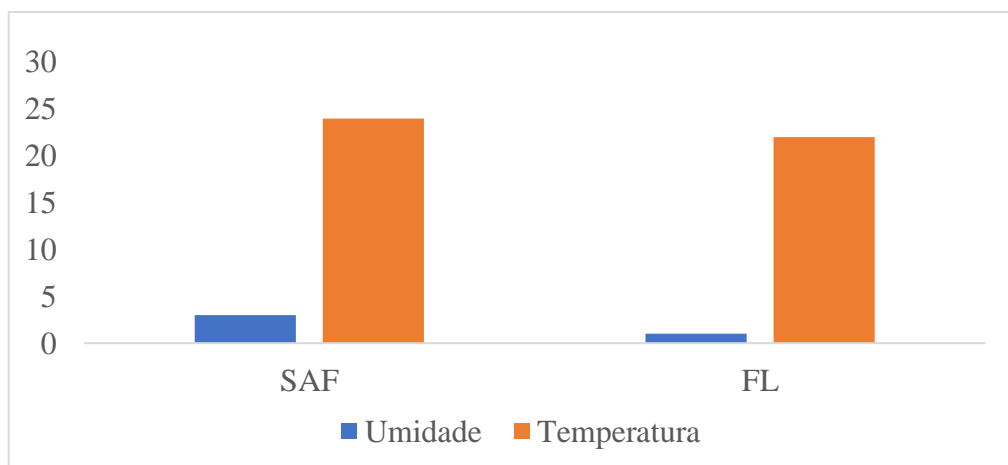


Figura 11. Umidade e temperatura do solo em áreas sob SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta), Seropédica, RJ, período seco.

A temperatura e a umidade influenciam a regulação metabólica nos organismos do solo (POMPEO et al., 2016). Apesar dos baixos valores de umidade observados na área da FL, esse resultado pode ser alterado com o manejo e incremento de matéria orgânica, auxiliando assim na retenção da água (COSTA et al., 2016). O maior valor de umidade no SAF se deve também ao papel desempenhado pela serapilheira sobre o solo em quantidades mais abundantes (SILVA et al., 2020).

A quantidade de água é importante para regular a vida do solo, considerando que a maioria dos processos bioquímicos, enzimáticos, atividade e reprodução são muito dependentes da sua disponibilidade (MORENO et al., 2017). Quando o ambiente proporciona melhores condições de umidade, cria um local mais favorável para o desenvolvimento dos organismos edáficos (SOUZA et al., 2020). Dessa forma quanto maior a umidade do solo, maior também é o número de grupos da fauna edáfica (CALHEIROS et al., 2019). De acordo com Pompeo et al. (2016), a temperatura é o principal fator que influencia na regulação metabólica nos indivíduos edáficos, e juntamente com a umidade, determinam sua distribuição espacial e os períodos de atividade elevada.

Tanto na primeira como na segunda coletas, a umidade do solo foi maior na área do SAF, corroborando com Guimarães et al. (2021) em sua pesquisa sobre fauna do solo em diferentes sistemas de cultivo, onde os autores quantificaram maiores porcentagens de umidade na área de SAF em comparação a outros sistemas de cultivo. Assim como Câmara et al. (2020) que estudou atributos físicos em um sistema agroflorestal em Seropédica, RJ, e observaram melhores condições de temperatura e umidade gravimétrica do solo na área de SAF.

4.3 Atributos Químicos do Solo

Os valores de pH em água assim como os teores Ca^{2+} e Mg^{2+} da coleta 1, no período chuvoso, foram significativamente maiores na área de SAF em comparação à Floresta, sendo os valores de pH (6,08), Ca^{2+} ($2,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Mg^{2+} ($1,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no SAF e pH (5,09), Ca^{2+} ($0,77 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Mg^{2+} ($0,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na FL (Tabela 3).

Para os valores de Al^{3+} e (H+Al), estes não diferiram entre as áreas, ressaltando que os valores de Al^{3+} foram nulos em ambas (Tabela 3). Quanto aos teores de nitrogênio (N), não foram observadas diferenças entre as áreas. Para os valores de potássio (K^+), fósforo (P), bases trocáveis (valor S), CTC (valor T) e de saturação por bases (valor V) verificou-se diferença entre as áreas, sendo que na área de SAF foram observados maiores teores de K^+

(308 mg kg⁻¹), P (147 mg kg⁻¹), valor S (5 cmol_c dm⁻³), valor T (6 cmol_c dm⁻³) e valor V (76%) em relação a FL em que foram registrados teores de K⁺ (86 mg dm⁻³), P (6 mg dm⁻³), valor S (2 cmol_c dm⁻³), valor T (3 cmol_c dm⁻³) e valor V (58%) (Tabela 3).

Tabela 1. Caracterização dos atributos químicos das áreas de SAF e Floresta, Seropédica, RJ, primeira coleta.

Áreas	pH H ₂ O	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	
		----- cmol _c dm ⁻³ -----				
SAF	6,08 a	2,17 a	1,57 a	0,0 ^{ns}	1,41 ^{ns}	
FL	5,09 b	0,77 b	0,53 b	0.0	1,16	
CV (%)	6,53	13,75	27,88	0,0	32,18	
Áreas	N	K ⁺	P	Valor S	Valor T	Valor V
	gkg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----		----- cmol _c dm ⁻³ -----		%
SAF	4 ^{ns}	308 a	147 a	5 a	6 a	76 a
FL	4	86 b	6 b	2 b	3 b	58 b
CV (%)	21,22	11,34	20,14	0,56	20,37	13,44

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste F (P < 0,05). ^{ns} ausência de significância pelo Teste F (P > 0,05). SAF: Sistema agroflorestal; FL: Floresta nativa; Ca: Cálcio trocável; Mg: Magnésio trocável; Al: Alumínio trocável; H+Al: Acidez potencial; K: Potássio trocável; P: Fósforo disponível; Valor S: Soma de bases trocáveis; Valor T: Corresponde a CTC à pH 7,0; Valor V: Saturação por bases.

Na coleta 2, período seco, os valores de pH não apresentaram diferença significativa. Foi observada diferença entre as quanto aos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺, no qual o SAF sobressai com maiores teores, respectivamente 2,13 cmol_c dm⁻³ e 1,49 cmol_c dm⁻³ em comparação a FL Ca²⁺ (1 cmol_c dm⁻³) e Mg²⁺ (0,46 cmol_c dm⁻³) (Tabela 4). Assim como no período chuvoso, os teores de Al foram nulos nas áreas. No que se refere a acidez potencial (H+Al) verificou-se diferença entre as áreas, sendo o maior teor observado no SAF (2,53) e FL (1,72). O teor de nitrogênio, assim como no período chuvoso, não diferiu. Quanto aos demais atributos químicos, verificou-se diferença, sendo que o SAF sobressai com maiores teores de K⁺ (131 mg kg⁻¹), P (49 mg kg⁻¹), valor S (4 cmol_c dm⁻³), valor T (7 cmol_c dm⁻³) e valor V (61%), enquanto na FL foram observados menores teores, respectivamente K⁺ (34 mg kg⁻¹), P (4 mg kg⁻¹), valor S (2 cmol_c dm⁻³), valor T (3 cmol_c dm⁻³) e valor V (47%) (Tabela 4).

Tabela 2. Caracterização dos atributos químicos das áreas de SAF e Floresta, Seropédica, RJ, período chuvoso.

Áreas	-	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
			----- cmol _c dm ⁻³ -----			
SAF	-	5,48 ^{ns}	2,23 a	1,49 a	0,0 ^{ns}	2,53 a
FL	-	5,28	1,00 b	0,46 b	0,0	1,72 b
CV (%)	-	5,12	34,10	32,18	0,0	25,51
Áreas	N	K ⁺	P	Valor S	Valor T	Valor V
	gkg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----		----- cmol _c dm ⁻³ -----		%
SAF	4 ^{ns}	131 a	49 a	4 a	7 a	61 a
FL	5	34 b	4 b	2 b	3 b	47 b
CV (%)	31,95	24,32	24,31	28,87	13,76	18,99

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste F (P < 0,05). ^{ns} ausência de significância pelo Teste F (P > 0,05). SAF: Sistema agroflorestal; FL: Floresta nativa; Ca: Cálcio trocável; Mg: Magnésio trocável; Al: Alumínio trocável; H+Al: Acidez potencial; K: Potássio trocável; P: Fósforo disponível; Valor S: Soma de bases trocáveis; Valor T: Corresponde a CTC à pH 7,0; Valor V: Saturação por bases.

O pH ligeiramente ácido tanto no SAF como na FL, está na faixa ideal para o bom desenvolvimento das culturas vegetais (LIRA et al., 2012), favorecendo a disponibilidade intermediária dos micronutrientes e ausência de Al^{3+} (PREZOTTI e GUARÇONI, 2013). Os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} na área do SAF são considerados de médios, segundo parâmetros para o estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013), indicando que a relação entre a diversidade da cobertura vegetal e a manutenção desses elementos via ciclagem de nutrientes.

A diversificação da cobertura vegetal associada com o manejo contribui com maior deposição de material vegetal, que mineralizado, influencia as reações químicas no solo e ajuda a melhorar a sua fertilidade, proporcionando melhorias na qualidade do solo (SOUZA et al., 2012).

De acordo com Prezotti e Guarçoni (2013), os valores S, T e V, observados são considerados médios a altos, exceto para o valor T na área da FL. Os estudos revelam que os solos de textura arenosa apresentam baixo valor T, mesmo com pequena adição de bases, estando assim suscetíveis a perdas por lixiviação (MENDONÇA et al., 2001; LIMA et al., 2010; CÂMARA et al., 2020). Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2006) estudando alterações químicas e físicas em uma área de sistema agroflorestal, floresta secundária, capoeira e monocultivo na mata atlântica, quando observaram maiores valores de saturação por bases, de soma de bases e de capacidade de troca de cátion na área do SAF em comparação às outras áreas.

Soares et al. (2021) obtiveram resultados semelhantes de K^+ e P no seu estudo sobre características químicas do solo em SAF e floresta primária; onde observaram maiores teores destes nutrientes no SAF em comparação a mata nativa. Possivelmente, os maiores valores dos atributos químicos e valores do complexo sortivo do solo podem estar associados as práticas conservacionistas no SAF (adubação, cobertura do solo, diversificação de espécies, etc.) em conjunto com uma eficiente ciclagem de nutrientes das coberturas vegetais. Os resultados encontrados corroboram com os de Silva et al. (2011) no seu estudo sobre atributos do solo na área de SAF, cultivo convencional e floresta nativa, em que os autores observaram maiores teores de Ca^{2+} , P e K^+ no SAF em relação às demais áreas.

A semelhança nos teores de N entre as áreas pode ser um reflexo da composição vegetal, por possuírem uma quantidade considerável de espécies da família Fabaceae. Esta família possui espécies que são capazes de fazer associação com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, tendo como consequência após a decomposição da serapilheira, o solo mais rico em N (FREITAS et al., 2013). Fabaceae é uma das famílias mais encontradas na Mata Atlântica (PEIXOTO et al., 2005), e de acordo com Tavares et al. (2020) 21% das espécies na floresta atlântica pertencem a ela. As plantas fixadoras de nitrogênio geralmente encontradas no SAF e nas florestas aumentam o desempenho e a fertilidade dos solos agroflorestais, produzindo serapilheira de alta qualidade (ou seja, baixa relação C/N), o que favorece a liberação de N para o solo (DUARTE et al., 2013). O nitrogênio e o carbono participam diretamente de uma ampla variedade de processos fundamentais do solo. O N é o elemento demandado em maior quantidade para garantir a produção das culturas, pois é o nutriente limitante para o crescimento das plantas em muitos ambientes agrícolas (FAO, 2020).

No que se refere às frações da matéria orgânica, a relação C/N, os teores de COT, COP e COAM não foram observadas diferenças entre as áreas estudadas e esse mesmo padrão estatístico foi verificado em ambos os períodos de coletas (Tabela 5). O carbono orgânico do solo é o principal indicador da saúde do solo e constitui a espinha dorsal das moléculas que constroem a matéria orgânica do solo (FAO, 2020). O COP é considerado uma fração mais lábil, sendo assim um indicador de qualidade do solo em que alterações no carbono orgânico não tenham sido em grande escala, por outro lado, o Coam é menos afetado pelas práticas de

manejo por ser a fração estável, especialmente em solos com grandes teores de argila (CONCEIÇÃO et al., 2005; DORTZBACH et al., 2020).

De acordo com Pimentel et al. (2006), o maior teor de carbono orgânico e nitrogênio aumenta a população e a ocorrência de espécies saprófagas e predadoras.

Tabela 3. Caracterização das frações da matéria orgânica do solo das áreas de SAF e Floresta, Seropédica, RJ.

Áreas	CN	COT	COP	COAM
----- g kg ⁻¹ -----				
Período chuvoso				
SAF	5,95 ^{ns}	21,32 ^{ns}	4,55 ^{ns}	16,76 ^{ns}
FL	6,11	22,07	3,59	18,48
CV (%)	18,88	17,36	7,41	19,05
Período seco				
SAF	5,96 ^{ns}	22,23 ^{ns}	1,93 ^{ns}	20,29 ^{ns}
FL	4,35	20,41	1,52	18,89
CV (%)	29,53	13,62	24,16	13,75

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste F ($P < 0,05$). ^{ns} ausência de significância pelo Teste F ($P > 0,05$). SAF: Sistema agroflorestal; FL: Floresta nativa. COT: Carbono orgânico total; COP: Carbono orgânico particulado; e COAM: Carbono orgânico associado aos minerais.

4.4 Fauna Invertebrada do Solo

Na época chuvosa foi observada a maior abundância da fauna no SAF (1838 indivíduos) em relação a FL (1055 indivíduos), utilizando o método *Pitfall*. Quanto à densidade dos organismos coletados pelo método TSBF, na serapilheira, verificou-se maior densidade na área da FL, com 222 indivíduos e menor densidade na área do SAF, com um total de 134 indivíduos. Já no solo, pelo método TSBF, foi observado maior densidade na área do SAF, totalizando 1028 indivíduos, enquanto na área da FL, a densidade foi de 372 indivíduos (Figura 12).

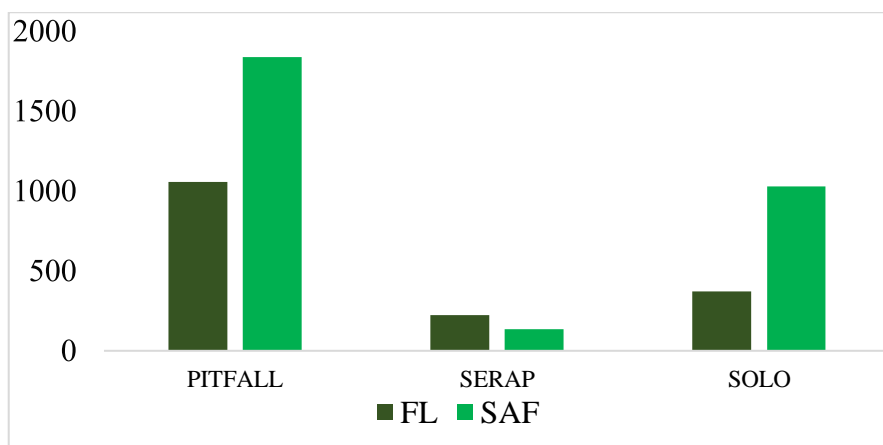


Figura 12. Densidade total de indivíduos da fauna invertebrada do solo, pelo método de Pitfall e TSBF, período chuvoso. SAF: Sistema Agroflorestal. FL: Floresta. SERAP: Serapilheira.

Na segunda coleta, a abundância dos organismos coletados pelo método *Pitfall* (Figura 13) foi maior na área do SAF, sendo observado um total de 3542 indivíduos, enquanto na floresta foram quantificados 933 indivíduos. No método TSBF, na serapilheira verificou-se

maior quantidade de indivíduos na área da FL (93) e menor na área do SAF (32). Já no solo, também por este método, na área do SAF foi observado maior densidade de indivíduos, totalizando 386 indivíduos, enquanto na área da FL, com menor densidade, foram registrados 162 indivíduos (Figura 13).

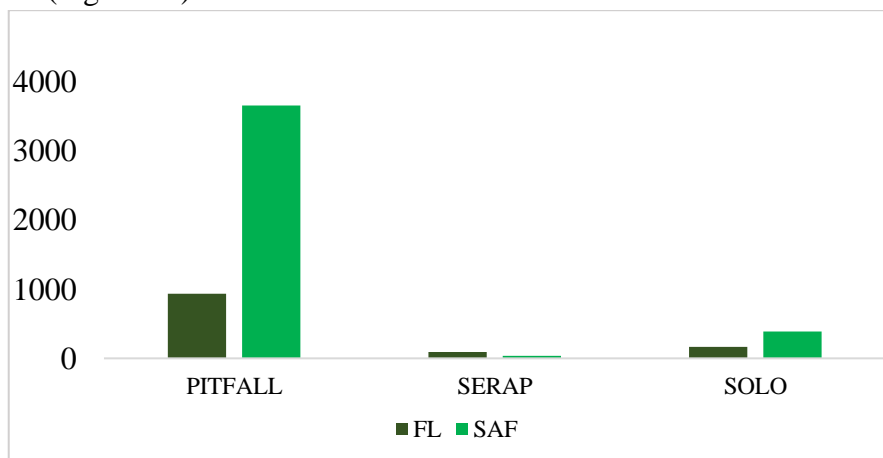


Figura 13. Densidade total de indivíduos da fauna invertebrada do solo, pelo método de Pitfall e TSBF, período seco. SAF: Sistema Agroflorestal. FL: Floresta. SERAP: Serapilheira.

Neste estudo foram utilizados dois métodos de amostragem da fauna do solo, de modo que, fosse possível ter uma visão global dos organismos do solo que atuam nos compartimentos serapilheira e solo. O *Pitfall* favorece a coleta de pequenos e grandes organismos da fauna invertebrada que circulam na superfície terrestre, tanto os que passam sua vida na serapilheira ou que vivem no solo e saem durante uma fase para a superfície, que normalmente não são tão fáceis de capturar, ou seja, fauna epígea (SANTOS et al., 2020). Por outro lado, o TSBF visa amostrar os organismos da macrofauna que habitam dentro do solo como minhocas, formigas, cupins e outros, ou seja, fauna edáfica (SANTOS et al., 2016).

As maiores densidades dos organismos da fauna epígea foram registrados no SAF, o mesmo padrão foi observado por Martins et al. (2019), onde os autores observaram uma maior abundância na área de SAF (125 ± 29 ind. arm.dia⁻¹) em relação às áreas da FL, na qual foi observada uma menor abundância (19 ± 2 e 28 ± 7 ind.arm.dia⁻¹). Assim como a fauna epígea, para a fauna edáfica, coletada pelo método TSBF, também foi observada maior densidade na área do SAF, esse padrão pode estar relacionado a influência positiva que o SAF exerce na fauna epígea e edáfica, fornecendo alimento e abrigo para os organismos do solo, promovendo assim, mudanças positivas na sua abundância e diversidade (BARRIOS et al., 2013; FRAGOSO et al., 2017). Estes resultados corroboram, em partes, com os observados por outros autores (PEREIRA et al., 2017; SILVA et al., 2020; GUIMARÃES et al., 2021) que, avaliaram a fauna edáfica em diferentes sistemas de uso do solo, verificando maiores densidades de organismos em áreas com maior diversidade vegetal, sendo estas áreas de SAF.

Em relação aos períodos de coletas, apesar de não ser o foco deste estudo compará-los, observou-se no período chuvoso, principalmente pelo método TSBF, maior quantidade dos organismos em comparação ao período seco. Portanto, observa-se que as condições microclimáticas determinam o habitat ideal e controlam a taxa de reprodução e crescimento dos indivíduos e sua distribuição vertical ao longo de um perfil (BEZERRA et al. 2022). Para Pompeo et al. (2016), a temperatura é o principal fator que influencia na regulação metabólica nos indivíduos edáficos, e juntamente com a umidade, determinam sua distribuição espacial e os períodos de atividade elevada. Por outro lado, a redução dos indivíduos se dá pela exposição do solo e redução de umidade (ARAÚJO et al., 2018). Quando o ambiente

proporciona melhores condições de umidade, como o solo mais úmido, cria um local favorável para o desenvolvimento dos organismos edáficos (SOUZA et al., 2020). Assim sendo, quanto maior a umidade do solo, maior também é o número de organismos edáficos nele (CALHEIROS et al., 2019). Além disso, vale ressaltar que mudanças na umidade do solo afetam importantes grupos de indivíduos, como os decompositores, resultando em mudanças na composição da comunidade e no papel funcional da comunidade como um todo (COLLISON et al., 2013).

No período chuvoso de fauna considerando os organismos coletados por ambos os métodos, foi observado um total de 25 grupos, contendo os organismos da meso e macrofauna dos quais constam: Acari, Araneae, Blattodea, Chilopoda, Coleoptera, Dermaptera, Diplura, Diptera, Diplopoda, Entomobryomorpha, Enchytraeidae, Formicidae, Hymenoptera, Isopoda, Isoptera, Larva Coleoptera, Larva Diptera, Larva Lepidoptera, Oligochaeta, Opilionida, Orthoptera, Poduromorpha, Symphyla, Sympleleona, Thysanoptera, Thysanura.

A fauna epígea coletada foi classificada em distintos grupos taxonômicos e variações na frequência de cada grupo nas duas áreas estudadas. Entre os grupos predominantes de indivíduos capturados pelo método *Pitfall* no SAF estão Isopoda com 47,9%, seguido de Formicidae (15,3%), Entomobryomorpha (14,5%), Acari (9,5%), Poduromorpha (6,7%) e o grupo Outros, composto por grupos com frequência inferior a 5% (Coleoptera, Araneae, Sympleleona, Thysanoptera, Blattodea e as Larvas de Diptera). Na área da FL, o grupo mais frequente foi Formicidae (20,5%), seguido de Isopoda (19,9%), Entomobryomorpha (19,6%), Poduromorpha (19,3%), Acari (9%), e outros (Coleoptera, Aranea, Sympleleona, Thysanoptera, Blattodea e Larvas de Diptera) (Figura 14).

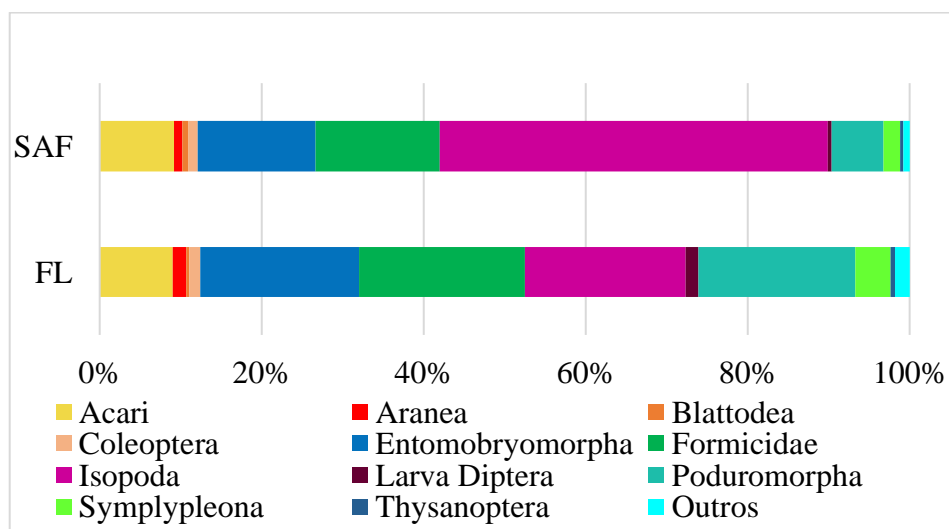


Figura 14. Frequência relativa (%) da fauna epígea, do Pitfall nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Dermaptera, Diplopoda, Diplura, Enchytraeidae, Hymenoptera, Isoptera, Larva Diptera, Larva Lepdoptera, Oligochaeta, Opilionida, Symphyla e Thysanura. Período chuvoso.

No período seco, foi observado um total de 24 grupos, contendo os organismos da meso e macrofauna dos quais constam: Acari, Araneae, Archaeognatha, Blattodea, Chilopoda, Coleoptera, Diplopoda, Diptera, Entomobryomorpha, Formicidae, Gastropoda, Heteroptera, Isopoda, Isoptera, Larva Coleoptera, Larva Diptera, Larva Lepdoptera, Larva Lepidoptera, Lepidoptera, Oligochaeta, Opilionida, Pseudoscorpionida, Symphyla, Thysanoptera.

Os grupos predominantes de indivíduos capturados no período seco pelo método *Pitfall* no SAF foram Isopoda com 40,4%, seguido de Entomobryomorpha (19,3%),

Poduromorpha (17,9%), Formicidae (10,3%), Acari (8,2%) e o grupo Outros, composto por grupos com frequência menor de 5% (Coleoptera, Aranea, Symplypleona, Thysanoptera e Blattodea). Na área da FL, o grupo mais frequente foi Entomobryomorpha (36,4%), seguido de Isopoda (22,5%), Formicidae (12,6%), Acari (11,4%), Poduromorpha (6,9%), e outros (Coleoptera, Aranea, Symplypleona, Thysanoptera, Diptera) (Figura 15).

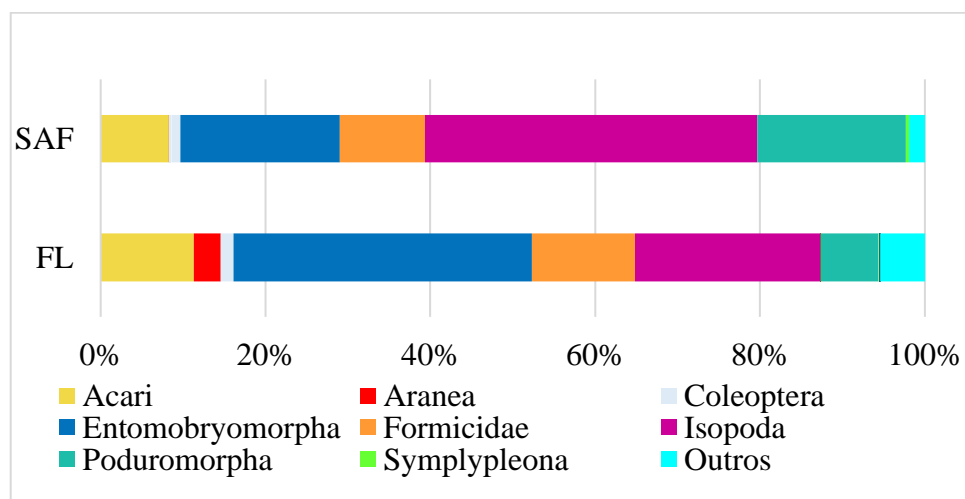


Figura 15. Frequência relativa (%) da fauna epígea, do Pitfall nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Chilopoda, Blattodea, Diptera, Heteroptera, Hymenoptera, Opilionida, Symphyla, Symplypleona, Thysanoptera, Larva Diptera e Larva Lepidoptera. Período seco.

O grupo funcional saprófago é formado por Isopoda, Symphyla, Thysanoptera e Blattodea, dentre estes, o grupo de maior ocorrência foi o Isopoda (Figuras 14 e 15). As maiores ocorrências destes indivíduos foram observadas no SAF, o efeito sobre esse grupo é principalmente mediado pelo rápido crescimento das plantas com aumento da produção de serapilheira e condições favoráveis de temperatura e umidade (BARROS et al., 2003; MARTINS et al., 2019).

No que se refere ao grupo Formicidae, o segundo grupo mais frequente, são organismos que têm importância ecológica na manutenção dos processos ecossistêmicos, por interagirem com vários organismos, influenciando na ciclagem de nutrientes em florestas (ANDRADE, 2010). Na literatura é possível verificar alguns autores que apontam o grupo Formicidae como o que apresenta grande abundância independente de áreas ou épocas de avaliação (BIANCHI et al., 2017; SANTOS et al., 2018). Assis et al. (2018) e Amaral et al. (2019) constataram que a riqueza desse grupo, é maior em ambientes complexos e bem estruturados e com diversidade de nichos ecológicos, principalmente em áreas onde predominam espécies nativas, sendo utilizadas como indicador para monitoria de áreas perturbadas.

Os colêmbolos (Entomobryomorpha, Poduromorpha e Symplypleona), são comumente observados em maiores frequências em sistemas conservacionistas (MATOS et al., 2020; LIMA et al., 2021). Esse grupo de organismos representa a base alimentar de uma grande variedade de outros organismos e por isso sua presença favorece a diversidade de um ecossistema (BARETTA et al., 2011). Em estudo realizado por Mussury et al. (2008) constataram que todas as populações de colêmbolos aumentaram de acordo com o maior teor de matéria orgânica do solo nas áreas por eles estudadas. Os colêmbolos atuam como reguladores da comunidade microbiana, por se alimentarem de fungos e bactérias, são organismos detritívoros, que exercem atividades herbívora e predadora (BELLINI e

ZEPPELINI, 2009; Berude et al., 2015). Além disso, têm relação com a fragmentação da serapilheira, atuando especialmente nos processos de decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (UHLIG, 2005).

Os resultados acima apresentados e discutidos, corroboram ao estudo de Machado et al. (2021), que observaram maior ocorrência dos grupos Formicidae e Isopoda utilizando o método *Pitfall* em seu estudo sobre caracterização da composição e estrutura da fauna epígea no norte de Espírito Santo. E ainda a Guimarães et al. (2021) ao estudar a fauna do solo associada a diferentes sistemas de cultivo, onde observaram maior frequência dos grupos Formicidae e Colêmbolos.

No período chuvoso os invertebrados da serapilheira pelo método TSBF, foi observado no SAF, a maior frequência dos seguintes grupos: Formicidae (35,9%), Isopoda (29,7%) e Enchytraeidae (7,8%), enquanto na área da Floresta verificou-se maior incidência nos grupos Isopoda (50,4%) e Formicidae (36%) (Figura 16).

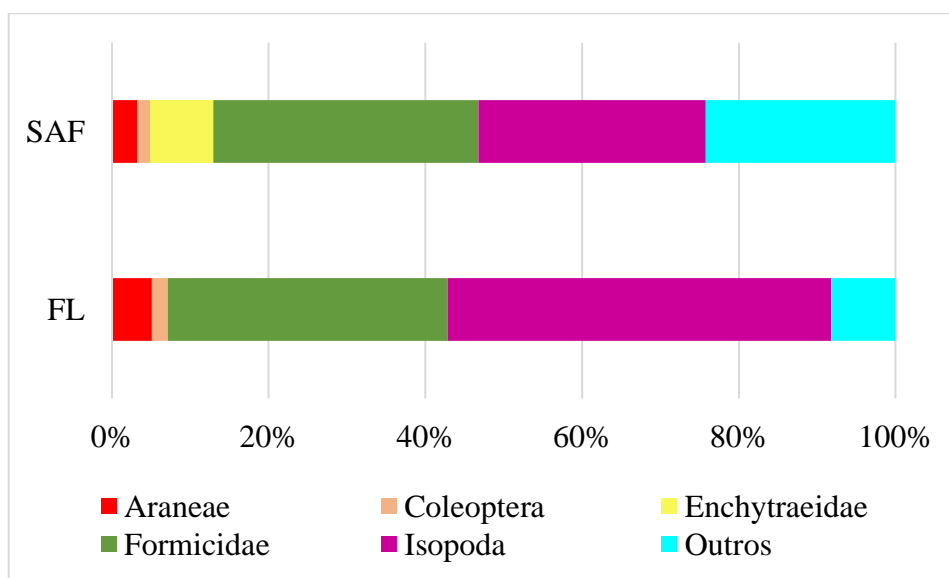


Figura 16. Frequência relativa (%) dos grupos da fauna epígea da serapilheira, coletada pelo método TSBF nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Diplura, Larva de Coleoptera, Larva de Diptera, Symphyla e Blattodea. Período chuvoso.

No período seco, foi observada na serapilheira do SAF, a maior frequência dos grupos Formicidae (46,9%), Pseudoscorpionida (6,8%) e Araneae (6,2%) enquanto na área da Floresta verificou-se maior incidência nos grupos Formicidae (23,6%), Isopoda (21,4%) e Araneae (7,5%) (Figura 17).

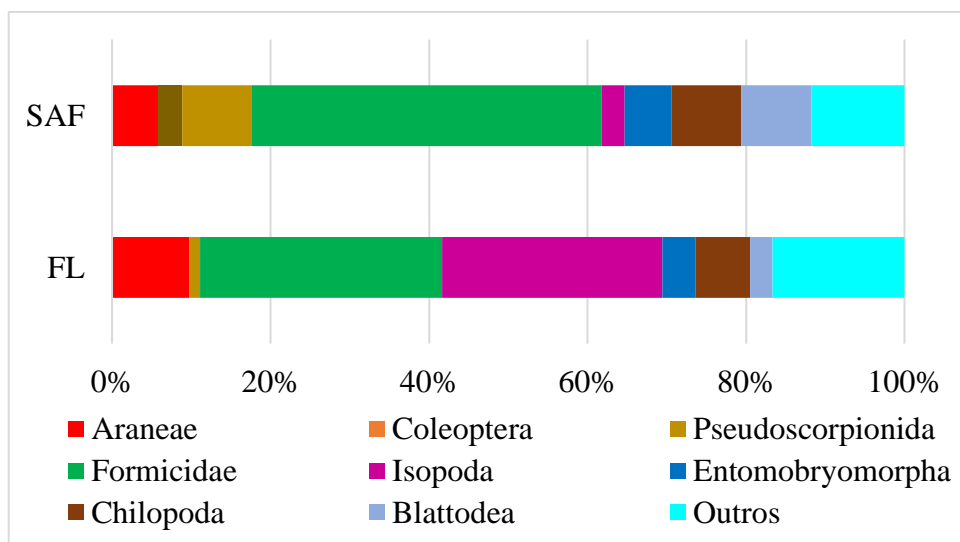


Figura 17. Frequência relativa (%) dos grupos da fauna epigea da serapilheira, coletada pelo método TSBF nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Dermaptera, Heteroptera, Isoptera, Larva Diptera e Simphyla. Período seco.

Os indivíduos do grupo Formicidae foram observados em todos os sistemas estudados, tal fato pode ser explicado pela composição de espécies vegetais do sistema. Pereira et al. (2007), constataram que a densidade de formigas, é maior em com diversidade de nichos ecológicos, principalmente em áreas onde predominam espécies nativas, sendo utilizadas como bioindicador para monitorar áreas perturbadas. Cabreira et al. (2019) também constataram grande quantidade do grupo Formicidae quando avaliaram fauna epigea na serapilheira em diferentes áreas do Jardim Botânico em Seropédica, RJ.

Vale destacar a ocorrência do grupo Isopoda, que foi observado em ambas as áreas, fato que pode ser considerado positivo, visto que a presença desses organismos no sistema indica a qualidade do ambiente, onde o manejo desses organismos pode otimizar os processos de decomposição em sistemas de cultivo que utiliza cobertura vegetal (CASEIRO et al., 2000). Estes organismos estão associados diretamente às características da matéria orgânica, além das condições climáticas do ambiente, e são sensíveis à incorporação da matéria orgânica ao solo (CORREIA et al., 2008). Resultado semelhante foi observado por Ferreira (2020), quando estudaram a fauna epigea em áreas sob sistema de plantio direto no município de Seropédica, RJ. A macrofauna saprófaga, como Isopoda e outros grupos, fragmentam a serapilheira e contribuindo assim para a decomposição, movimento da matéria orgânica ao longo do perfil do solo e a dinâmica do carbono no solo e sua taxa de decomposição (FAO, 2020). Neste sentido, a contribuição desse grupo no solo, está relacionada ao serviço ambiental de ciclagem de nutrientes (BROWN et al., 2015).

Dos grupos mais frequentes da macrofauna coletados na período chuvoso pelo método TSBF no solo, na área de SAF está Formicidae (34%), Oligochaeta (28,4%), Isopoda (17,3%) e Blattodea (9,7%), enquanto na FL Oligochaeta (27,4%), Diplopoda (23,1%), Blattodea (20,4%) e Isopoda (10,7%), na categoria “Outros” estão os grupos com frequência em menos de 5% (Figura 18).

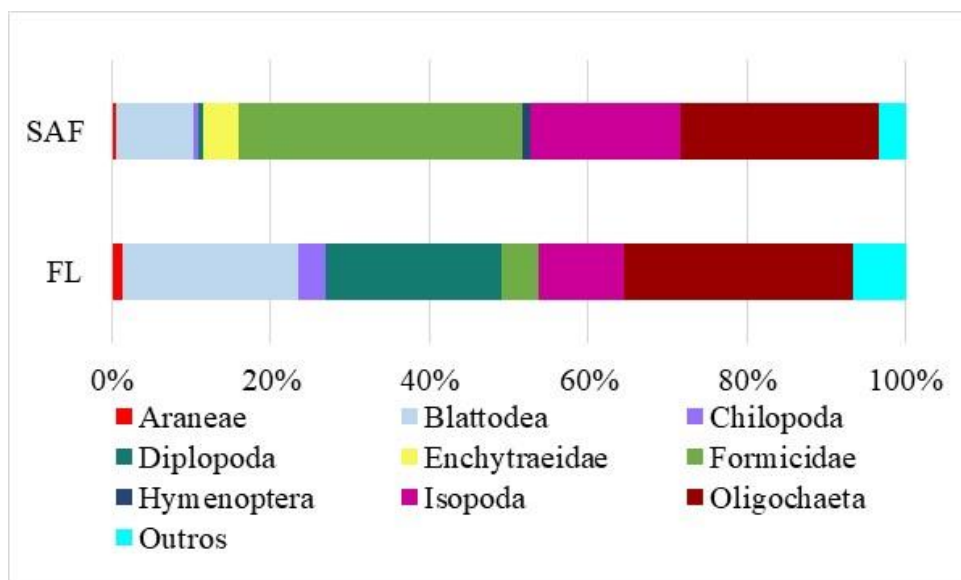


Figura 18. Frequência relativa (%) dos grupos da macrofauna invertebrada do solo nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Dermaptera, Diplura, Enchytraeidae, Hymenoptera, Isoptera, Larva Diptera, Larva Lepidoptera, Opilionida, Symphyla, Thysanoptera e Thysanura. Período chuvoso.

Já no período seco, os grupos mais frequentes da macrofauna coletados pelo método TSBF no solo do SAF, destacam-se os seguintes Oligochaeta (38%), Formicidae (31,1%) e Isopoda (5,1%), enquanto na FL Oligochaeta (23,9%), Diplopoda (19,6%), Formicidae (15,9%) e Blattodea (7,3%), na categoria “Outros” estão os grupos com frequência em menos de 5% (Figura 19).

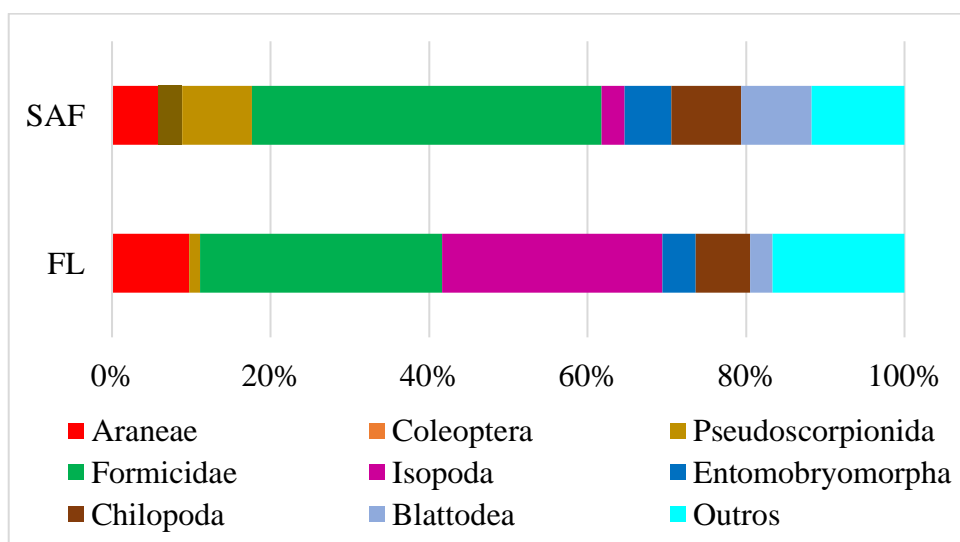


Figura 19. Frequência relativa (%) dos grupos da fauna edáfica do solo nas áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e FL (Floresta). Outros: Coleoptera, Diptera, Gastropoda, Heteroptera, Larva Diptera, Larva Lepidoptera. Período seco.

A alta frequência da ordem Oligochaeta nesta no período seco, pode ser atribuída aos maiores valores de precipitação pluviométrica, incomum no período, contribuindo para o aumento do conteúdo de água no solo (umidade). O grupo Oligochaeta foi o segundo entre os mais frequentes nas duas áreas estudadas, se destacando, pela predisposição de serem mais

exigentes em relação à temperatura, teores de matéria orgânica, umidade e sombreamento, em comparação ao grupo Formicidae (DIAS et al., 2007). Os Oligochaetas estão envolvidos na decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes e têm potencial de influenciar substancialmente alguns processos dos ecossistemas, colaborando para o favorecimento do habitat e enriquecimento da diversidade edáfica (ANDRÉA, 2010). De acordo com os resultados deste estudo, a ordem Oligochaeta foi mais abundante no solo no período chuvoso em ambas as áreas, o mesmo é observado por Nunes et al. (2012), que verificaram grande presença da Oligochaeta no período chuvoso.

Entre os grupos da macrofauna, os Oligochaetas têm sido amplamente utilizados como bioindicadores de maior ou menor grau de sensibilidade e têm demonstrado as condições de qualidade do solo perante o alto grau de intervenções antrópicas nos mais distintos ambientes (SANTOS et al., 2015). A alta frequência de minhocas tem sido observada em áreas de sistemas de integração lavoura pecuária (ILP) e plantio direto (PD), e possivelmente esses altos valores se devem as práticas conservacionistas que estes sistemas são submetidos, que melhoram o microclima, evitam as altas temperaturas expostas de forma direta e preservam a umidade (GATIBONI et al., 2009; BROWN et al., 2015).

A alta presença dos grupos Formicidae e Oligochaeta na área indica que o solo desta área pode estar sendo submetido a alterações estruturais (COELHO et al., 2021). A alta frequência destes dois grupos no SAF, nas duas épocas, pode ter sido favorecida pelo manejo do sistema, o que ajudou a manter uma condição edafoclimática mais propícia para a presença destes organismos.

O grupo Formicidae foi observado com alta frequência nos dois ambientes e nos dois períodos, corroborando ao estudo de Araujo et al. (2018) sobre o emprego da macrofauna como bioindicadora de qualidade do solo em áreas de agricultura convencional e sistema agroflorestal. Os autores observaram alta frequência deste grupo em todos os ambientes estudados. De acordo com Korasaki et al. (2013), o grupo Formicidae é um dos maiores da pedofauna das regiões tropicais, representando metade de sua abundância total, sendo considerados “engenheiros do solo”, tendo grande diversidade de hábitos alimentares e desempenhando diferentes funções no ecossistema. Baretta et al. (2010) afirmam que este grupo pode distribuir matéria orgânica e mineral em diversas camadas do solo, além das galerias que promovem aeração e infiltração da água.

O grupo possui papel importante no sistema, devido à interação com outros organismos do solo, tanto como herbívoros e predadores, quanto como mutualistas, além de que, ao desenvolver sua atividade, podem beneficiar o processo reprodutivo das plantas e influenciar a ciclagem de nutrientes, o revolvimento e a infiltração de água (LEAL, 2003; KORASAKI et al., 2013).

A macrofauna do solo é vista como um importante indicador para monitorar a qualidade do solo, por apresentar sensibilidade às mudanças físicas, químicas e biológicas do ambiente, resultantes de diferentes formas de uso e manejo do solo (BARRETA et al., 2011; LIMA et al., 2010; LIMA et al., 2021). Ocupam variados níveis tróficos na cadeia alimentar do solo, desempenhando papel fundamental no funcionamento do ecossistema e contribuem direta e indiretamente para a produção primária (SILVA et al., 2006).

No período chuvoso, os maiores valores de abundância no *Pitfall* representado em ind.arm.dia⁻¹ foram observados na área de SAF, a qual apresenta quase o dobro da área de FL. A riqueza total dos grupos foi superior na FL com um total de 22 grupos em comparação ao SAF com 18 grupos. Os valores dos índices de Shannon foram melhores na FL (2,37) em comparação ao SAF (2,13). Os valores do índice Pielou foram baixos 0,57 no SAF e 0,48 na FL (Tabela 6).

Tabela 4. Abundância (Ind.arm.dia⁻¹), riquezas, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da fauna epígea, coletada pelo método Pitfall.

Áreas	Ind. arm. dia	Erro Padrão	Riq. Média	Riq. Total	Shannon	Pielou
Período chuvoso						
FL	24,5	6,82	9,63	22	2,13	0,48
SAF	45,1	11,99	8,25	18	2,37	0,57
Período seco						
FL	19,25	7,53	7,37	15	1,29	0,33
SAF	78,6	27,86	9,38	21	2,52	0,57

No período seco, a área do SAF se destaca com maiores valores de abundância num total de 78,6 indivíduos por armadilha por dia e a FL com 19,25. Quanto aos valores de riqueza total no SAF foram verificados maiores valores, com 21 grupos e FL com 15. Os valores do índice de Shannon foram melhores no SAF (2,52) em comparação a FL (1,29). Quanto ao índice de Pielou, este seguiu o mesmo padrão com maior valor no SAF (0,57) em relação a FL (0,33) (Tabela 6).

Apesar de ter sido observado um maior número de espécies na primeira coleta na FL, elas foram pouco abundantes, de maneira que mais da metade das espécies ocorreu com menos de cinco indivíduos, o que justifica o menor valor do índice shannon na FL em comparação ao SAF. Os valores de equabilidade de Pielou foram sempre maiores na área de SAF em comparação a FL, indicando que a distribuição do número de indivíduos entre os grupos foi mais equitativa no sistema agroflorestral (MARTINS et al., 2019). De acordo com Pasqualin et al. (2012), o índice de Pielou pode variar entre 0 e 1, pois os valores refletem o predomínio de grupos e uniformidade ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies. Considerando que o índice de equabilidade de Pielou representa distribuição das espécies na área, foi observado que na FL a distribuição das espécies foi mais desproporcional entre elas. Adicionalmente, vale ressaltar que os valores de equabilidade em ambas as áreas podem ser considerados baixos, isso está relacionado a maior quantidade de indivíduos de alguns grupos em detrimento a outros.

Ao observar os dados coletados pelo método TSBF na serapilheira, na primeira coleta, verifica-se um total de 222 indivíduos por metro quadrado na FL sendo uma quantidade superior ao verificado na área de SAF (134 ind. m²) (Tabela 7).

Tabela 5. Abundância (Ind.m⁻²), riquezas, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da fauna edáfica da serapilheira coletada pelo método TSBF.

Período chuvas						
	Ind.m ⁻²	Erro Padrão	Riq. Média	Riq. Total	Shannon	Pielou
FL	222	50,08	3,50	10	0,86	0,26
SAF	134	32,44	3,63	13	0,74	0,20
Período seco						
FL	93	47,60	5,00	14	1,29	0,30
SAF	32	19,12	2,87	13	0,53	0,14

O maior valor de riqueza total foi observado na área do SAF, com 13 grupos enquanto na FL verificou-se 10 grupos. Os valores dos índices de Shannon destacam a área FL (0,86), porém com valor próximo ao verificado no SAF (0,74). O índice de Pielou, seguiu o mesmo padrão verificado no índice de Shannon, no que concerne a ordem das áreas, bem como pelo fato de serem valores próximos e baixos, sendo FL (0,26) e SAF (0,20) (Tabela 7).

A amostragem da fauna na serapilheira na segunda coleta, revela que a área FL, se destacou pelo número de indivíduos por metro quadrado (93 ind. m²) enquanto no SAF foram observados 32 ind.m². No que se refere a Riqueza total, observou-se que os valores nas áreas estudadas foram próximos, sendo a FL com 14 grupos, enquanto no SAF quantificou-se 13 grupos (Tabela 7). Neste período de coleta a área da FL também apresentou melhores valores dos índices ecológicos em comparação a área de SAF. Sendo o valor ou índice de Shannon na área FL (1,29) enquanto a diversidade no SAF foi observada um baixo valor de diversidade (0,53). Quanto ao índice de Pielou os valores de equitabilidade foram baixos, sendo que a área da FL o valor foi o mais que o dobro (0,30) do verificado na área de SAF (0,14) (Tabela 7).

Ao observar os dados coletados pelo método TSBF no solo, no período chuvoso, verificou-se um total de 1028 ind.m² no SAF sendo maior do que na área da FL, com 372 ind.m² (Tabela 8). Na área de SAF também foram observada maior riqueza total (15 grupos) em comparação a área de FL (13 grupos). No que se refere aos índices ecológicos, o maior valor de Shannon foi observado no SAF (2,43) em comparação a área FL (1,51). Os valores do índice de Pielou foram correspondentes ao observado na diversidade, com o maior valor verificado no SAF (0,62) em relação a área FL (0,41) (Tabela 8).

Tabela 6. Abundância (Ind.m⁻²), riquezas, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da fauna edáfica coletada pelo método TSBF.

	ind.m ⁻²	Erro Padrão	Riq. Média	Riq. Total	Shannon	Pielou
Período chuvoso						
FL	372	73,84	5,88	13	1,51	0,41

Continua...

Continuação da **Tabela 8.**

	ind.m ²	Erro Padrão	Riq. Média	Riq. Total	Shannon	Pielou
Período chuvoso						
SAF	1028	274,49	6,75	15	2,43	0,62
Segunda coleta						
FL	162	82,56	6,00	15	1,75	0,45
SAF	386	173,75	6,25	16	2,35	0,59

No período seco, a densidade de ind.m² quadrado foi maior no SAF (386 ind.m²) enquanto na área FL a densidade de indivíduos foi menos da metade (162 ind.m²) do valor observado no SAF. Na área de SAF observou-se a maior riqueza total (16 grupos) em relação a área de FL (13 grupos). A área de SAF ainda se destacou com os maiores valores dos índices ecológicos, sendo 2,35 o valor da diversidade representada por Shannon e a equitabilidade medida por Pielou no valor de 0,59, enquanto na área FL os valores de Shannon e Pielou foram respectivamente 1,75 e 0,45 (Tabela 8).

No estudo do uso de sistemas agroflorestais diversificados na restauração florestal na Mata Atlântica Martins et al. (2019), observaram valores semelhantes quando compararam áreas de SAF com áreas de mata nativa, registrando maior abundância no SAF em comparação as áreas de floresta. Contudo, nos sistemas avaliados por Matos et al. (2020) no mesmo bioma, foram observados resultados diferentes do presente estudo, no qual nas áreas de SAF observaram-se índices de Shannon altos e semelhantes aos da floresta nativa que está relacionado ao tempo de adoção do sistema, que mostra a semelhança das áreas em relação a diversidade.

Os valores para o índice de Shannon estão relacionados a diversidade de grupos presente, onde uma redução dos valores é consequência da dominância de alguns grupos em relação a outros (SOUTO et al., 2008). Felfili e Rezende (2003) sugerem que os valores de Shannon variem entre 1,3 a 3,5, chegando até 4,5 em ambientes florestais tropicais. O valor observado para a área FL, no presente estudo, são semelhantes aos estudos realizados no mesmo município, como observa Ferreira (2020) com valores de Shannon na Floresta em torno de 2,4 e Lima et al. (2021) com valores de Shannon de 2,83. Tais valores mostram que existe grande variação para Shannon, dependendo assim do estado de conservação e estágio sucessional no qual a área florestal se encontra. (TAVARES et al., 2018). A complexidade estrutural do ambiente impacta na diversidade de recursos nutricionais disponíveis aos organismos, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento e estabelecimento de uma comunidade edáfica mais diversificada (ARAÚJO et al., 2018).

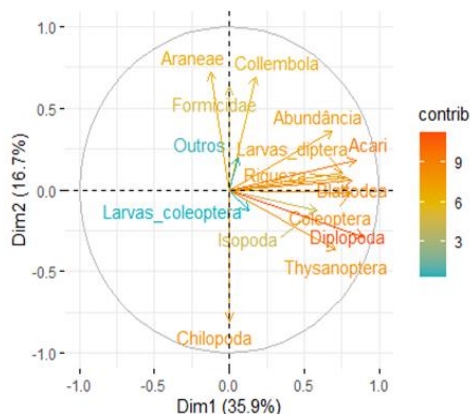
4.5 Distribuição da fauna e interação com os atributos físicos e químicos do solo

Quanto aos resultados, do teste PCA, referentes a avaliação da fauna do solo pelo método *Pitfall* para o período chuvoso foi verificada que a diferença da comunidade da fauna epígea entre as diferentes formas de manejo ou cobertura vegetal não foi significativa (p-valor: 0,269; 7,78 % da variância explicada) (Figura 20 a, b). Por outro lado, no período seco a diferença para a comunidade da fauna epígea entre os usos do das terras foi altamente significativa (p-valor: 0,001; 29,2 % da variância explicada). Os dois primeiros componentes do PCA para a fauna epígea explicaram 53% da variância total. No eixo 1 observou-se a separação da área do SAF da área da FL, principalmente pelas variáveis Isopoda, Chilopoda, Collembola, Formicidae, Symphypleona, densidade e riqueza. Observou-se ainda a predominância do grupo Araneae associado a área da FL. No que se refere ao eixo 2,

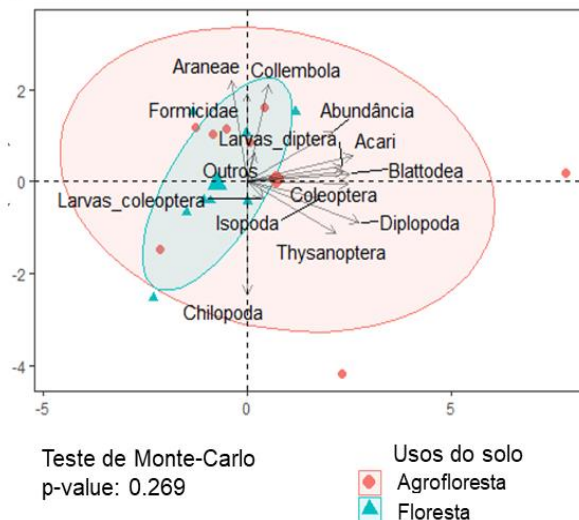
verificou-se a associação dos grupos Larvas Diptera, Diplopoda, Coleoptera e Riqueza (Figura 20 c, d).

Fauna do solo (Pitfalls) - Coleta 1

(a) Variáveis do solo - ACP

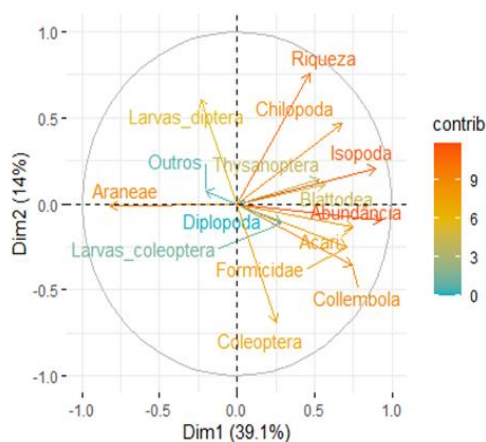


(b) Usos do solo - ACP



Fauna do solo (Pitfalls) - Coleta 2

(c) Variáveis do solo - ACP



(d) Usos do solo - ACP

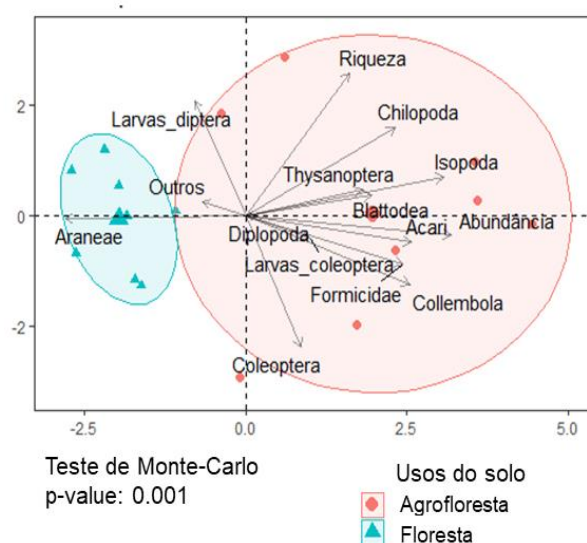


Figura 20. Variáveis de fauna epígea, do método Pitfall num plano dimensional (Dim 1/Dim 2), com o uso do solo da primeira coleta (a e b) da segunda coleta (c e d). As cores dos vetores das figuras (a) e (c) representam notas na contribuição das variáveis.

Os resultados da análise de componentes principais (PCA) da macrofauna da serapilheira no período chuvoso mostraram que, os dois primeiros componentes do PCA para a macrofauna do solo explicaram 60,5% da variância total extraída. O eixo 1 mostrou a separação entre os usos das terras de acordo com a abundância de Larvas de Diptera, Isopoda, Araneae, Entomobryomorpha, Larvas de Coleoptera, riqueza e densidade (Figura 21a, b). Por outro lado, o eixo 2 mostrou a separação da área do SAF da área da FL pela maior abundância de indivíduos pertencentes aos grupos Blattodea, Chilopoda, Diplopoda, Coleoptera,

Formicidae e “outros” (Figura 21a, b). A diferença da comunidade da macrofauna da serapilheira entre os usos do solo foi significativa (p-valor: 0,06; 10,9 % da variância explicada).

Os dois primeiros componentes da PCA para a macrofauna da serapilheira no período seco, explicaram 42,5% da variância total. No eixo 1 verificou-se a separação da área FL da área do SAF de acordo com sua densidade, abundância de grupos Isopoda, Araneae, Larvas de Coleoptera, Coleoptera, assim como a riqueza (Figura 21c, d). O eixo 2 mostrou a associação com os grupos Blattodea, Formicidae, Diplopoda, Chilopoda, Larvas de Diptera, Entomobryomorpha e Thysanopatera. Com destaque aos grupos Chilopoda, Larva de Diptera, Larva de Coleoptera, Coleoptera e Entomobryomorpha na área do SAF (Figura 21c, d). A diferença da comunidade da macrofauna do solo entre os usos das terras foi altamente significativa (p-valor: 0,001; 29,2% da variância explicada).

Quanto aos resultados referentes a avaliação da macrofauna do solo pelo método TSBF no período chuvoso verificou-se que, os dois primeiros componentes do PCA explicaram 48,6% da variância total. Verificou-se no eixo 1 a separação entre a área de SAF e a área da FL, principalmente pelas variáveis de densidade, riqueza, abundância dos grupos: Larvas de Diptera, Isopoda, Formicidae e Oligochaeta (Figura 22a, b). A área da FL esteve associada predominantemente ao grupo Diplopoda, Araneae e Chilopoda. No eixo 2 observou-se a associação dos grupos Blattodea, Araneae, Larvas de Coleoptera e Thysanoptera (Figura 22a, b). A diferença da comunidade da macrofauna do solo entre os usos do solo foi significativa (p-valor: 0,002; 20,7 % da variância explicada).

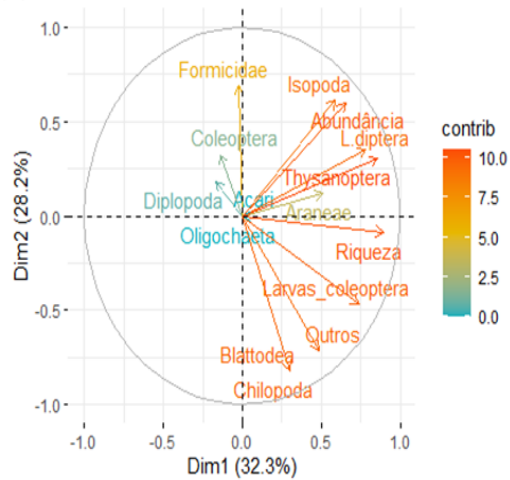
No período seco verificou-se um padrão distinto na associação dos grupos da fauna aos usos das terras mudou comparado ao da primeira coleta, na qual foi observada maior quantidade de grupos associados a área da FL. O eixo 1 separou a área do SAF da área da FL, especialmente, pelas variáveis densidade, e abundância dos grupos Oligochaeta, Blattodea e Formicidae (Figura 22c, d). O eixo 2 está associado a área da FL, principalmente, pelas variáveis Araneae, Diplopoda e larvas de díptera (Figura 22c, d). A diferença da comunidade da macrofauna do solo entre os usos das terras foi significativa (p-valor: 0,002; 18 % da variância explicada).

Quanto ao uso das terras, no período chuvoso, estes estiveram claramente separados de acordo com as propriedades do solo, onde os dois primeiros componentes da PCA explicaram 56,7% da variância total. O Eixo 1 separou a área do SAF da área da FL, principalmente pelas variáveis capacidade de troca catiônica (CEC), umidade, temperatura, teor de argila, pH, P e K. A área da FL esteve associada principalmente a variável areia (Figura 23a, b). Por outro lado, no eixo 2 observou-se associação entre as variáveis COam, COT, relação C/N, N, H+Al e silte. A diferença das propriedades do solo entre os diferentes tipos de uso foi significativa (p-valor: 0,001; 31,9 % da variância explicada) (Figura 23a, b).

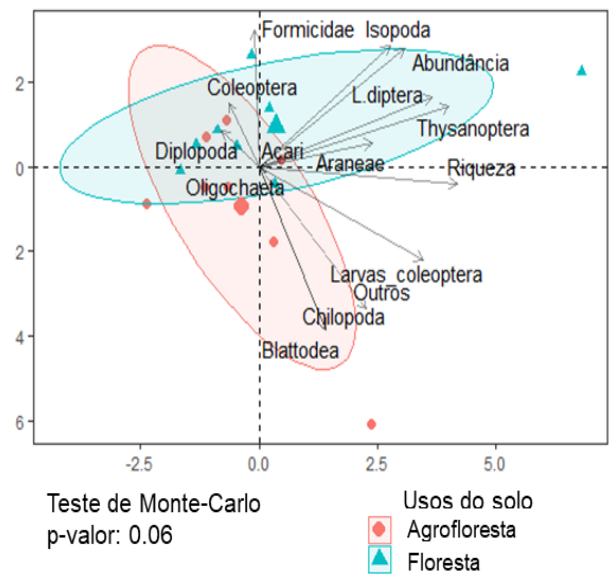
No período seco, observou-se a separação entre a área do SAF e a área da FL, na qual na área de SAF verificou-se uma maior associação com as propriedades do solo, sendo que os dois primeiros componentes do PCA explicaram 61,8 % da variância total. O Eixo 1 separou a área do SAF da área da FL, principalmente pelas variáveis capacidade de troca catiônica (CEC), umidade, temperatura, K, pH e relação C/N. A Floresta esteve associada principalmente a variável areia (sand) (Figura 23b, c). O Eixo 2 esteve associado às variáveis COam, COT, COP e N. A diferença das propriedades do solo entre os usos do solo foi significativa (p-valor: 0,002; 36,8 % da variância explicada) (Figura 23b, c).

Fauna da Serrapilheira - Coleta 1

(a) Variáveis do solo - ACP

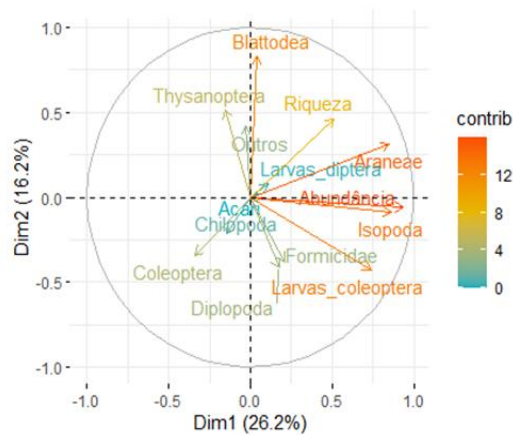


(b) Usos do solo - ACP



Fauna da Serrapilheira - Coleta 2

(c) Variáveis do solo - ACP



(d) Usos do solo - ACP

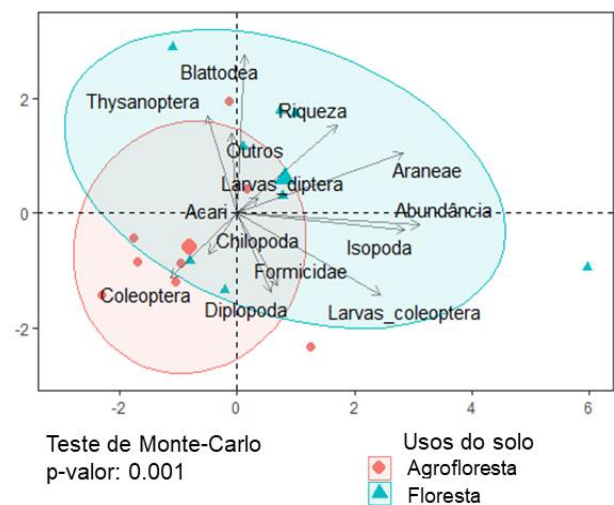
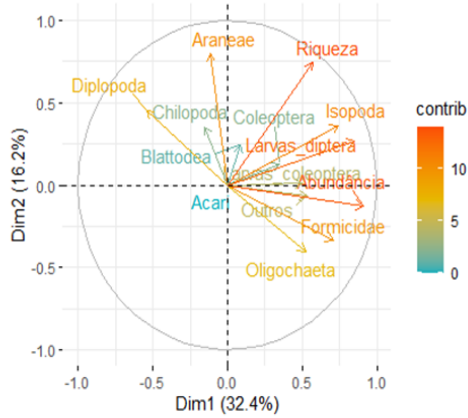


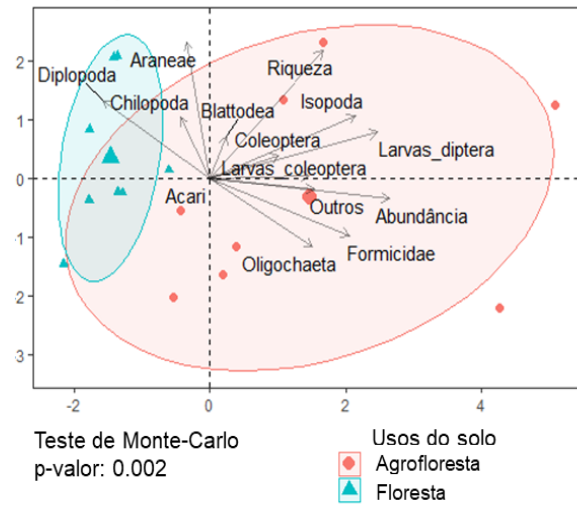
Figura 21. Variáveis de macrofauna, Serrapilheira, num plano dimensional (Dim 1/Dim 2), com o uso do solo da primeira coleta (a e b) da segunda coleta (c e d). As cores dos vetores das figuras (a) e (c) representam notas na contribuição das variáveis.

Macrofauna do solo (TSBF) - Coleta 1

(a) Variáveis do solo - ACP

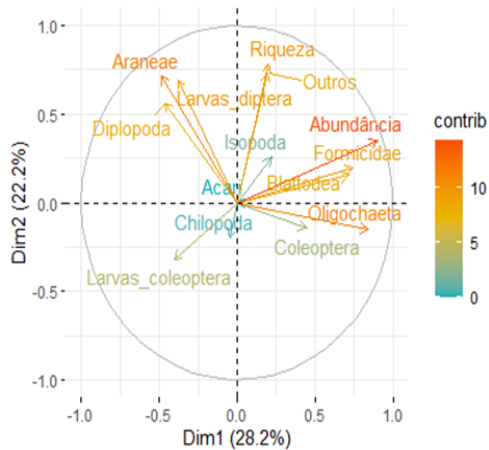


(b) Usos do solo - ACP



Macrofauna do solo (TSBF) - Coleta 2

(c) Variáveis do solo - ACP



(d) Usos do solo - ACP

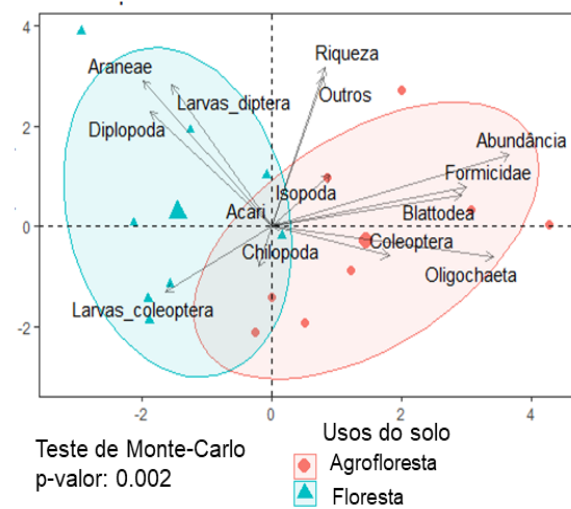
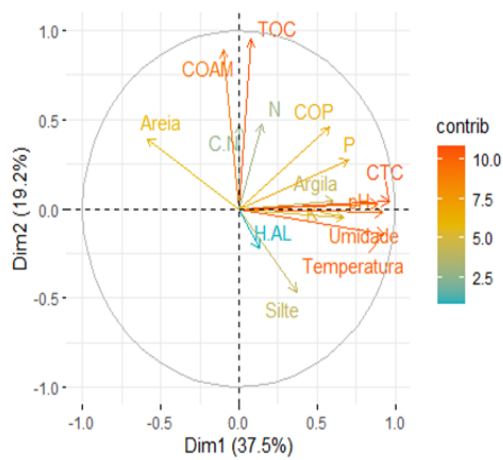


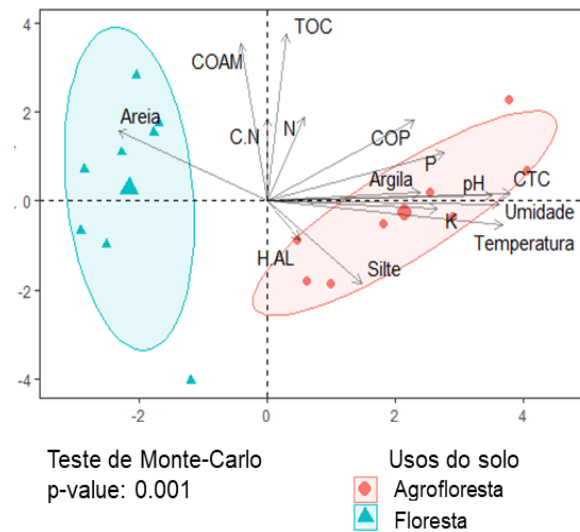
Figura 22. Variáveis de macrofauna, solo, num plano dimensional (Dim 1/Dim 2), com o uso do solo da primeira coleta (a e b) da segunda coleta (c e d). As cores dos vetores das figuras (a) e (c) representam notas na contribuição das variáveis.

Propriedades do solo - Coleta 1

(a) Variáveis do solo - ACP

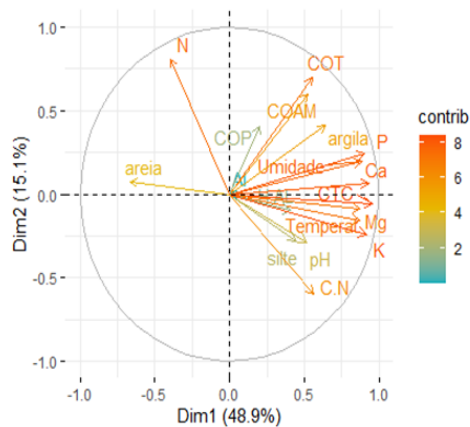


(b) Usos do solo - ACP



Propriedades do solo - Coleta 2

(c) Variáveis do solo - ACP



(d) Usos do solo - ACP

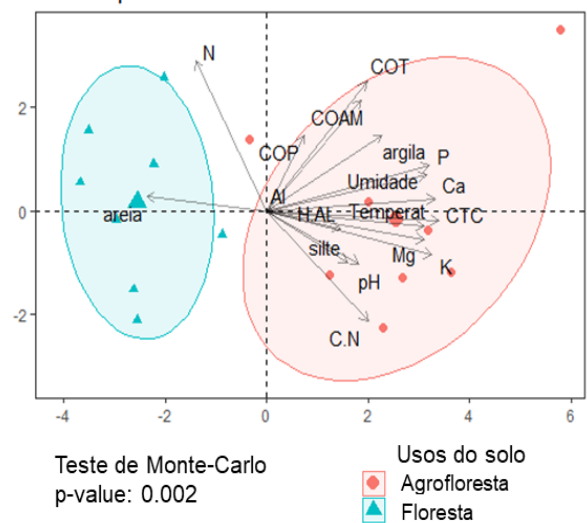


Figura 23. Variáveis das propriedades do solo num plano dimensional (Dim 1/Dim 2), primeira coleta (a e b) e da segunda coleta (c e d). As cores dos vetores das Figuras (a) e (c) representam notas na contribuição das variáveis.

A análise de coinéncia entre as variáveis da macrofauna coletada pelo método de TSBF e das propriedades químicas, físicas do solo no período chuvoso mostrou covariância significativa (Figura 24a, b). De modo geral, verificou-se uma maior afinidade da maioria dos grupos taxonômicos por solos com maior fertilidade natural (disponibilidade de nutrientes). Observou-se associação positiva entre variáveis densidade da fauna com a argila, bem como o grupo Entomobryomorpha e Formicidae com silte e H+Al. Os indivíduos do grupo Oligochaeta, Larva de Coleoptera e Isopoda estiveram positivamente associados com a umidade e temperatura do solo. Os grupos Chilopoda, Thysanoptera e Araneae foram associados positivamente com as áreas de textura mais arenosa (Figura 24a, b).

No período seco, a covariância da fauna e as propriedades do solo também foi significativa (Figura 24c, d). Os grupos Oligochaeta, Isopoda e densidade dos indivíduos estiveram positivamente associados com a umidade, temperatura, capacidade de troca catiônica (CEC) e pH do solo. Observou-se que o grupo Formicidae esteve associado positivamente com K e H+Al. Adicionalmente, o grupo Coleoptera esteve mais relacionado com o carbono do solo e suas frações, enquanto o grupo Blattodea mais correlacionado com os teores de argila. Foi ainda verificada maior associação dos grupos de “Outros” e Diplopoda com os teores de N e areia e os grupos Araneae, Chilopoda e Larva de Diptera foram negativamente associados com variáveis relacionadas ao carbono do solo (Figura 24c, d).

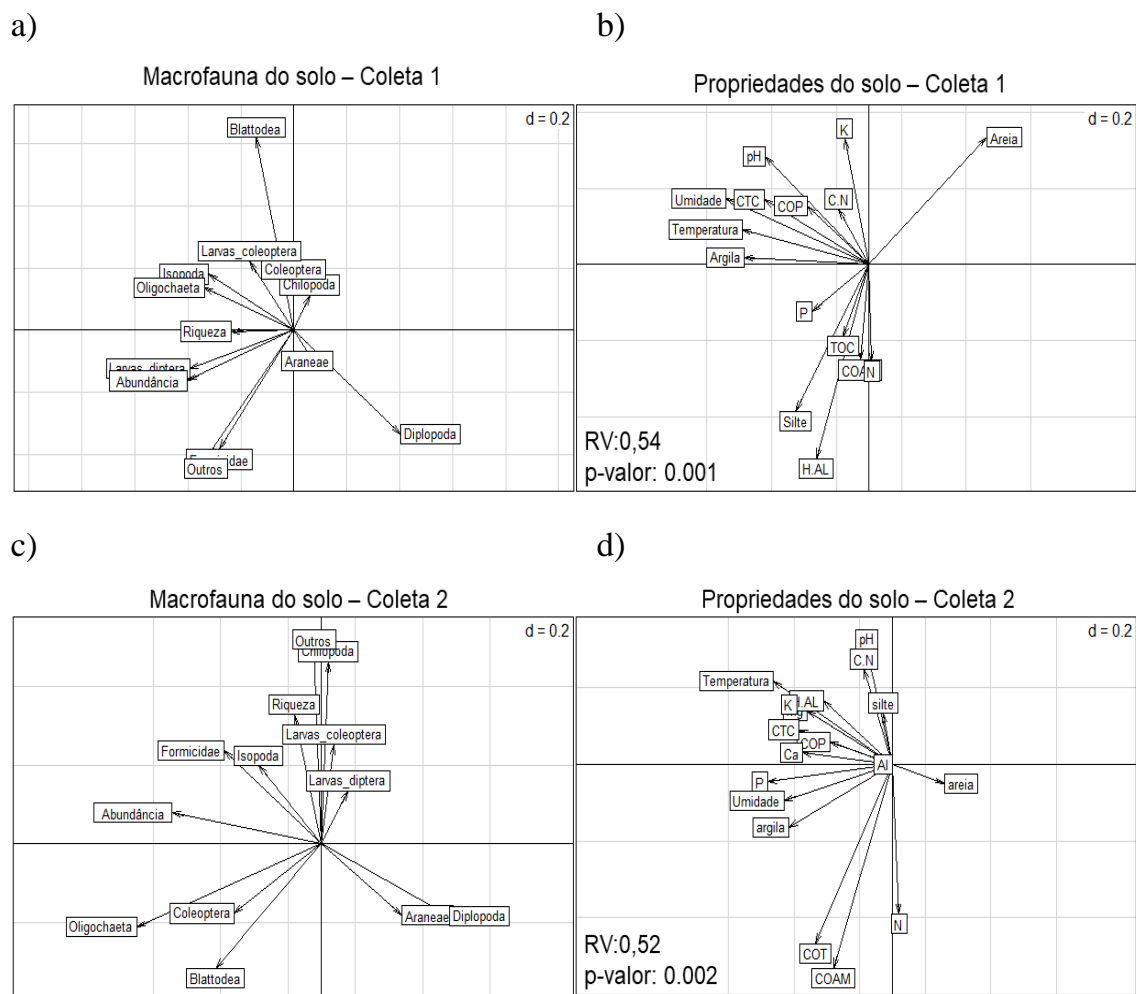


Figura 24. Projeção das comunidades de macroinvertebrados (a, c) e das propriedades do solo (b, d) da primeira coleta (a e b) e da segunda coleta (c e d) no plano F1/F2 da Análise de Coinéncia.

A maior diversidade de grupos esteve relacionada a área do SAF, sendo observados os seguintes indivíduos: Isopoda, Entomobryomorpha, Poduromorpha, Oligochaeta, Formicidae, Blattodea e Chilopoda. De acordo com o grupo funcional, estes são classificados como: transformadores de serapilheira, micrófagos, detritívoros, predadores e engenheiros do ecossistema (PARRON et al., 2015). Os transformadores da serapilheira aumentam a taxa de decomposição e liberação dos nutrientes para o solo (PARRON et al., 2015). Os micrófagos estimulam a atividade microbiana e controlam o crescimento de fungos e bactérias causadoras de doenças de plantas (ALMEIDA et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2021). Os predadores e os detritívoros controlam populações de outros organismos, além de contribuir para a decomposição da matéria orgânica (BROWN et al., 2001; MOREIRA et al., 2013). Os engenheiros do ecossistema criam estruturas biogênicas, influenciando os atributos físicos e a disponibilidade de recursos para os demais organismos do solo (TOYOTA et al., 2006; LAVELLE et al., 2020).

De acordo com Durán et al. (2018) e Rodríguez et al. (2018) os sistemas agroflorestais estão entre os melhores usos das terras, pois conservam a macrofauna, por criarem microsítios favoráveis, permitindo assim, a regulação do microclima e adição contínua de serapilheira beneficiando a biodiversidade da macrofauna. Além disso, como observado na Figura 4 existe uma correlação entre o SAF e os atributos do solo. Rodríguez et al. (2021), estudando SAF e os serviços ecossistêmicos do solo, verificaram resultados similares e concluíram que as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo foram correlacionados entre si e com a biodiversidade da agrofloresta. O SAF melhora os serviços ecossistêmicos do solo e ajuda a mitigar a emissão de gases efeito estufa (MARQUES et al, 2022).

5. CONCLUSÕES

O sistema agroflorestal foi eficiente para a manutenção dos atributos físicos e químicos do solo, assim como na serapilheira, favorecendo o aumento da fertilidade do solo.

O manejo com sistema agroflorestal promoveu condições ambientais favoráveis para a abundância, diversidade e distribuição da comunidade da fauna invertebrada do solo.

O uso dois métodos de amostragem da fauna do solo, permitiu uma visão mais abrangente da comunidade dos invertebrados no compartimento serapilheira-solo.

As análises multivariadas confirmaram os benefícios do manejo com sistema agroflorestal aos atributos do solo avaliados. Adicionalmente, a análise de coinércia evidenciou a estreita relação entre os atributos físicos, químicos e os grupos da fauna invertebrada do solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. J. Produção de serapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 45, n. 2, p. 157-166, 2015.
- ALMEIDA, H. S.; SILVA, R. F.; GROLI, A. L.; SCHEID, D. L. Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de uso do solo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, Frederico Westphalen, v. 1, n. 1, p. 15-23, 2017.
- ALVES, P. R. L.; CASSOL, P. B.; SEGANGREDO, M. A.; SPAGNOLLO, E. Contribuição da fauna do solo para os serviços ambientais. **Embrapa**, 2020.
- ALVES, P. R. L.; NIEMEYER, J. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Section I: Terrestrial Invertebrates as Experimental Models Chapter 1. The Use of Non-standardized Invertebrates in Soil Ecotoxicology. In: LARRAMENDY, M. L. (Org.). Issues in Toxicology. Cambridge: **Royal Society of Chemistry**, v. 1. p. 1-30, 2017.
- ALVES, L. M. **Sistemas Agroflorestais (SAF's) na restauração de ambientes degradados. Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais** - Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais. 2009.
- ALVES, A. G.; VARGAS, K. B. Espacialização Fitofisionômica De Espécies Arbóreas Da Floresta Nacional Mário Xavier, Seropédica - Rj. **Revista Continentes**, v. 15, p. 28-55, 2019.
- ALVES, M. V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 1, p. 33-43, 2006.
- AMARAL, G. C. D.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Efeitos de atributos ambientais na biodiversidade de formigas sob diferentes usos do solo. **Ciência Florestal**, v.29, n.2, p. 660-672, 2019.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. **CAB Internatiaoal**. 1989. 171p.
- ANDRADE, A. C. S. **Aspectos da ecologia comportamental de Dinoponera quadriceps (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae)**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Caatinga) - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe. São Cristóvão: UFS, 2010.
- ANDREA, M. M. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. **Acta Zoológica Mexicana**. v. 2, p. 95-107, 2010.
- AQUINO, A. M. Manual para macrofauna do solo. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2001. 21p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 130).
- AQUINO, A. M.; MENEZES-AGUIAR, E. L.; QUEIROZ, J. M. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (Pitfall Traps). **Circular Técnica** 18, 2006.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos De Qualidade Do Solo. **Biosci. J.**, Uberlândia v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- ARAÚJO, E. C. G.; SILVA, T. C.; LIMA, T. V.; SANTOS, A. T.; BORGES, C. H. A. Macrofauna como bioindicadora de qualidade do solo para agricultura convencional e agroflorestal. Patos-PB, **ACSA**, Patos-PB, v.14, n.2, p.108-116, ISSN: 1808-6845, 2018.

- ASSIS, D. S.; SANTOS, I. A.; RAMOS, F. N.; BARRIOS-ROJAS, K. E.; MAJER, J. D.; VILELA, E. F. Agricultural matrices affect ground ant assemblage composition inside Forest fragments. **PloS one**, v. 13, n.5, 2018.
- BARBOSA, J. S.; CARDUCCI, C. E.; KOHN, L. S.; SILVA, K. C. R.; SILVA, E. A.; SANTOS, K. L. Eletroquímica e carbono orgânico de um Cambissolo húmico no Planalto Catarinense sob Sistema Agroflorestal. **Revista Scientia Agraria**, v.17, n.2, p. 49-56, 2016.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OILVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciência do Solo**, v.7, p.119-170, 2011.
- BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 135-150, 2010.
- BARRIOS, E.; SILESHI, G. W.; SHERPHERD, K.; SINCLAIR, F. Agroforestry and Soil Health: Linking Trees, Soil Biota, and Ecosystem Services. Pág. 315-328. IN: Wall, D. H. (EDS). **Soil Ecology and Ecosystem Services**. Oxforde University Press. 2013.
- BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E. V.; LAVELLE, P. M. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, Jena, v. 47, n. 3, p. 273-280, 2003.
- BEARE, M. H.; COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A.; HENDRIX, P. F.; ODUM, E. P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant and Soil*, Hague, v. 170, p. 5-22, 1995.
- BELLINI, B. C.; ZEPPELINI, D. Registros da fauna de Collembola (Arthropoda, Hexapoda) no estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 3, p. 386-390, 2009.
- BELLO, O. C.; CUNHA, J. M.; CAMPOS, M. C. C.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, L. A. C.; MARTINS, T. S.; BRITO FILHO, E. G. Produção e decomposição de serapilheira em áreas de reflorestamento e floresta nativa no sul do Amazonas. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 1875-1896, 2022.
- BERUDE, M.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, 2015.
- BEST, A.; ZHANG, L.; MCMAHOM, T.; WESTERN, A.; VERTESSY, R. A critical review of paired catchment studies with reference to seasonal flow and climatic variability. Australia: Land and Water Technical. **MDBC Publication**, 2003.
- BEZERRA, J. M.; LIMA, M. B. V. S.; LIMA, R. W. S.; SANTOS, E. M. C.; ARAUJO, K. D. **Fauna Invertebrada do Solo em Fragmento Florestal Urbano em Maceió, Alagoas**. n. 44, v.1, p. 194-214, 2022.
- BIANCHI, M. O.; SCORIZA, R. N.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R. Macrofauna edáfica como indicadora em revegetação com leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, n.1, 2017.
- BORGES, A. L.; CORDEIRO, Z. J. M.; FANCELLI, M.; RODRIGUES, M. G. V. Bananicultura orgânica. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36, n. 287, p. 76-83, jun. 2015.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. Na analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical society**, v.26, n.2, p. 42-56, 1964.

BRANCALION, P. H. S.; NIAMIR, A.; BROADBENT, E.; CROUZEILLES, R.; BARROS, F. S. M.; ZAMBRANO, A. M. A.; BACCINI, A.; ARONSON, J.; GOETZ, S.; REID, J. L. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science Advances**, v. 5, n. 7, p. 1-11, 2019.

BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigéica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.3, p. 253-260, 2016.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF: **Embrapa**, 2015. p. 121-154.

CABREIRA, W. C.; LIMA, S. S.; SANTOS, R. N.; FERNANDES, D. A. C.; PEREIRA, M. G. Fauna epígea associada à fragmentação de folheto de espécimes de *Paubrasilia echinata* Lam. (pau-brasil). **ENFLO**, v.7, e01, 2019.

CALHEIROS, A. R.; SILVA, C. A. R. da.; ACIOLI, T. G.; ARAUJO, K. D.; SOUZA, M. A. Relação da umidade do solo com a diversidade de organismos da mesofauna edáfica, Alagoas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 6, p. 1924-1929, 2019.

CÂMARA, R.; SANTOS, G. L. S.; SILVA, C. S.; SILVA, C. F.; AGUIAR, G. S.; PEREIRA, M. G. Physical, Chemical and Biological Soil Attributes Under Analog Agroforestry System and Pasture Sites. **Floresta**, v. 50, n. 1, p. 887-896, 2020.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p.777-783, 1992.

CAMPOS, B. B.; MORAES, G. P.; GOMES, G. D.; BATISTA, N. A. Indicadores físico-químicos e microbiológicos da qualidade do solo utilizado para viticultura em Santa Teresa, Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, n.2, p.52-59, 2017.

CÂNDIDO, V. A.; PINTO, L. V. A.; BOGARIM P. C.; ROSA, S. D.; SILVA, R. M.; BARBOSA, J. M. N. Sistema agroflorestal para recomposição de reserva legal em de reserva legal em propriedades de agricultores familiares. **Revista Agrogeo ambiental**, v. 8, n. 2, 2016.

CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health. **Scientia Agrícola**, v. 70, p. 274-289, 2012.

CARDOSO, J. T. A Mata Atlântica e sua conservação. **Encontros Teológicos**. Florianópolis. v.31, 2016.

CASARIL, C. E.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SANTOS, J. C. P.; ROSA, M. G. Fauna edáfica em sistemas de produção de banana no Sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, p. e5613, 2019.

- COELHO, V. O. RIBEIRO NETO, A.; ANHE, A. C. B. M.; LIMA, S. S.; VIEIRA, D. M. S.; LOSS, A.; TORRES, J. L. R. Soil macrofauna as bioindicator of soil quality in different management systems. **Research, Society and Development**, v. 10, p. e54210616118, 2, 2021.
- COLLISON, E. J.; RIUTTA, T.; SLADE, E. M. Macrofauna assemblage composition and soil moisture interact to affect soil ecosystem functions. **Acta Oecologica**, v. 47, n. 2, p. 30-36. 2013.
- CONCEIÇÃO, P. C., AMADO, T. J. C., MIELNICZUK, J., SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n.5, p. 777-788, 2005
- COSTA, O. B.; SILVA, C.V.J.; SOUZA, A. H. N. Uso do Solo e Fragmentação da Paisagem no Município de Seropédica-RJ. XVI **Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Foz de Iguaçu: IMPE, p.6339-6346, 2013.
- CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E. de L. Aspectos ecológicos dos isópoda terrestres. **Embrapa Agrobiologia - Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.
- CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 77-99, 2005.
- 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, RJ. 2002.
- CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos**. EMBRAPA. Seropédica, RJ. 2000.
- CORTET, J.; VAUFLERY, A. G.; BALAGUER, N. P.; GOMOT, L.; TEXIER, C.; CLUZEAU, D. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. **European Journal of Soil Biology**, v. 35, n. 3, p. 115-134, 1999.
- COUTINHO, L. P. O conceito de bioma. **Acta botânica brasílica**, Belo Horizonte, v. 20, n° 1, p. 13- 23, 2006.
- CPRM (Programa de Levantamento Geológicos Básicos do Brasil) **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, 2000.
- DAVISSONE, M. V. D. M. **Influência das Espécies Arbóreas sobre a Diversidade e Atividade da Fauna do Solo em Sistemas Agroflorestais**. 2019, p. 67, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais, Curitibanos. 2019.
- DIAS, H. C. T.; FIGUEIRA, M. D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. F. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p.1-16, 2002.
- DORTZBACH, D.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; SANTOS, O. A. Q. Compartimentos da matéria orgânica do solo em vinhedos altomontanos de Santa Catarina. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 10677-10691, 2020.
- DUARTE, E. M. G.; CARDOSO, I. M.; STIJNEN, T.; MENDONÇA, M. A. F. C.; COELHO, M. S.; CANTARUTTI, R. B.; KUYPER, T. W.; VILLANI, E. M. D. A.; MENDONÇA, E. D. S. Decomposição e liberação de nutrientes em folhas de espécies

arbóreas da Mata Atlântica utilizadas em sistemas agroflorestais. **Agroforest System**, v. 87, p. 835-847, 2013.

DUCATTI, F. **Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da mata atlântica**. 2002, p.84, Dissertação – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

DURAN, E.; RODRIGUES, L.; SUAREZ, J. C. Relationship between macroinvertebrates and soil properties under different agroforestry arrangements in the Colombia Andean Amazon. **Acta Agronomica**, v. 67, p. 395-401, 2018.

EISENLOHR, P. V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Revisiting patterns of tree species composition and their driving forces in the Atlantic Forests of southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 47, n. 6, p. 689-701. 2015.

FAO **State of Knowledge of Soil Biodiversity. Status, challenges and potentialities**. Rome, ISBN 978-92-5-133582-6, 2020.

FERREIRA, C. R.; SILVA, C. E.; PEREIRA, M.G.; GUEDES J. N.; ROSSET, J. S.; ANJOS, L. H. C. Dinâmica da agregação do solo e das frações de carbono orgânico ao longo de 23 anos de manejo direto. **Solo Till Res**, v.198, 2020.

FERREIRA, C. S. **Avaliação da fauna epígea sob a fitomassa de plantas de cobertura em propriedade orgânica**. 2020, p. 43, Monografia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2020.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília, DF: UNB, Departamento de engenharia florestal, v. 5, n. 1, 2003.

FRAGOSO, R. O.; CARPANEZZI, A. A.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Barreiras ao estabelecimento da regeneração natural em áreas de pastagens abandonadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 27, p. 1451-1464, 2017.

FRANÇA FILHO, L. F. **Mata Atlântica: Histórico e Perspectivas**, João Pessoa, PB, 2016.

FREIRE, L. R.; CAMPOS, D. V. B.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; BLOISE, R. M.; MOREIRA, G. N. C.; EIRA, P. A. Análise química de amostras de terra. In. FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E.; AMJOS. L. H. C.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. M. G.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. A.; CAMPOS, D. V. B.; POLIDORO, J. C. **Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro**. Editora Universidade Rural, Seropédica, RJ, p. 87 - 105, 2013.

FREIRE, G. A.; VENTURA, D. J.; FOTOPOULOS, I. G.; ROSA, D. M.; AGUIAR, R. G.; ARAÚJO, A. C. Dinâmica de serapilheira em uma área de floresta de terra firme, Amazônia Ocidental. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 3, p. 323-328, 2020.

FREITAS, D. A.; FREITAS, I. C.; FRAZÃO, L. A.; ARAÚJO, N. C. A.; SILVA, L. R. D.; SANTOS, M. V. Atributos físicos do solo sob diferentes usos da terra do Cerrado de Minas Gerais. **Brazilian Journal Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3867-3882, 2020.

FREITAS, E. C. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; FONSECA, D. M. F.; SANTOS, M. V.; LEITE, H. G.; MACHADO, V. D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 409-417, 2013.

FOCKINK, G. D.; PECH, T. M.; SILVA, M.; NIVA, C. C.; BARTZ, M. L. C.; NIEMEYER, J. C. Riqueza e abundância de espécies de minhocas e abundância de enquitreídeos em

sistemas agroflorestais na UFSC, Campus de Curitibanos. In: XII **Simpósio Florestal**, UDESC, Lages, p. 352-357, 2016.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: novos dados sobre a situação da Mata Atlântica. 2012.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: novos dados sobre a situação da Mata Atlântica. 2016.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: novos dados sobre a situação da Mata Atlântica. 2022.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2017-2018**: Relatório Técnico. São Paulo, 2022.

GATIBONI, L. C.; COIMBRA, J. L. M.; WILDNER, L. P.; DENARDIN, R. B. N. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Revista Biotemas**, v. 22, n. 2, 2009.

GEISEN, S.; MITCHELL, E. A. D.; ADL, S.; BONKOWSKI, M.; DUNTHORN, M.; EKELUND, F.; Soil protists: a fertile frontier in soil biology research. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 42, n. 3, 2018.

GIEBELMANN, U. C.; MARTINS, K. G.; BRANDLE, M.; SCHADLER, M.; MARQUES, R.; ROLAND, M. Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the Atlantic Rainforest of Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 49, p 5-10. 2011.

GONZÁLEZ, G.; LEY, R. E.; SCHMIDT, S. K.; ZOU, X.; SEASTEDT, T. R. Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forests. **Oecologia, Berlin**, v. 128, p. 549-556, 200

GONÇALVES, A. L. R.; VIVAN, J. L. **Agroforestry and conservation projects in Brazil**: carbon, biodiversity, climate, and people. 2012.

GUIMARÃES, N. F.; GALLO, A. S.; SILVA, V. R.; FONTANETTI, A.; FUJIHARA, R. T.; CARVALHO, E. M. Fauna do solo associada a diferentes sistemas de cultivo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e54610212787, 2021.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; SOUZA, F. Q.; FREIRE, S. R. O.; ALVES, A. R. Aporte de Serapilheira e Nutrientes em uma Área de Catinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017.

HOPKINS, B. C. L.; BRÉCHET, L. M.; TRUJILLO, B. C.; SAYER, E. J. Tree functional diversity affects litter decomposition and arthropod Community composition in a tropical forest. **Biotropica**, v. 49, p. 903-911, 2017.

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica** Período 2019. São José dos Campos, SP, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, **IBGE**, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário. Rio de Janeiro, **IBGE**, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa de vegetação do Brasil. Rio de Janeiro, **IBGE**, 2004.

JEFFERY, S.; GARDI, C.; JONES, A.; MONTANARELLA, L.; MARMO, L.; MIKO, L.; RITZ, K.; PERES, G.; RÖMBKE J.; VAN DER PUTTEN W. H. European Atlas of Soil Biodiversity. **European Commission, Publications Office of the European Union**. 2010.

JOSE, S. Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 1, p. 1-8, 2012.

KLIGERMAN, D. C.; SANCANARI, S. N.; NOGUEIRA, J. M. R. Caminhos para viabilização da convergência de interesses na despoluição do Rio Guandu, Rio de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 37, n. 6, 2021.

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W.; BRAFA, J. F. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S, CARES, J. E, ZANETTI, R, STÜMER, S. L. O ecossistema solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras: **Editora UFLA**. 2013. p. 119-139.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, New York, v. 27, p. 93-132, 1997.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.; FONTE, S.; BEDANO, J.C.; BLANCHART, E.; GALINDO, V.; GRIMALDI, M.; JIMENEZ, J.J.; VELASQUEZ, E.; ZANGERLE, A. Soil aggregation, ecosystem engineers and the C cycle. **Acta Oecologica**, v.105, 2020.

LEAL, I. R. Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da Caatinga. **Ecologia e conservação da Caatinga**, v. 1, p. 435-461, 2003.

LEÃO, A. F. **Diversidade de Coleópteros em Sistemas Florestais no Município de Curitiba**, SC. 2018.

LIMA, S. S.; AQUINO, A. M.; LEITE, L. F. C.; VELÁSQUEZ. E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v.45, n.3, p.322-331, 2010.

LIMA, S. S.; AQUINO, A. M.; SILVA, R. M.; MATOS, P. S.; PEREIRA, M. G. Edaphic fauna and soil properties under different managements in areas impacted by natural disaster in a mountainous region. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.45, 2021.

LIMA, S. S.; BIASI, D.; FERREIRA, C. S.; MATOS, P. S.; ROCHA, L. V.; PEREIRA, M. G. ; ZONTA, E. Epigeal fauna and soil attributes in a cover-cropped organic vegetable system. **Ciência Rural**, v. 51, p. e20200842, 2021.

LIMA, S. S.; CABREIRA, W.; SILVA, R. M.; SANTOS, R. N. Diversidade da fauna epígea sob diferentes coberturas vegetais no jardim botânico da UFRRJ. In. SILVA-MATOS, R. R.S.; COSTA, A. C. S.; SOUZA, G. M. M. **Meio ambiente: inovação com sustentabilidade**. Atena Editora, v. 2, 2019.

LIU, Y.; WANG, L.; HE, R.; CHEN, Y.; XU, Z.; TAN, B.; ZHANG, L. Higher soil fauna abundance accelerates litter carbon release across an alpine forest-tundra ecotone. **Scientific Reports**, 2019.

LIRA, R. B.; DIAS, N. S.; ALVES, S. M. C.; BRITO, R. F.; SOUSA NETO, O. N. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da Caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 18-24, 2012.

LUDWIG, R. L.; PIZZANI, R.; SCHAEFER, P. E.; GOULART, R. Z.; LOVATO, T. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 485-495, 2012.

- MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, L. L. S.; DINIZ, A. R.; GUARESCHI, R. F. Organic Matter And Soil Fertility In Different Successional Stages Of Seasonal Semidecidual Forest. **Ciências Florestais, Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 179-188, 2019.
- MAIA, R.S.; VASCONCELOS, S.S.; CARVALHO, J. R. Frações de fósforo e simbiose micorrízica em floresta secundária em resposta a disponibilidade de água e nutrientes na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 3, p. 255-264, 2015.
- MARTINS, L. F.; PEREIRA, J. M.; TONELLI, M.; BARETTA, D. Composição da macrofauna do solo sob diferentes usos da terra (cana-de-açúcar, eucalipto e mata nativa) em Jacutinga (MG). **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 1, p. 11-22, 2017.
- MARTINS, W. B. R.; FERREIRA, G. C.; SOUZA, F. P.; DIONÍSIO, L. F. S.; OLIVEIRA, F. A. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 37-48, 2018.
- MARTINS, E. W.; SILVA, E. R.; CAMPELLO, E. F.; LIMA, S. S.; NOBRE, C. P.; CORREIA, M. E.; RESENDE, A. S. **O uso de sistemas agroflorestais diversificados na restauração florestal na Mata Atlântica**. v. 29, n. 2, p. 632-648, 2019.
- MARQUES, M. A.; ANJOS, L. H.; DELGADO, A. R. S. Land Recovery and Soil Management with Agroforestry Systems. **Spanish Journal of Soil Science**, v. 12, 2022.
- MATOS, P. S.; FONTE, S. J.; LIMA, S. S.; PEREIRA, M. G.; KELLY, C.; DAMIAN, J. M.; FONTES, M. A.; CHAER, G. M.; BRASIL, F. C.; ZONTA, E. Linkages among soil properties and litter quality in agroforestry systems of southeastern Brazil. **Sustainability**, v. 12, p. 2-22, 2020.
- MATOS, P. S.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; TARRÉ, R. M.; FRANCO, A. L. C.; ZONTA, E. Short-term modifications of mycorrhizal fungi, glomalin and soil attributes in a tropical agroforestry. **Acta oecologica**, v. 114, 2022.
- MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. R.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L.; ARCO-VERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agorflorestal – ICRAF, 2016.
- MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; VIEIRA, D. L. M.; MARQUES, H. R.; HOFFMANN, M. Restoration Through Agroforestry: Options for Reconciling Livelihoods with Conservation in the Cerrado and Caatinga Biomes in Brazil. **Exp. Agrícola**, v.55, p. 208-225, 2019.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.
- MORAES, L. F. D.; RESENDE, A. S.; AMANCIO, C. O. G. **Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas**. Embrapa Agrobiologia. Documentos, 281. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011.
- MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STURMER, S. L.; **O Ecossistema Solo: Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na produção Vegetal**. UFLA, Lavras, MG. p. 185-200, 2013.
- MORENO, J. L.; BASTIDA, F.; ONDOÑO, S.; GARCÍA, C.; ANDRÉS-ABELLÁN, M.; LÓPEZ-SERRANO, F. R. Agro-forestry management of Paulownia plantations and their impact on soil biological quality: the effects of fertilization and irrigation treatments. **Applied Soil Ecology**, v. 117, p. 46-56, 2017.

- MOURA, M. M. S.; COSTA, G. B. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; NETO, J. R. A.; BRASIL, J. B. Produção de Serapilheira e suas Frações em área de Caatinga no Semiárido Tropical. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 3, n. 5, p. 199-208, 2016.
- MUYLAERT, R. L.; VANCINE, M. H.; BERNARDO, R.; OSHIMA, J. E. F.; SOUZA, T. S.; TONETTI, V. R.; RIBEIRO, M. C. **Uma nota sobre os limites territoriais da Mata Atlântica**. v. 22, n. 3, p. 302-311, 2018.
- MUSSURY, R.M. SCALON, S. P. Q.; GOMES, A. A.; BATISTA, M. R.; SCALON FILHO, H. Flutuação populacional da mesofauna em fragmentos de mata na região de Dourados, MS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 645-650, 2008.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, 2000.
- NAÇÕES UNIDAS. **Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development - Finalised Text for Adoption**. NY United State of America, UN, 2015.
- NEGASSA W.; SILESHI G. W. A gestão integrada da fertilidade do solo reduz os danos causados por cupins às culturas em solos degradados no oeste da Etiópia. **Agric Ecosyst Environ**. v. 251, p. 124-31, 2018.
- NETTO, I. T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos Físicos e Químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo Sob Pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1441-1448, 2009.
- NOBRE, H. G.; SILVA, F. S. N. S.; OLIVEIRA, D. S.; BENEVIDES, P. R.; ARAÚJO, E. R. Agroecologia, Sistemas Agroflorestais e sua Contribuição para a Sustentabilidade no Nordeste Paraense. In: CANUTO, J. C.; Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões. **Jaguariúna**, SP, v.1, p. 88-106, 2017
- NUNES, L. A. P. L.; SILVA, D. I. B.; ARAÚJO, A. S. F.; LEITE, L. F. C.; CORREIA, M. E. F. **Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no estado de Piauí**. v.43, n.1, p. 30-37, 2012.
- NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. de; MENEZES, R. Í. de Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de Caatinga submetidas a queimadas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, p. 214-220, 2008.
- OLIVEIRA, E. M. CEZAR, R.M. ZAGATTO, M. FONSECA, P.M. BROWN, G. G. Avaliação da Macrofauna Edáfica Sob Dois Métodos de Coleta – Triagem Manual e Armadilhas de Queda em Fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Embrapa**, 2012.
- OLIVEIRA, M. P. A., BASTOS-PEREIRA, R., TORRES, S. H. S., PEREIRA, T. S., BATISTA, F. M., ALVES, J. P., INIESTA, L. F. M., BOUZAN, R. S., CHAGAS-JR, A., PROUS, X., PIETROBON, T., FERREIRA, R. L. Choosing sampling methods for Chilopoda, Diplopoda and Isopoda (Oniscidea): A case study for ferruginous landscapes in Brazilian Amazonia. **Applied Soil Ecology**, 143, 181-191. 2019.
- OLIVEIRA-FILHO, A.; FONTES, M. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, v. 32, 2000.
- PASQUALIN, L. A.; DIONÍSIO, J. A.; ZAWADNEAK, M. A. C.; MARÇA, C. T. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 7-18, 2012.

- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. DE; BROWN, G. G., & PRADO, R. B. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica. In: Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. **Embrapa**, p. 121-154 2015.
- PEREIRA, M. G.; CABREIRA, W. V.; LIMA, S. S.; ROCHA, J. E.; SANTOS, R. N.; SILVA, R. G. Manual de coleta e identificação da fauna edáfica. **Agência Brasileira do ISBN**. Seropédica, 2018. 44p.
- PEREIRA, P. N.; MARTINS, W. B. R. ANDRADE, V. M. S.; OLIVEIRA, F. A. Influência da remoção de serapilheira no teor de fósforo e potássio na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 3, p. 380-385, 2017.
- PEREIRA, A. B. Mata Atlântica: Uma Abordagem Geográfica. ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.15 **Nucleus**, v. 6, n. 1, 2009.
- PEREIRA, G. H. A.; JORDÃO, H. C. K.; SILVA, V. F. V.; PEREIRA, M. G. Litter and nutrient flows in tropical upland forest flooded by a hydropower plant in the Amazonian basin. **Science of the Total Environment**, v. 572, n. 1, p. 157-168, 2016.
- PEREIRA, J. M.; SEGAT, J. C.; BARETTA, D.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BARETTA, C. R. D. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as a soil quality indicator in native and replanted *Araucaria angustifolia* forests. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 4: e0160261, 2017.
- PEREIRA, M. P. S.; QUEIROZ, J.M.; VALCARCEL, R.; MAYHÉNUNES, A. J. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência. Florestal**, 17:197-204, 2007.
- PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Solos**. Santa Maria: UFSM, Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil, 2015.
- PIMENTEL, M. S. AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; COSTA, J. R.; RICCI, M. S. F.; DE-POLLI, H. Atributos biológicos do solo sob manejo orgânico de cafeeiro, pastagem e floresta em região do Médio Paraíba Fluminense-RJ. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 85-93, 2006.
- PIMM, S. L.; JENKINS, C. N.; ABELL, R. BROOKS, T. M.; GITTLEMAN, J.; JOPPA, L. N.; RAVEN, P. H.; ROBERTS, C. M.; SEXTON, J. O. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. **Science**, v. 344, 2014.
- POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; BARRETA, C. R. D. M.; BARRETA, D. Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 16-28, 2016.
- POMPEO, P. N.; SANTOS, M. A. B.; BIASI, J. P.; SIQUEIRA, S. F.; ROSA, M. D. D.; BARETTA, C.R.D.M.; BARETTA, D. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina - Brasil. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p.42-51, 2016.
- PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI M, A. Guia De Interpretação De Análise De Solo E Foliar. Vitória, ES. **Incaper**, 2013.
- QUEIROZ, J. M.; ALMEIDA, F. S.; PEREIRA, M. P. S. Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Floresta e Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 37-45, 2012.

- R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria; 2019.
- REBÊLO, A. G. M.; CAPUCHO, H. L. V.; PAULETTO, D.; NETO, V. P. Acúmulo de serapilheira em três sistemas agroflorestais no Oeste do Pará. In X Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, Cuiabá, Mato Grosso. **Avanços na ciência Florestal**, v.8, n.1, 2016.
- RIBASKI, J. Sistemas Agroflorestais: Benefícios Socioeconômicos e Ambientais. **Embrapa Florestas**, 2007.
- ROCHELLE, A. L. C.; CIELO-FILHO, R.; MARTINS, F. R. Florística e estrutura de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Atlântica Submontana no Parque Estadual da Serra do Mar, em Ubatuba/SP, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, 2011.
- RODRÍGUEZ, S. L.; PALADINES, J. Y.; AS, E.; LOPEZ, C. C.; DURÁN, B. E.; SUÁREZ-SALAZAR, J. C. Macrofauna do solo sob diferentes usos da terra na Amazônia colombiana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 1383-1391, 2018.
- RODRIGUEZ, L.; SUAREZ, J. C.; PULLEMAM, M.; GUACA, L.; RICO, A.; ROMERO, M.; QUINTERO, M.; LAVELLE, P. Agroforestry systems in the Colombian Amazon improve the provision of soil ecosystem services. **Applied Soil Ecology**, v. 164, 2021.
- SANTOS, G. R.; ARAUJO, K. D.; SILVA, F. G. Macrofauna edáfica na ecológica na Estação Ecológica Curral do Meio, Caatinga Alagoana. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 4, n. 2, p. 1-21, 2018.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SANTOS, D. S.; SILVA, C. H. V.; SOUSA, J. I.; SANTOS, M. D.; GALDINO, W. O. Utilização de armadilhas tipo pitfall no levantamento da fauna edáfica na zona rural de Traipu – AL. **Revista da Universidade Estadual de Alagoas/UNEAL**, v. 12, n. 3, 2020.
- SANTOS, A.; BUSSINGUER, A. P.; MASIN, C.; ESTEVES, E. D.; SILVA, E.; FILHO, G. J. D.; BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Comunidades de Minhocas em Solos com Diferentes usos no Município da Lapa – Paraná. **Embrapa**, 2015.
- SANTOS NETO, A. P.; BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; NOVAES, A. B.; PAULA, A. Produção de serapilheira em floresta estacional semidecidual e em plantios de *Pterogyne nitens* Tul. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, 2015.
- SANTOS, R. C. M. Mata Atlântica: Características, Biodiversidade e a História de um dos Biomas De Maior Prioridade Para Conservação E Preservação De Seus Ecossistemas. Monografia – **Centro Universitário Metodista**, Belo Horizonte – MG. 2010.
- SANTOS, F. A. S.; PIERANGELI, M. A. P.; SILVA, F. L.; SERAFIM, M. E.; SOUSA, J. B.; OLIVEIRA. Dinâmica do carbono orgânico de solos sob pastagens em campos de murundus. **Revista Scientia Agraria**, n. 2, p. 43-53, 2017.
- SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A.; CARLOS, S. M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **Piracicaba-SP**, v. 55, n. 01, p. 009-030, 2017.
- SEASTEDT, T. R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 29, p. 25-46, 1984.

- SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.
- SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; SILVA, E. M. R.; CORREIA, M. E. F. Alterações químicas e físicas do solo em áreas de agricultura no entorno do parque estadual da serra do mar, Ubatuba (SP). **Rev. Dem. Agrar.**, Belem, n. 46, p. 9-28, jul./dez, 2006.
- SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais cultivo convencional e floresta nativa. **REA**, v. 13, n. 1, p. 77-86 2011.
- SILVA, G. R.; PAULETTO, D.; SILVA, A. R. Dinâmica sazonal de nutrientes e atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais. **Ciência Agraria.**, v. 63, 2020.
- SILVA, M. O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, D. F.; COSTA, K.; D.; S. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.
- SILVA, D. C.; PEREIRA, J. M.; ORTIZ, D. C.; OLIVERA FILHO, L. C. I.; PINTO, L. V. A.; BARETTA, D. Fauna edáfica como indicadora de qualidade do solo em fragmentos florestais e área sob cultivo do cafeeiro. **Brazilian Journal of Development**, 6(3), 14795-14816, 2020.
- SIMÕES, L. L.; **Mata Atlântica, herança em perigo**. WWF - Brasil, 2009.
- SCHROTH, G.; BEDE, L. C.; PAIVA, A. O.; CASSANO, C. R.; AMORIM, A. M.; FARIA, D.; MARTINI, A. M.; SAMBUICHI, R. H.; LOBO, R. M. **Contribution of agroforests to landscape carbon storage. Mitigation and adaptation strategies for global change**, v. 20, n. 7, p. 1175-1190, 2015.
- SIMINSKI, A.; SANTOS, K. L.; WENDT, J. G. N. Rescuing agroforestry as strategy for agriculture in Southern Brazil. **Journal of Forestry Research**, p. 739-746, 2016.
- SOARES, A. F.; SILVA, S. A. S.; COSTA, J. F.; FARIAS, V. D. S.; NOGUEIRA, A. S.; SANTOS, M. A. S. Características químicas do solo sob sistema agroflorestal e floresta primária no município de Pacajá, Pará, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.6, p.45-59, 2021.
- SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 151-160, 2008.
- SOUZA, M. H.; VIEIRA, B. C. R.; OLIVEIRA, A. P. G.; AMARAL, A. A. Macrofauna do solo, **Enciclopedia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.
- SOUZA, R. L. N. **Restauração da Mata Atlântica: Potencialidades, Fragilidades, e os Conflitos Ambientais na Floresta Nacional Mario Xavier, Seropédica/RJ**. 2017, p. Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia UFRJ. Seropédica, 2017.
- SOUZA, M. A.; ARAUJO, K. D; SANTOS, E. M. C; ALVES, G. S.; COSTA, J. G. Sazonalidade da mesofauna edáfica em fragmentos de vegetação de caatinga no semiárido nordestino do Brasil. **Revista Princípios**, João Pessoa, v. 3, n. 50, p. 64-71, 2020.
- SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F.R.; PAULINO, J. Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, v.1, n.1, p. 34-43, 2013.

STORK, N. E. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on earth? **Annual Review of Entomology**, 2018.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Blackwell: Blackwell Scientific Publications, **Studies in Ecology**, v. 5. 1979.

SYLVAIN, Z. A. **The influence of moisture availability on terrestrial ecosystems**: Effects on soil animal communities along a regional/global scale climate gradient. Dissertação (Doutorado em Filosofia) – Colorado State University, Fort Collins, Colorado, p. 137, 2013.

TAVARES, P. D.; SILVA, C. F.; FREO, V. A.; BIELUCZYK, W.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R. . Soil Quality Under Agroforestry Systems And Traditional Agriculture In The Atlantic Forest Biome. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 954, 2018.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMA, G. K., FONTANA, A., TEXEIRA, W. G. M. **Manual de métodos de análise de solo**, EMBRAPA (ed.). Embrapa Solos, Brasília, DF, p. 1517-2627. 2017.

TEIXEIRA, C. C. L.; HOFFMANN, M.; SILVA-FILHO, G. Comunidade de Coleoptera de solo em remanescente de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biota Neotrópica**, São Paulo, v. 9, n. 4, p. 91-95, 19 2009.

TORRES, J. L.R.; MAZETTO JÚNIOR, J. C.; SILVA JÚNIOR, J.; VIEIRA, D. M. S.; SOUZA, Z. M.; ASSIS, R. L.; LEMES, E. M. Atributos físicos do solo e acúmulo de matéria orgânica em sistema de plantio direto no Cerrado. **Soil Research**, 57, 712-718. 2019.

TAVARES, P. D.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; FREO, V. A.; BIELUCZYK, W. SILVA, E. M. R. Soil Quality Under Agroforestry Systems And Traditional Agriculture In The Atlantic Forest Biome. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 954-962, 2018.

TOYOTA, A.; KANEKO, N.; ITO, M. T. Soil ecosystem engineering by the train millipede *Parafontaria laminata* in a Japanese larch forest. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 38, p. 1840-1850, 2006.

UHLIG, V. M. **Caracterização da mesofauna edáfica em áreas de regeneração natural da floresta ombrófila densa submontana, no município de Antonina, Paraná**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, 2005.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ARAÚJO, M. M.; RANGEL-VASCONCELOS, L.G.T.; CARVALHO, C. J. R. DE; STAUDHAMMER, C. L.; OLIVEIRA, F. A. Effects of seasonality, litter removal and dry-season irrigation litterfall quatity and quality in eastern Amazonian Forest regrowth, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, n. 1, p. 27-38, 2008.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Variação mensal da deposição de serapilheira em povoamento de *Pinus taeda* L. em área de campo nativo em Cambará do Sul-RS. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 487-494, 2010.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analisis**. v. 19, p. 1467-1476, 1988.