



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA

**MESOFAUNA EDÁFICA, CARBONO E NITROGÊNIO NA INTERFACE
SERAPILHEIRA-SOLO EM SISTEMAS DE CULTIVO DE CAFÉ**

DANIELE CLAUDIO CERQUEIRA

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL**

2026

DANIELE CLAUDIO CERQUEIRA

**MESOFAUNA EDÁFICA, CARBONO E NITROGÊNIO NA INTERFACE
SERAPILHEIRA-SOLO EM SISTEMAS DE CULTIVO DE CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Profa. Dra. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Marques Monroe

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

2026

C394m

Cerqueira, Daniele Claudio.

Mesofauna edáfica, carbono e nitrogênio na interface serapilheira-solo em

sistemas de cultivo de café / Daniele Claudio Cerqueira, 2026.

48 p.

Orientador (a): Dr.^a Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2026.

Inclui referências F. 39 - 48

1. Sistemas agroflorestais. 2. Matéria orgânica. 3. Serapilheira. 4. Café.
I. Barreto-Garcia, Patrícia Anjos Bittencourt. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD 633.73

Catlogação na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA




UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia
Campus de Vitória da Conquista, BA.

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "MESOFAUNA EDÁFICA, CARBONO E NITROGÊNIO NA INTERFACE
SERAPILHEIRA-SOLO EM SISTEMAS DE CULTIVO DE CAFÉ"

AUTOR(A): Daniele Cláudio Cerqueira

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM
AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca
Examinadora:



Paulo Henrique Marques Monroe, D.Sc. (PÓS-DOC/UESB)



Raquel Pérez Maluf, D.Sc.(UESB)



Rayka Kristian Alves Santos D.Sc. (UESB)

Data de realização: 27 de fevereiro de 2026.

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil
Telefone: (77) 3425-9383, e- mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, sou grata a Deus por todos os momentos em que pensei que não seria capaz e Ele me segurou pelas mãos e guiou os meus passos, iluminando o meu caminho e me dando força para pensar no melhor.

À minha mãe Rossana, por ter me incentivado e me proporcionado o melhor auxílio que eu poderia ter. Aos meus três filhos, que me deram o gás e a força, incentivando-me a querer o melhor, pensar no melhor e nunca desistir do melhor.

À minha orientadora, Profa. Dra. Patrícia Anjos Barreto-Garcia, por todo apoio, compreensão, ensinamentos e pela paciência a mim concedidos, sua orientação e conselhos foram, sem dúvidas, essenciais para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Paulo Henrique Marques Monroe, que foi fundamental na construção deste trabalho, sempre disposto a ajudar, auxiliar e aconselhar em todos os momentos.

Aos meus colegas de laboratório, que estavam sempre presentes e dispostos a ajudar nas análises realizadas.

À UESB, à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia e a todos os professores, pelo suporte oferecido, pela dedicação constante e pela valiosa oportunidade de aprimoramento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

A todos os meus amigos, que estiveram me apoiando e incentivando durante todo o processo. Em especial, à Bia, Caíque, Dani, Dai, Wesley, entre outros, que ouviram meus desabaços, se estressaram junto comigo e foram capazes de me arrancar risadas em todos os momentos tensos.

A todos que não mencionei, mas estiveram presentes nessa trajetória de alguma forma

RESUMO

CERQUEIRA, D. C. **Mesofauna edáfica, carbono e nitrogênio na interface serapilheira-solo em sistemas de cultivo de café.** Vitória da Conquista – BA, UESB, 2026. 48p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia)*.

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, com uma safra recorde de 66,2 milhões de sacas beneficiadas em 2026, representando um aumento de 17,1% em relação ao ciclo anterior. Sistemas agroflorestais (SAFs) de café têm destaque por seus benefícios ambientais comparados aos monocultivos, como o aumento da biodiversidade, maior cobertura do solo, microclima favorável à mesofauna que resulta em aumento da matéria orgânica e na concentração de carbono. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar de que maneira os estratos do solo influenciam a variação entre diferentes tipos de cultivo e como a mesofauna edáfica e o carbono estão distribuídos e inter-relacionados ao longo desses compartimentos, evidenciando os efeitos ecológicos e funcionais da serapilheira na dinâmica do solo em dois tipos de sistemas agroflorestais (Café com Cedro e Café com Grevilea) e como estas respostas diferem de uma floresta nativa. O estudo foi conduzido na Fazenda Vidigal, localizada no município de Barra do Choça, Bahia. Em cada sistema foram analisadas três camadas: serapilheira, serapilheira-solo e solo. Quatro pontos amostrais foram distribuídos aleatoriamente em cada um dos sistemas: café com grevilea, café com cedro e floresta nativa, totalizando 36 unidades amostrais (4 sistemas × 3 estratos × 4 repetições). Em cada parcela foram coletadas amostras de serapilheira com auxílio de um gabarito, com dimensões de 25 × 25 cm. Para o estudo, consideram-se 3 estratos: serapilheira, transição serapilheira-solo (5 cm abaixo da serapilheira) e solo (15 cm abaixo da serapilheira), de onde foram coletadas amostras para determinação da mesofauna edáfica do solo, carbono orgânico do solo, nitrogênio orgânico do solo. Para a densidade, foram coletadas amostras de solo com o auxílio de um anel volumétrico, formando uma amostra indeformada. Os SAFs apresentaram padrões intermediários de abundância e diversidade da mesofauna edáfica, quando comparados à FN, com maior concentração de indivíduos na camada de transição, enquanto na FN a maior abundância ocorreu na serapilheira superficial. A distribuição vertical da mesofauna esteve associada de forma positiva aos teores de CO e N, indicando forte integração entre a fauna edáfica e os processos de ciclagem de nutrientes. Os SAFs, em especial o café com grevilea, apresentaram maior aporte de serapilheira, sobretudo da fração folhas, contribuindo para a manutenção de condições microambientais favoráveis à atividade biológica, aproximando-se da FN, em termos de estrutura e funcionamento do sistema solo-serapilheira, promovendo ambientes mais complexos e biologicamente ativos. A estratificação vertical revelou a camada de transição como compartimento-chave na mediação entre serapilheira, mesofauna e atributos químicos do solo, reforçando o potencial dos sistemas SAFs de café como estratégias sustentáveis para a conservação da biodiversidade edáfica e dos serviços ecossistêmicos associados ao solo.

Palavras-chave: sistemas agroflorestais; matéria orgânica; serapilheira.

*Orientador: Profa. Dra. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia, UESB e
Coorientador Prof. Dr. Paulo Henrique Marques Monroe, UESB.

ABSTRACT

CERQUEIRA, D. C. **Soil mesofauna, carbon and nitrogen at the litter-soil interface in coffee cultivation systems.** Vitória da Conquista – BA, UESB, 2026. 48p. (Dissertation: Master's in Agronomy; Area of Concentration: Phytotechnics)*.

Brazil is the world's largest producer and exporter of coffee, with a record harvest of 66.2 million processed bags in 2026, representing a 17.1% increase compared to the previous cycle. Agroforestry systems (AFS) for coffee stand out for their environmental benefits compared to monocultures, such as increased biodiversity, greater soil cover, a microclimate favorable to mesofauna resulting in increased organic matter and carbon concentration. Therefore, the objective of this study was to evaluate how soil strata influence the variation between different types of cultivation and how edaphic mesofauna and carbon are distributed and interrelated throughout these compartments, highlighting the ecological and functional effects of litterfall on soil dynamics in two types of agroforestry systems (Coffee with Cedar and Coffee with Grevillea) and how these responses differ from a native forest. The study was conducted at Fazenda Vidigal, located in the municipality of Barra do Choça, Bahia. In each system, three layers were analyzed: litterfall, litterfall-soil, and soil. Four sampling points were randomly distributed in each of the systems: coffee with grevillea, coffee with cedar, and native forest, totaling 36 sampling units (4 systems \times 3 strata \times 4 repetitions). In each plot, litterfall samples were collected using a template with dimensions of 25 \times 25 cm. For this study, three strata were considered: litter layer, litter-soil transition layer (5 cm below the litter layer), and soil layer (15 cm below the litter layer), from which samples were collected to determine soil mesofauna, soil organic carbon, and soil organic nitrogen. For density, soil samples were collected using a volumetric ring, forming an undisturbed sample. The agroforestry systems (SAFs) showed intermediate patterns of abundance and diversity of soil mesofauna when compared to the natural forest (NF), with a higher concentration of individuals in the transition layer, while in the NF the greatest abundance occurred in the surface litter layer. The vertical distribution of the mesofauna was positively associated with CO and N levels, indicating a strong integration between the soil fauna and nutrient cycling processes. Agroforestry systems (AFS), especially coffee with grevillea, showed a greater contribution of litterfall, particularly from the leaf fraction, contributing to the maintenance of microenvironmental conditions favorable to biological activity, approaching the natural forest (NF) in terms of structure and functioning of the soil-litter system, promoting more complex and biologically active environments. Vertical stratification revealed the transition layer as a key compartment in mediating between litterfall, mesofauna, and soil chemical attributes, reinforcing the potential of coffee AFS systems as sustainable strategies for the conservation of edaphic biodiversity and ecosystem services associated with the soil.

Keywords: agroforestry systems; organic matter; litterfall.

*Advisor: Prof. Dr. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia, UESB and Co-advisor Prof. Dr. Paulo Henrique Marques Monroe, UESB.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Mapa de localização das áreas de estudo no município de Barra do Choça, Bahia, Brasil.....18
- Figura 2** – Tabela descritiva dos tratamentos de Café com Grevílea e Café com Cedro.....19
- Figura 3** – Esquema de arranjo dos sistemas agroflorestais de CG (Café com Grevílea), CC (Café com Cedro) e FN (Floresta Nativa).....20
- Figura 4** – Demonstrativo dos estratos Serapilheira, Serapilheira – Solo e Solo.....21
- Figura 5** – Estoque de serapilheira em sistemas agroflorestais de café e floresta nativa em Barra do Choça, Bahia, Brasil. FN – floresta nativa; CC – sistema de café com cedro; CG – sistema de café com grevílea. Letras maiúsculas diferenciam a serapilheira acumulada total e letras minúsculas diferenciam as frações da serapilheira entre os sistemas pelo teste Fisher a 5% de significância.....24
- Figura 6** – Densidade do solo em sistemas agroflorestais de café e floresta nativa em Barra do Choça, Bahia, Brasil. Em que: CC – sistema de café com cedro; CG – sistema de café com grevílea e FN– floresta nativa. Letras minúsculas diferenciam a densidade entre os sistemas pelo teste Fisher a 5% de significância.....28
- Figura 7** – Carbono orgânico do solo e nitrogênio orgânico do solo em sistemas de cultivo de café e floresta nativa em Barra do Choça, Bahia, Brasil. Em que: CG – sistema de café com grevílea; CC – sistema de café com cedro; FN – floresta nativa. Letras minúsculas iguais, que comparam os teores de carbono entre os sistemas, e as letras maiúsculas iguais que, comparam os estratos em cada sistemas, não diferem estatisticamente pelo teste Fisher a 5% de significância.29
- Figura 8** – Escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) para os compartimentos Serapilheira (A), transição serapilheira-solo (B) e solo (C) de dois sistemas agroflorestais de café e uma floresta nativa. O nMDS foi baseado nos dados de CT = carbono total, NT = nitrogênio total, grupos da mesofauna, diversidade e densidade do solo. O nMDS foi construído pelo método de similaridade de Bray-Curtis.....31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Abundância, densidade e riqueza total de indivíduos da mesofauna edáfica em sistemas de cultivo de café com cedro, café com grevilea e floresta nativa no município de Barra do Choça, Bahia, Brasil.....	26
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS

CC	Café com Cedro
COS	Carbono Orgânico do Solo
CG	Café com Grevílea
FN	Floresta Nativa
NT	Nitrogênio Total do Solo
N	Nitrogênio
SAFs	Sistemas Agroflorestais
m	Metros
mg	Miligramas
Min	Minutos
mL	Militros
mm	Milímetros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Produção de café no Brasil e importância econômica	13
2.2	Sistemas agroflorestais de café.....	13
2.3	SAFs em plantios de café	14
2.4	Mesofauna edáfica.....	15
2.5	Carbono do solo.....	15
2.6	Estudo vertical do solo	16
2.7	Interação mesofauna e COS no perfil vertical do solo em SAFs de café	16
2.8	Considerações finais.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1	Descrição da área experimental.....	18
3.2	Amostragem de serapilheira, transição e solo	20
3.3	Serapilheira acumulada.....	21
3.4	Mesofauna edáfica.....	21
3.5	Densidade do solo	22
3.6	Carbono orgânico do solo e nitrogênio total do solo.....	22
3.7	Análise estatística dos dados	22
4	RESULTADOS	24
4.1	Serapilheira acumulada.....	24
4.2	Mesofauna edáfica.....	25
4.3	Densidade do solo	28
4.4	Análise de nMDS	30
5	DISCUSSÃO.....	32
6	CONCLUSÕES	38
7	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A produção de café no Brasil tem papel importante na economia agrícola, país que ocupa posição de maior produtor e exportador mundial (ICO, 2024). Em 2026, o Brasil produziu cerca de 66,2 milhões de sacas de café, representando um aumento de 17,2% em relação à safra anterior (CONAB, 2026). O café brasileiro é amplamente exportado, com a maior parte das vendas destinadas à União Europeia, Estados Unidos e Japão (Santos et al., 2021). Sua importância estratégica transcende o lado econômico, uma vez que a cultura contribui para o desenvolvimento social e comunitário em várias regiões do país, considerando que gera aproximadamente 695 mil empregos e um impacto econômico de R\$ 30,7 bilhões (Ferraz & Silva, 2024).

Na região de Barra do Choça - BA, ocorre predominantemente o monocultivo, um sistema que apresenta diversas implicações ambientais e econômicas. O monocultivo, embora gere altos rendimentos a curto prazo, é frequentemente associado ao aumento da manipulação do solo, redução da biodiversidade e aumento na emissão de carbono, devido à diminuição da matéria orgânica no solo e à perda de habitat para a fauna local (Wright et al., 2024; Niguse et al., 2022; Pimentel et al., 2011). Nesse sistema, a qualidade do solo frequentemente se deteriora, resultando em uma menor quantidade de benefícios e em um solo menos capaz de armazenar carbono, o que prejudica a sustentabilidade da produção a longo prazo (Pimentel et al., 2011; Nurcholis et al., 2024). As monoculturas são mais suscetíveis a doenças, uma vez que a diversidade genética e estrutural é reduzida, levando ao uso intensivo de pesticidas e resultando em impactos negativos sobre os ecossistemas locais (Muñoz-Villers et al., 2020).

Em contrapartida, os sistemas agroflorestais (SAFs) demonstraram efeitos vantajosos para a produção de café, especialmente quando comparados ao monocultivo. O uso de SAFs promove maior biodiversidade e fornece uma gama de serviços ecossistêmicos que são benéficos para a produção agrícola e a sustentabilidade ambiental (Wright et al., 2024; Ehrenbergerová et al., 2021). Por exemplo, a presença de árvores sombreadoras em um sistema agroflorestal melhora as condições microclimáticas, diminuindo a temperatura do solo e aumentando a umidade, além de potencializar a captura de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Soto-Pinto et al., 2009; Niguse et al., 2022). Estudos indicam que esses sistemas podem aumentar o teor de carbono no solo e melhorar sua estrutura, resultando em uma maior presença de macrofauna e microrganismos essenciais para a fertilidade do solo (Nurcholis et al., 2024). Tal condição favorece o habitat para uma diversidade de organismos da mesofauna, como ácaros e colêmbolos (Ribeiro et al.; 2019).

Estes organismos desempenham papéis essenciais na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, processos que são induzidos por uma maior diversidade vegetal e cobertura do solo proporcionada pelas florestas (Cerri et al., 2017).

O carbono orgânico do solo apresenta estreita relação com a fauna edáfica em sistemas agroflorestais de café, uma vez que a serapilheira acumulada e a maior complexidade estrutural favorecem tanto o aporte de matéria orgânica quanto a manutenção da biodiversidade (Tschardt et al., 2011). Nascimento et al. (2021) demonstraram, em análise multivariada, que a mesofauna edáfica exerce efeito direto e positivo sobre o SOC, reforçando o papel de ácaros e colêmbolos na fragmentação da serapilheira e estímulo da atividade microbiana.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo: (1) avaliar a influência sistemas agroflorestais de café com grevilea e café com cedro comparadas com um fragmento de floresta nativa sob abundância e diversidade da mesofauna edáfica do solo em três estratos diferentes: serapilheira, transição e solo; (2) avaliar a relação da mesofauna edáfica com o carbono orgânico e nitrogênio do solo em três estratos diferentes: serapilheira, transição e solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de café no Brasil e importância econômica

O café representa uma das principais *commodities* agrícolas do Brasil, desempenhando papel estratégico, tanto na economia quanto no desenvolvimento social de diversas regiões produtoras. O país ocupa posição de destaque no cenário internacional, sendo reconhecido como o maior produtor e exportador mundial de café, com produção estimada em aproximadamente 66,2 milhões de sacas beneficiadas em 2026, valor que representa um aumento de cerca de 17% em relação à safra anterior (CONAB, 2026).

Além da expressiva participação na balança comercial brasileira, a cafeicultura exerce importante função socioeconômica, sendo responsável pela geração de cerca de 695 mil empregos diretos e indiretos e por um impacto econômico superior a R\$ 30 bilhões no país. A cadeia produtiva do café envolve atividades que abrangem desde o cultivo até a exportação, contribuindo para o desenvolvimento regional e para a geração de renda em áreas rurais (Brito et al., 2024).

Apesar da sua relevância econômica, os sistemas convencionais de produção, especialmente aqueles baseados em monocultivo, podem ocasionar impactos ambientais significativos. Entre os principais efeitos negativos, destacam-se a redução da biodiversidade, a degradação da qualidade do solo e a diminuição dos estoques de carbono, fatores que comprometem a sustentabilidade da produção agrícola a longo prazo (Ribeiro et al., 2023).

2.2 Sistemas agroflorestais de café

Os sistemas agroflorestais (SAFs) consistem em arranjos produtivos que integram espécies arbóreas com cultivos agrícolas, promovendo maior diversidade estrutural e funcional no agroecossistema. No caso da cafeicultura, esses sistemas têm sido adotados como alternativa ao monocultivo, visando melhorar a sustentabilidade ambiental e produtiva das áreas cultivadas (Santos et al., 2020).

A presença de árvores sombreadoras em sistemas agroflorestais contribui para a criação de um microclima mais estável, reduzindo a temperatura do solo, aumentando a umidade e protegendo o sistema contra variações climáticas extremas. Esses fatores favorecem o desenvolvimento da cultura do café e estimulam a atividade biológica do solo (Torrez et al., 2023).

Outro aspecto importante dos SAFs está relacionado ao aumento da biodiversidade. A diversidade vegetal presente nesses sistemas proporciona maior aporte de resíduos orgânicos, principalmente por meio da deposição de serapilheira, que atua como fonte de matéria orgânica e nutrientes para o solo. Esse processo contribui para a melhoria da estrutura do solo, para o aumento dos estoques de carbono e para a manutenção de comunidades biológicas mais diversificadas (Sousa et al., 2020).

2.3 SAFs em plantios de café

A adoção de sistemas agroflorestais (SAFs) em plantios de café tem se consolidado como uma estratégia sustentável capaz de aliar produção agrícola, conservação ambiental e estabilidade econômica. Esses sistemas caracterizam-se pela integração do cafeeiro com espécies arbóreas, que podem ser nativas ou exóticas, promovendo maior diversidade estrutural e funcional no agroecossistema (Pimentel et al., 2021).

Nos SAFs em cafeeiros, o componente arbóreo exerce múltiplas funções ecológicas. Entre elas, destacam-se o sombreamento, a proteção contra ventos, a ciclagem de nutrientes e o incremento da matéria orgânica no solo por meio da deposição de serapilheira. Esse aporte contínuo de resíduos vegetais contribui para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo sua qualidade e sustentabilidade ao longo do tempo (Fahad et al., 2022).

Além disso, o sombreamento proporcionado pelas árvores influencia diretamente o microclima do sistema, reduzindo a amplitude térmica, aumentando a umidade relativa do ar e diminuindo a evapotranspiração. Essas condições podem favorecer o desenvolvimento do cafeeiro, especialmente em regiões sujeitas a estresses climáticos, como altas temperaturas e déficit hídrico (Vilas-Boas et al., 2023).

Outro aspecto relevante dos SAFs em plantios de café é o aumento da biodiversidade, tanto acima quanto abaixo do solo. A maior diversidade vegetal cria habitats mais complexos, que favorecem a presença de diferentes grupos de organismos, incluindo a mesofauna edáfica. Esse incremento na biodiversidade está diretamente relacionado à intensificação dos processos ecológicos, como decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Tinoco-Jaramillo et al., 2024).

Do ponto de vista produtivo, os SAFs também podem proporcionar maior resiliência dos sistemas agrícolas, reduzindo riscos associados a variações climáticas e econômicas. A diversificação de espécies permite, ainda, a obtenção de produtos adicionais, como madeira,

frutos e outros recursos, contribuindo para a sustentabilidade econômica do produtor (Ogada et al., 2021).

2.4 Mesofauna edáfica

A fauna do solo é composta por diversos organismos que desempenham funções fundamentais na manutenção dos processos ecológicos dos ecossistemas terrestres. Entre esses organismos destaca-se a mesofauna edáfica, formada principalmente por invertebrados com tamanho corporal inferior a 2 mm, como ácaros e colêmbolos (Chamorro-Martinez et al., 2022).

Esses organismos atuam diretamente na fragmentação da matéria orgânica, acelerando o processo de decomposição da serapilheira e favorecendo a atividade microbiana. Dessa forma, a mesofauna exerce papel essencial na ciclagem de nutrientes e na formação da estrutura do solo (Pompermaier et al., 2021).

Em ambientes tropicais, os grupos Acari e Collembola geralmente apresentam maior abundância e distribuição, sendo considerados importantes bioindicadores da qualidade do solo, uma vez que respondem rapidamente a alterações ambientais e de manejo (Gonçalves et al., 2021).

A diversidade e abundância da mesofauna estão fortemente associadas à disponibilidade de matéria orgânica, à umidade do solo e à presença de cobertura vegetal. Ambientes que apresentam maior complexidade estrutural, como florestas naturais ou sistemas agroflorestais, tendem a abrigar comunidades mais diversificadas de organismos do solo (Inkotte et al., 2024).

2.5 Carbono do solo

O carbono orgânico do solo constitui um dos principais componentes da matéria orgânica e desempenha papel fundamental na manutenção da fertilidade e da qualidade do solo. Esse elemento atua diretamente na melhoria da estrutura do solo, na retenção de água e nutrientes e no estímulo à atividade biológica (Khangura et al., 2023).

Em sistemas agrícolas, os estoques de carbono podem variar significativamente em função do tipo de manejo adotado. Sistemas que promovem maior aporte de resíduos vegetais e menor perturbação do solo tendem a apresentar maiores concentrações de carbono orgânico (Udawatta et al., 2022).

Nos sistemas agroflorestais, a presença de árvores e a deposição contínua de serapilheira contribuem para o aumento da matéria orgânica e, conseqüentemente, para o incremento dos estoques de carbono no solo. Esse processo ocorre principalmente devido à incorporação de resíduos vegetais, exsudatos radiculares e biomassa microbiana (Amorim et al., 2022).

2.6 Estudo vertical do solo

O solo apresenta organização vertical, composta por diferentes camadas ou estratos, que variam em termos de características físicas, químicas e biológicas. A análise desses estratos permite compreender a distribuição de organismos, nutrientes e matéria orgânica ao longo do perfil do solo (Briones et al., 2014).

Nos ecossistemas terrestres, os estratos mais superficiais geralmente apresentam maior concentração de matéria orgânica e maior atividade biológica. A serapilheira representa o primeiro compartimento do sistema solo, sendo formada por resíduos vegetais recém-depositados e em diferentes estágios de decomposição (Fleck et al., 2020).

Logo abaixo da serapilheira encontra-se a camada de transição serapilheira–solo, caracterizada pela presença de resíduos parcialmente decompostos, raízes finas e elevada atividade biológica. Essa camada funciona como uma interface entre o material orgânico superficial e o solo mineral. Por fim, o solo mineral representa o estrato mais profundo analisado em estudos ecológicos, apresentando menores concentrações de matéria orgânica e menor atividade biológica, quando comparado às camadas superficiais (Kyaschenko et al., 2018).

2.7 Interação mesofauna e COS no perfil vertical do solo em SAFs de café

A interação entre a mesofauna edáfica e o carbono orgânico do solo constitui um dos principais mecanismos responsáveis pela ciclagem de nutrientes e pela dinâmica da matéria orgânica em ecossistemas terrestres (Mishra et al., 2022).

Organismos da mesofauna atuam fragmentando resíduos vegetais presentes na serapilheira, aumentando a área de contato para a ação de microrganismos decompositores. Esse processo acelera a mineralização da matéria orgânica e favorece a incorporação de carbono ao solo (Fujii et al., 2015).

Em sistemas agroflorestais de café, a presença de árvores sombreadoras aumenta a deposição de serapilheira e promove maior heterogeneidade estrutural no ambiente, criando condições favoráveis para o desenvolvimento da fauna do solo.

Estudos indicam que existe relação positiva entre a abundância da mesofauna e os teores de carbono orgânico do solo, evidenciando a importância desses organismos para a estabilização e manutenção dos estoques de carbono. Essa interação é especialmente evidente na camada de transição entre serapilheira e solo, onde ocorre intensa atividade biológica e maior disponibilidade de matéria orgânica (Ferreira et al., 2024).

2.8 Considerações finais

A literatura demonstra que sistemas agroflorestais de café apresentam maior potencial para promover equilíbrio entre produtividade agrícola e conservação ambiental, quando comparados aos sistemas de monocultivo. A presença do componente arbóreo contribui para maior aporte de serapilheira, melhoria das condições microclimáticas e aumento da biodiversidade do solo, fatores que favorecem a atividade da mesofauna edáfica e o acúmulo de carbono orgânico.

Além disso, a análise da distribuição vertical do solo permite compreender melhor as interações entre os diferentes compartimentos do sistema solo–serapilheira, evidenciando o papel da camada de transição como um importante compartimento de atividade biológica. Nesse contexto, os sistemas agroflorestais de café configuram-se como estratégias promissoras para a manutenção da qualidade do solo, conservação da biodiversidade edáfica e mitigação das mudanças climáticas.

	CAFÉ COM GREVÍLEA <i>Grevillea Robusta</i>	CAFÉ COM CEDRO <i>Toona ciliata</i>
IMPLANTAÇÃO	ANO 2000	ANO 2000
ÁREA	13,5 ha	34ha
ARRANJO ESPACIAL	Contínuo	Contínuo
TIPO DE CAFÉ	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea arabica</i>
ABERTURA DE COVAS	40cmx40cmx40cm	40cmx40cmx40cm
ADUBAÇÃO	Cobertura / Mineral Localizada	Cobertura / Mineral Localizada
CONTROLE DE ERVAS	Aplicação de herbicidas 2x ao ano	Aplicação de herbicidas 2x ao ano

Figura 2. Tabela descritiva dos tratamentos de Café com Grevílea e Café com Cedro.

A floresta nativa, que foi utilizada como referência para representar a condição original da área estudada, possui aproximadamente 20 anos sem interferência antrópica, possuindo um estrato arbóreo de 15 a 25 metros de altura, e está localizada na lateral das plantações de café. A área é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana, inserida em uma zona de transição entre os biomas Mata Atlântica e Caatinga. Essa formação vegetal representa a tipologia predominante na região, caracterizando-se pela presença de espécies arbóreas de médio e grande porte, associadas a um estrato arbustivo e a uma cobertura herbácea e gramínea, típica de ambientes vinculados ao domínio da Floresta Atlântica.

O fragmento florestal apresenta estrutura vertical bem definida, composta por diferentes estratos de vegetação, incluindo arbóreo, arbustivo, herbáceo e gramíneo. Essa complexidade estrutural confere ao interior do fragmento condições de sombreamento acentuado e maior umidade, criando um microclima favorável à manutenção da biodiversidade e à estabilidade dos processos ecológicos locais.

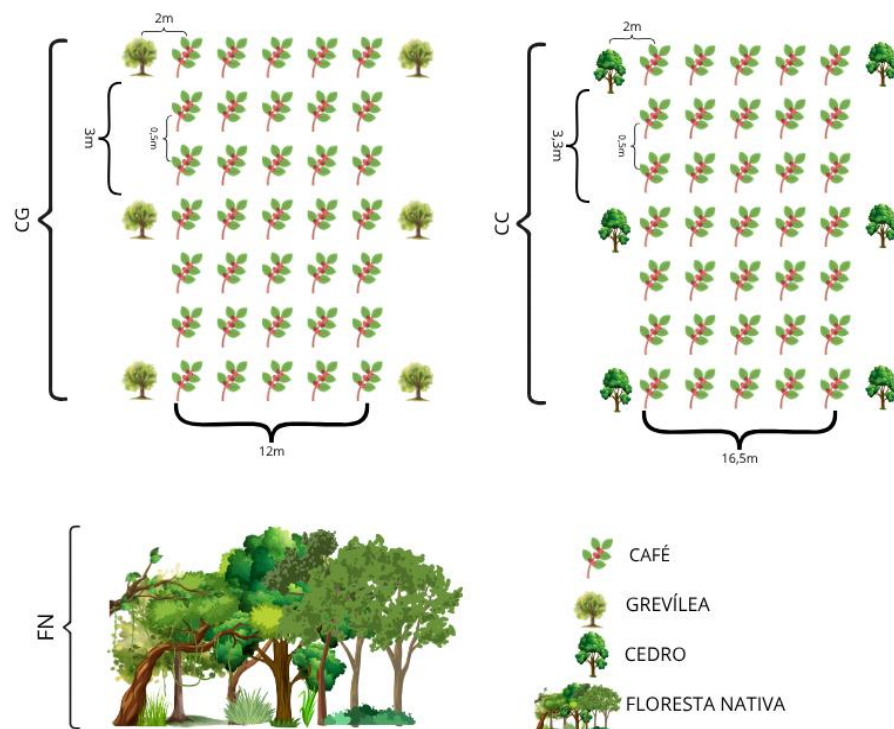


Figura 3. Esquema de arranjo dos sistemas agroflorestais de CG (Café com Grevílea), CC (Café com Cedro) e FN (Floresta Nativa).

3.2 Amostragem de serapilheira, transição e solo

Para amostragem dos estratos (serapilheira, transição serapilheira-solo e solo), quatro parcelas foram distribuídas de forma aleatória em cada um dos sistemas avaliados, totalizando 36 unidades amostrais. As quatro parcelas dentro de cada sistema foram consideradas repetições.

Para amostragem de serapilheira, a coleta foi realizada com o auxílio de um gabarito – sendo retiradas amostras de serapilheira com dimensões de 25×25 cm.

Para a amostragem do estrato serapilheira-solo, foram coletados três pontos diferentes (amostras simples) com o auxílio de uma pá para ser obtida uma amostra composta. O estrato serapilheira-solo foi localizado abaixo da camada de serapilheira até 5 cm de solo (Figura 4). Esse estrato foi separado devido à maior presença de raízes e resíduo vegetal em maior estágio de decomposição.

Para a amostragem do estrato solo: a coleta da camada de solo (10 cm) foi realizada com auxílio de uma pá em três pontos diferentes (amostras simples) para se obter uma amostra composta. O estrato solo foi localizado 10 cm abaixo da camada de serapilheira, após a retirada do estrato serapilheira-solo. Ao lado dos pontos amostrais, foi retirada uma amostra de solo indeformada com auxílio de anel volumétrico e amostras deformadas (aproximadamente 1 kg), ambas em 10 cm de profundidade.

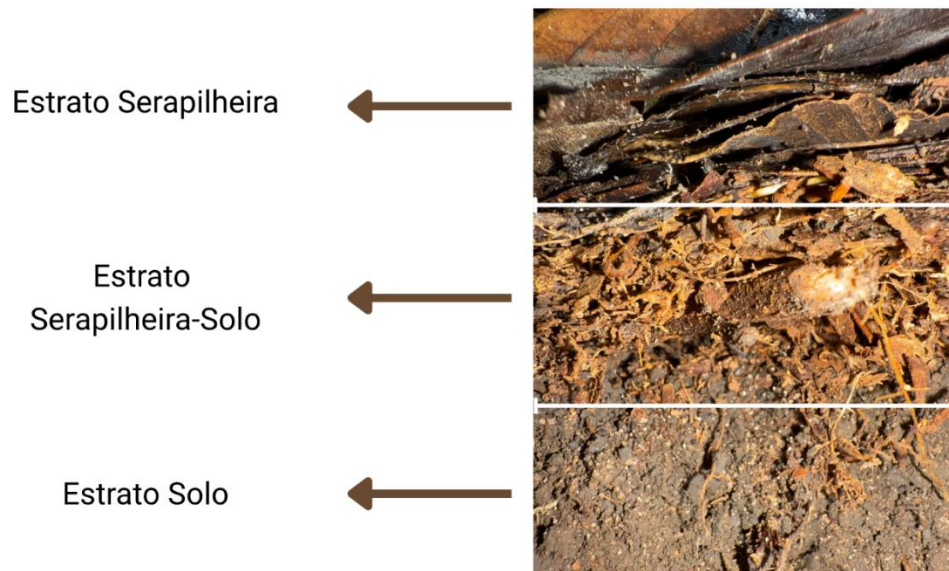


Figura 4. Demonstrativo dos estratos Serapilheira, Serapilheira – Solo e Solo.

3.3 Serapilheira acumulada

As amostras de serapilheira foram triadas e separadas em quatro frações: folhas, galhos+cascas, material reprodutivo e miscelânea. As frações foram secas em estufa a 65 °C, até alcançar massa seca constante e, posteriormente, foram pesadas em balança semi-analítica. Os dados de massa seca (g) foram convertidos para $Mg\ ha^{-1}$, considerando a área do gabarito.

3.4 Mesofauna edáfica

As amostras de solo, transição solo-serapilheira e serapilheira foram utilizadas para retirar subamostras com objetivo de caracterizar a mesofauna. Para isso, foi utilizado um método adaptado do funil de Berlese-Tullgren (Aquino et al., 2006), visando a extração de organismos vivos com diâmetro corporal inferior a 2 mm. As amostras foram expostas à luz de lâmpadas incandescentes de 20 W em uma estante, durante sete dias, para que, devido à

presença da luz e do calor, esses insetos se movessem para baixo, caindo em um frasco contendo formol a 1%. Após sete dias, foi efetuada a lavagem dos invertebrados com água destilada e armazenados em potes com tampa contendo álcool 70%. Os invertebrados foram contados com o auxílio de lupa estereoscópica e identificados até o nível do grande grupo taxonômico. A partir desses dados, foram obtidas as seguintes variáveis: densidade (indivíduos por m²), riqueza (quantidade de grupos) e os índices de diversidade de Shannon (H') e uniformidade de Pielou (J').

3.5 Densidade do solo

As amostras indeformadas de solo foram utilizadas para determinar a densidade do solo pelo método do anel volumétrico. O método consistiu na pesagem das amostras do solo indeformadas, coletadas em um anel de volume conhecido (265,4 cm³). Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a 105° C até peso constante (Embrapa, 2017). A densidade do solo foi calculada pela equação: Densidade do solo (g cm⁻³) = massa seca do solo (g)/ volume do anel (cm³).

3.6 Carbono orgânico do solo e nitrogênio total do solo

As amostras indeformadas de solo foram utilizadas para determinar as concentrações de carbono orgânico do solo (COS) e nitrogênio total do solo (NT). O método foi realizado via combustão a seco em um sistema analisador elementar automatizado (analisador CHNS/O), modelo Perkin-Elmer Series II 2400 CHNS/Analyzer.

3.7 Análise estatística dos dados

Os dados foram avaliados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (5% significância). Para os dados que apresentaram normalidade, foi ajustado um modelo linear misto geral (efeito fixo do sistema: FN, CC e CG e efeito aleatório da amostragem). Os dados que não apresentaram normalidade, foram transformados utilizando-se a transformação Box-Cox (carbono orgânico do solo e nitrogênio orgânico do solo). Para a mesofauna edáfica do solo, foi ajustado um modelo linear misto generalizado com distribuição de Poisson (efeito fixo do sistema: FN, CC e CG e efeito aleatório da amostragem).

As médias foram comparadas pelo teste de Fisher (LSD) a 5% de significância com auxílio dos *softwares* StatSoft Statistica®, versão 12.0 (Statsoft, 1974-2009), e Sigmaplot® v.14.0. (SYSTAT, 2010) para construção dos gráficos.

4 RESULTADOS

4.1 Serapilheira acumulada

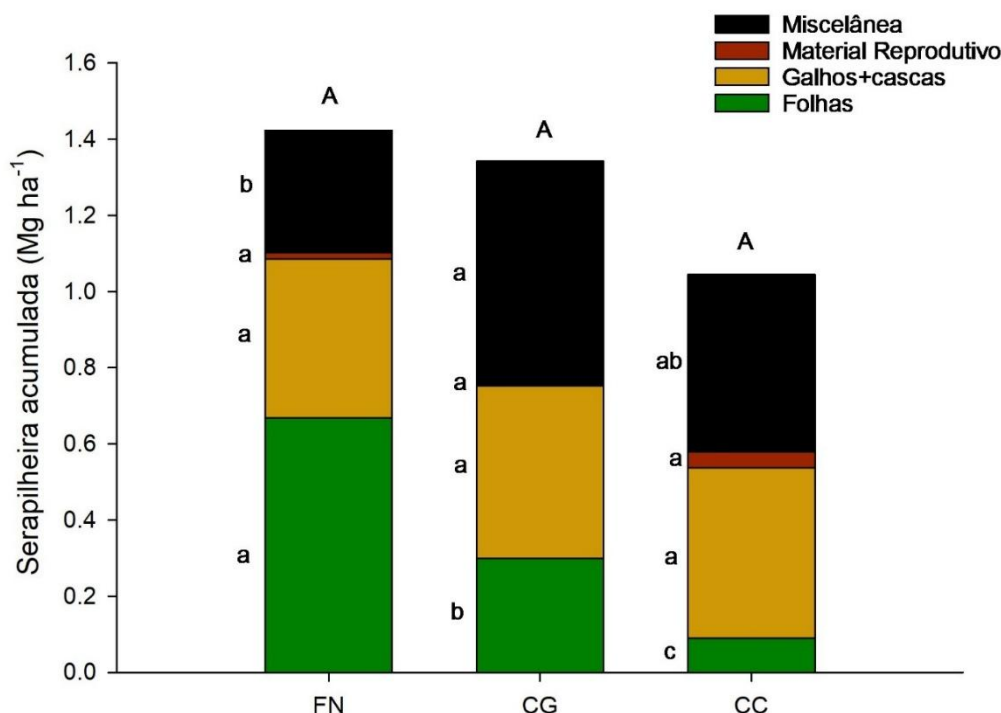


Figura 5. Estoque de serapilheira em sistemas agroflorestais de café e floresta nativa em Barra do Choça, Bahia, Brasil. FN – floresta nativa; CC – sistema de café com cedro; CG – sistema de café com grevílea. Letras maiúsculas diferenciam a serapilheira acumulada total e letras minúsculas diferenciam as frações da serapilheira entre os sistemas pelo teste Fisher a 5% de significância.

A floresta nativa (FN), o sistema café com grevílea (CG) e o sistema café com cedro (CC) tiveram valores semelhantes de estoque total de serapilheira, indicando equivalência quantitativa entre os sistemas.

Em relação às frações da serapilheira, observaram-se diferenças entre os sistemas. A fração folhas apresentou maior valor na floresta nativa, valor intermediário no sistema café com grevílea e menor valor no sistema café com cedro, com distinção estatística entre os três sistemas. A fração galhos + cascas não se diferiu estatisticamente entre FN, CG e CC, apresentando comportamento semelhante nos sistemas avaliados.

Para a fração material reprodutivo, a FN e o sistema CG apresentaram valores estatisticamente semelhantes, enquanto o sistema CC apresentou valor intermediário, não se diferenciando dos demais. Já a fração miscelânea apresentou maior valor no sistema CG, diferindo-

se da FN, enquanto o sistema CC apresentou valor intermediário, sem diferença estatística em relação aos outros sistemas.

4.2 Mesofauna edáfica

A mesofauna edáfica apresentou diversidade composta por até 12 grupos taxonômicos (Tabela 3), com predomínio de Acari e Collembola, que apresentaram as maiores abundâncias absolutas em todos os sistemas (CC, CG e FN). Os demais grupos taxonômicos, como Hymenoptera - Formicidae, Diptera, Symphyla, Dermaptera (ninha), Hemiptera - Sternorrhyncha e larvas de Coleoptera, ocorreram com baixas abundâncias e distribuição restrita a determinados estratos, contribuindo de forma menos expressiva para a composição total da comunidade.

Tabela 1. Abundância, densidade e riqueza total de indivíduos da mesofauna edáfica em sistemas de cultivo de café com cedro, café com grevilea e floresta nativa no município de Barra do Choça, Bahia, Brasil

Grupos Taxonômicos	SERAPILHEIRA			SERAPILHEIRA/SOLO			SOLO		
	FN	CG	CC	FN	CG	CC	FN	CG	CC
Acari	83,5 Aa	24,75 Cb	29 Cb	71,25 Ab	125,25 Aa	107,5 Aa	35,5 Bb	125,25 Ba	107,5 Bab
Araneae	3,25 Aa	0	0	1,0Ba	0	0	0	0	0
Blatodea Ninfa (Barata)	0	0	0	0	0	0,25 Aa	0	0	
Collembola	32,75 Aa	7,0Cb	9,25 Bb	33,5 Ab	54,75Aa	56,75Aa	10,5 Bb	18,25Ba	15,5Bab
Dermaptera Ninfa	0	0	0	0	0	0	0	0,25 Aa	0
Diptera	0,5 Aa	0,5Aa	0	0,25 Aa	0,25 Aa	0,25 Aa	0,5 Aa	0	0
Himenoptera - Formicidae	2,5 Aa	0,5 Ba	0	4,25 Aa	3,5 Aa	1,5 Aa	4,5 Aa	3,0 ABa	2,0 Aa
Larva Coleoptera	0,25 Aa	0,25 Aa	0	0,25 Aa	0,25 Aa	0,25 Aa	0	0	0
Hemiptera - Sternorrhyncha	0	0	0,25Aa	0	0	0	0	0	0
Symphyla	1,5 Aa	0	0	2,75 Aa	1 Aa	0,5 Aa	0,5 Aa	1,5 Aa	1,25 Aa
Total (N Ind)	124,3 Aa	33 Cb	38,75 Cb	113,3 Ab	185,75 Aa	167,5 Aa	51,5 Bb	78 Ba	61,75 Bab
Densidade (N° Ind.m-2)	28135,31	7469,672	8771,206	25408,2	42045,2	37914,24	11657,22	17,655,30	13977,11
Riqueza Total	7	5	4	7	7	8	5	5	4

Letras minúsculas na mesma linha comparam os sistemas (Café com Cedro, Café com Grevilea e Floresta Nativa) dentro de cada estrato (Serapilheira, Serapilheira-Solo e Solo). Letras maiúsculas na mesma linha comparam os estratos dentro de cada sistema.

O total de indivíduos apresentou variação significativa tanto entre estratos quanto entre sistemas. Em todos os sistemas, os maiores valores de abundância foram registrados nos estratos serapilheira e serapilheira/solo, enquanto o solo apresentou os menores totais. O sistema CG destacou-se pelo maior número de indivíduos na transição serapilheira/solo, seguido por CC, enquanto a FN apresentou valores elevados na serapilheira. A riqueza média de grupos taxonômicos manteve-se relativamente constante entre sistemas e estratos, variando de 2,5 a 5,5 grupos, sem diferenças estatísticas expressivas na maioria das comparações, assim como a riqueza total, que oscilou entre quatro e oito grupos dependendo do sistema e do estrato analisado.

A análise da distribuição dos grupos taxonômicos evidenciou que Acarinae apresentou as maiores médias em todos os estratos e sistemas. Na FN, esse grupo foi mais abundante na serapilheira, com redução progressiva na transição serapilheira/solo e no solo. Nos sistemas CG e CC, as maiores abundâncias de Acarinae ocorreram na transição serapilheira/solo, seguidas pela serapilheira e pelo solo. Collembola apresentou comportamento semelhante, com elevada abundância na serapilheira da FN e aumento expressivo na transição serapilheira/solo nos sistemas agrícolas, sendo o segundo grupo de maior incidência. Formicidae esteve presente nos três estratos, com maiores valores registrados na serapilheira e na transição, enquanto no solo os valores foram mais reduzidos. Os demais grupos taxonômicos apresentaram médias próximas de zero em grande parte das combinações de sistema e estrato, indicando baixa representatividade numérica e distribuição limitada.

Comparando os estratos dentro de cada sistema, verificou-se que os sistemas agrícolas (CC e CG) apresentaram um padrão semelhante, com a camada de transição serapilheira-solo registrando as maiores abundâncias da mesofauna. Em ambos os casos, a serapilheira e o solo indicaram valores menores e estatisticamente iguais entre si, e em alguns grupos, como Dermaptera ninfa, a serapilheira caracterizou a menor média dentro do sistema. Assim, a sequência em CC foi Transição > Solo > Serapilheira, e em CG, Transição > Serapilheira e Solo. Na floresta nativa (FN), o comportamento foi inverso: a serapilheira concentrou as maiores médias de abundância, principalmente de ácaros e colêmbolos, enquanto o solo apresentou as menores médias e a transição valores intermediários.

Ao avaliar os sistemas dentro de cada estrato, observou-se que as diferenças significativas entre sistemas ocorreram apenas na camada de serapilheira. Nesse estrato, a FN apresentou os maiores valores de abundância, diferindo-se estatisticamente dos sistemas agrícolas. O CC mostrou posição intermediária, não se diferindo da FN nem do CG, enquanto o CG apresentou as menores médias. Assim, a sequência estatística na serapilheira foi FN >

CC > CG. Nas camadas de transição e solo, todos os sistemas demonstraram ausência de diferença estatística entre manejos nesses estratos. Em termos taxonômicos, os ácaros e colêmbolos foram os principais responsáveis por essas diferenças, pois apresentaram variações significativas entre sistemas e estratos, enquanto os demais grupos permaneceram estatisticamente uniformes.

4.3 Densidade do solo

O CC apresentou a maior densidade do solo que os demais tratamentos (Figura 4). O CG e FN não se diferiram entre si.

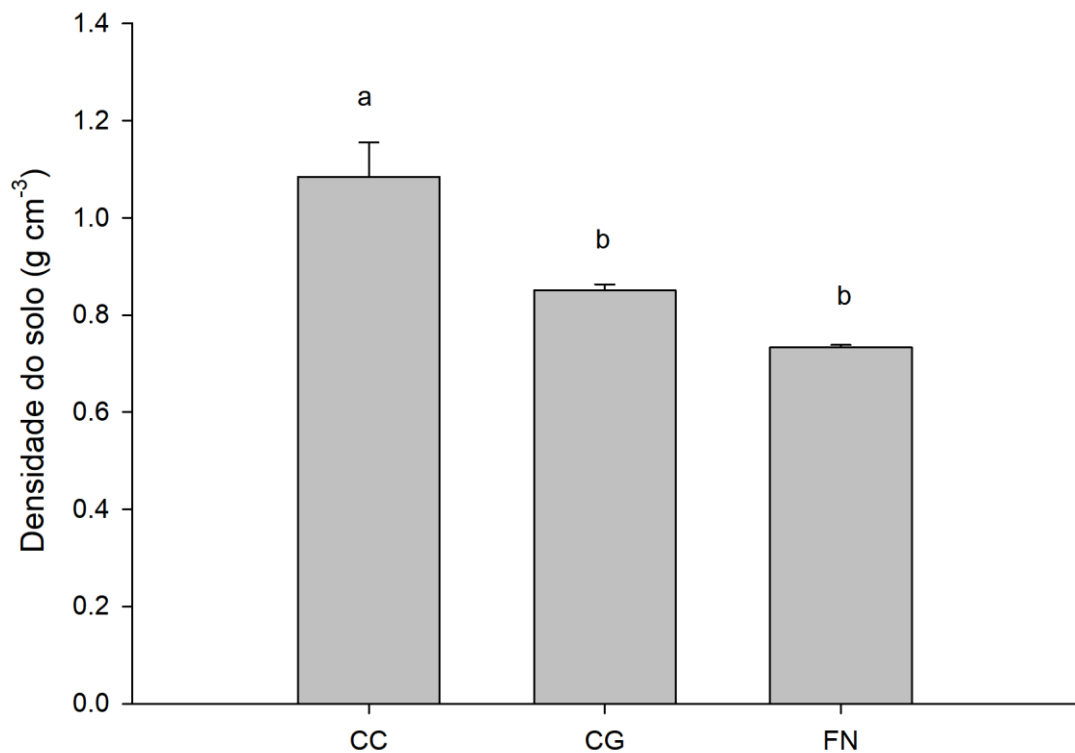


Figura 6. Densidade do solo em sistemas agroflorestais de café e floresta nativa em Barra do Choça, Bahia, Brasil. Em que: CC – sistema de café com cedro; CG – sistema de café com grevêlea; e FN – floresta nativa. Letras minúsculas diferenciam a densidade entre os sistemas pelo teste Fisher a 5% de significância.

4.1. Carbono orgânico do solo e nitrogênio orgânico do solo

O teor de carbono variou entre os estratos e sistemas avaliados (Figura 8). Em todos os sistemas, observou-se maior concentração de carbono na serapilheira, seguida pela camada de transição e pelo solo.

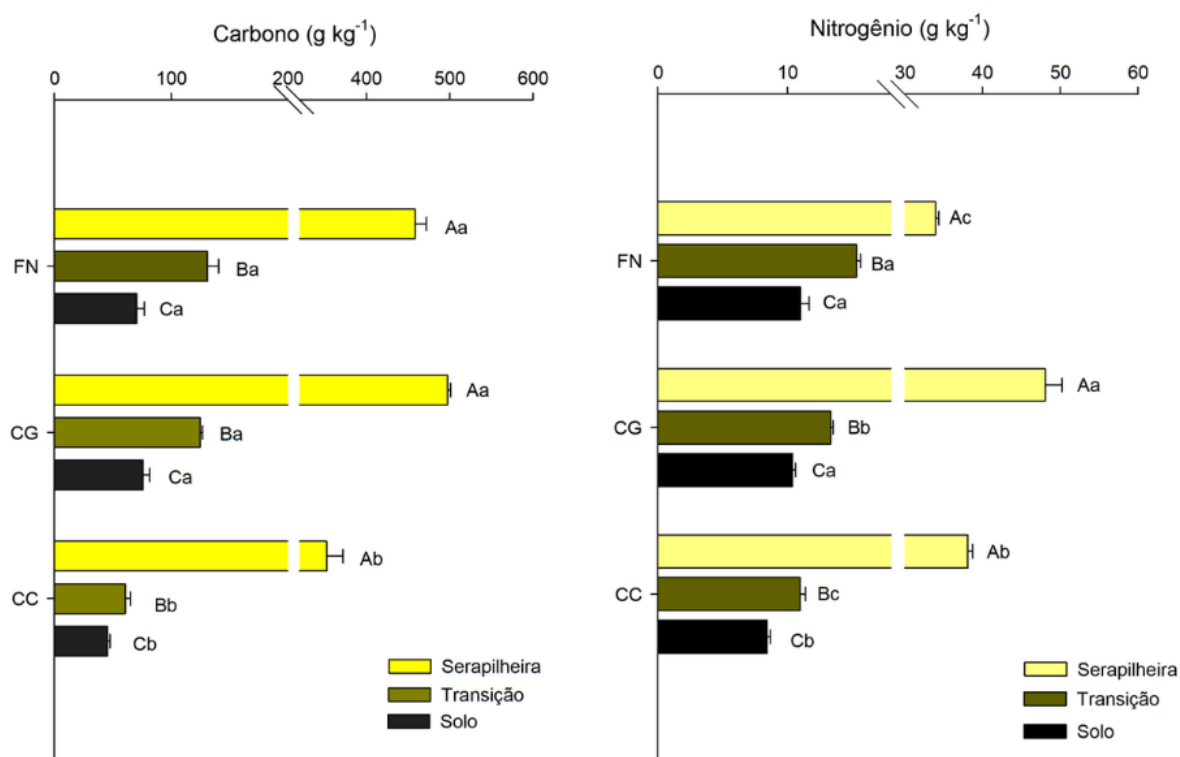


Figura 7. Carbono orgânico do solo e nitrogênio orgânico do solo em sistemas de cultivo de café e floresta nativa em Barra do Choça, Bahia, Brasil. Em que: CG – sistema de café com grevêlea; CC – sistema de café com cedro; FN – floresta nativa. Letras minúsculas iguais, que comparam os teores de carbono entre os sistemas; e as letras maiúsculas iguais, que comparam os estratos em cada sistema, não se diferem estatisticamente pelo teste Fisher a 5% de significância.

Na comparação entre sistemas dentro de cada estrato, a FN e o CG apresentaram teores de carbono estatisticamente semelhantes e superiores aos do CC. Esse padrão manteve-se em todas as camadas, indicando efeito significativo tanto do estrato quanto do sistema, além de interação entre ambos.

O teor de nitrogênio apresentou a sequência serapilheira > transição > solo em todos os sistemas avaliados. Na serapilheira, o teor de nitrogênio foi maior no CG, seguido por CC e

FN. Na camada de transição, o teor foi superior na floresta nativa, intermediário no café com grevêlea e menor no café com cedro. Já no solo, FN e CG não se diferiram entre si e apresentaram valores superiores ao CC.

4.4 Análise de nMDS

No estrato de serapilheira (Figura 6A), foi observada a separação entre os três sistemas no plano cartesiano, direcionada pelas diferenças na composição da mesofauna e em menor magnitude pelo serapilheira, CT e NT do solo. O sistema FN foi associado principalmente a maiores valores de riqueza e a grupos da fauna, além de maior proximidade com os vetores relacionados ao carbono total e nitrogênio total. Os sistemas agroflorestais, especialmente o CC, posicionaram-se de forma isolada no espaço de ordenação, associado aos grupos Sternoryncha e larva de tricoptera, enquanto o CG não teve associação clara com os grupos da fauna. Entre os grupos taxonômicos, Acarinae, Collembola e Symphyla apresentaram maior contribuição para a ordenação nesse estrato.

No estrato de transição serapilheira–solo (Figura 6B), foi verificada uma redução na separação entre os sistemas, com maior proximidade espacial entre FN e CG, indicando maior similaridade na composição da mesofauna e nos atributos associados. O sistema CC permaneceu mais distante no espaço multivariado, refletindo um padrão distinto de organização biológica. Os vetores associados aos grupos Entomobryomorpha, Acarinae e Collembola apresentaram maior influência na ordenação, assim como os atributos de carbono e nitrogênio do solo, que se concentraram próximos ao agrupamento da FN.

No solo (Figura 6C), observou-se maior sobreposição entre os sistemas, especialmente entre FN e CG, indicando convergência na estrutura da mesofauna edáfica nesse estrato. O sistema CC manteve-se mais afastado dos demais, sugerindo composição diferenciada. Os grupos Collembola, Formicidae e Diptera apresentaram maior associação com esse estrato, enquanto os vetores de CT e NT mostraram menor magnitude em relação aos estratos superiores. A ordenação evidenciou menor dispersão dos pontos, refletindo menor heterogeneidade da mesofauna no solo.

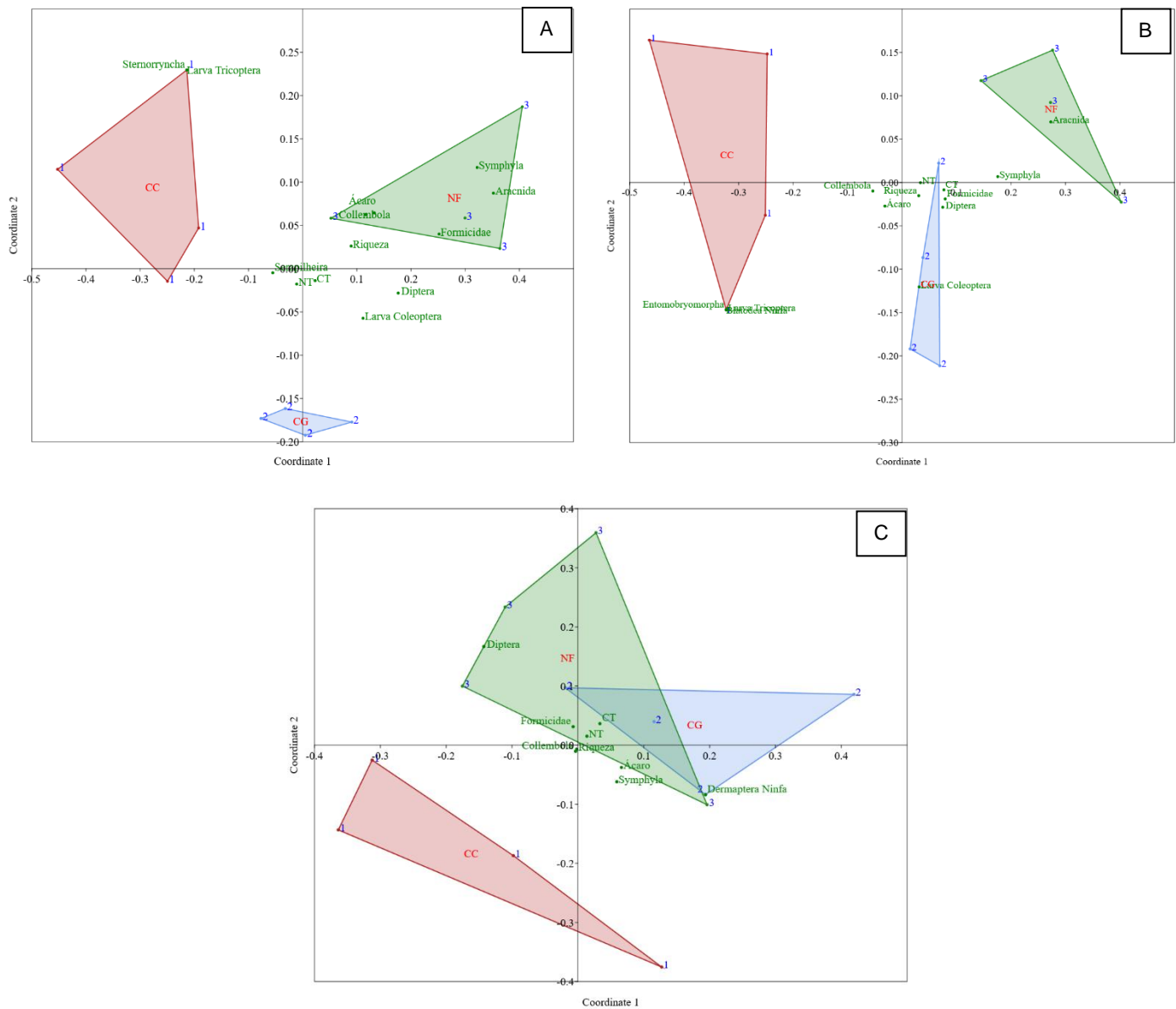


Figura 8. Escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) para os compartimentos Serapilheira (A), transição serapilheira-solo (B) e solo (C) de dois sistemas agroflorestais de café e uma floresta nativa. O nMDS foi baseado nos dados de CT = carbono total, NT = nitrogênio total, grupos da mesofauna, diversidade e densidade do solo. O nMDS foi construído pelo método de similaridade de Bray-Curtis.

5 DISCUSSÃO

A dinâmica da serapilheira encontrada evidencia que, embora os sistemas agroflorestais de café apresentem valores de acúmulo total comparáveis ao fragmento de floresta nativa, a composição e a distribuição das frações refletem diferenças marcantes nos processos ecológicos associados ao tipo de vegetação, à arquitetura das espécies arbóreas e ao manejo adotado em cada sistema. Esse resultado reforça a ideia de que a serapilheira não deve ser interpretada apenas em termos quantitativos, mas, sobretudo, qualitativos, uma vez que sua composição condiciona diretamente a ciclagem de nutrientes, a proteção física do solo e a atividade biológica.

Na floresta nativa, a maior contribuição da fração folhas está associada à elevada diversidade florística e à presença de espécies com diferentes estratégias fenológicas, resultando em aporte contínuo e diversificado de material orgânico (Mao et al., 2022). Esse padrão é típico de ecossistemas florestais mais maduros, nos quais a serapilheira foliar desempenha papel central na rápida devolução de nutrientes ao solo, devido à menor relação C/N e à maior facilidade de decomposição (Men et al., 2025). Além disso, a heterogeneidade estrutural da floresta favorece a formação de um microclima mais estável, com maior umidade e menor amplitude térmica, condições que estimulam a atividade de decompositores e aceleram os processos de mineralização.

Nos sistemas agroflorestais de café, a presença de espécies arbóreas específicas, como grevílea e cedro, modifica significativamente o padrão de deposição da serapilheira. No sistema com grevílea, a maior participação relativa das frações galhos + cascas e miscelânea indica um aporte mais expressivo de resíduos lenhosos, característica associada ao crescimento rápido da espécie e ao desprendimento frequente de partes estruturais. Esse tipo de material apresenta maior resistência à decomposição, contribuindo para a formação de uma camada de serapilheira mais persistente sobre o solo. Ecologicamente, esse comportamento pode favorecer a proteção superficial do solo contra o impacto das gotas de chuva, reduzir perdas por erosão e auxiliar na conservação da umidade, ainda que a liberação de nutrientes ocorra de forma mais lenta (Souza et al., 2025).

Já em relação à composição da mesofauna edáfica, nos sistemas de café e no fragmento de FN houve predomínio de ácaros (Acarinae) e colêmbolos (Collembola), seguidos por grupos de menor frequência, como Hymenoptera, Diptera, Isoptera e larvas de Coleoptera. Esse padrão pode ser típico de solos tropicais e confirma o papel desses organismos como principais reguladores da decomposição e da ciclagem de nutrientes (Melo et al., 2009; Oliveira Filho &

Baretta, 2016). A abundância de Acarinae e Collembola pode estar associada à sua alta capacidade de adaptação e rápida resposta a variações microambientais, o que os torna bioindicadores sensíveis da qualidade ecológica do solo (Baretta et al., 2008; Moreira et al., 2010).

Nos sistemas agroflorestais de café, a maior densidade de indivíduos na camada de transição entre serapilheira e solo indica uma redistribuição vertical da fauna em resposta ao microclima e à estrutura física do solo. Essa zona intermediária acumula resíduos parcialmente decompostos e mantém maior umidade e estabilidade térmica, o que favorece a colonização por grupos microherbívoros e decompositores. Em contrapartida, a FN apresentou maior abundância na serapilheira superficial, com uma elevada participação do componente folhas, constituindo a fração mais lábil do material vegetal que representa uma importante fonte de energia e nutrientes para a fauna do solo, contribuindo para a intensificação da atividade biológica nessa interface serapilheira–solo. Essa diferenciação entre os sistemas pode demonstrar que o manejo agrícola, mesmo sob sistemas agroflorestais, tem chances de modificar a distribuição vertical e a intensidade da atividade biológica, embora não elimine a riqueza dos grupos presentes.

A riqueza média de grupos taxonômicos semelhante entre os sistemas sugere que a diversidade estrutural da comunidade foi mantida, indicando resiliência ecológica da mesofauna frente às alterações do uso do solo. Isso corrobora a teoria clássica de que a diversidade confere estabilidade aos ecossistemas, reforçada em estudos tropicais que apontam os sistemas agroflorestais como mecanismos de conservação da biodiversidade do solo (Cardoso et al., 2022; Assunção et al., 2019). De acordo com Singh e Pillai (1975), a riqueza de microartrópodes tende a se manter estável em solos que preservam condições mínimas de umidade e aporte orgânico, fatores sustentados pelos sistemas de café sombreados. Assim, a presença de espécies arbóreas, como o cedro e a grevílea, contribui para a manutenção de microclimas mais úmidos e temperaturas moderadas, o que reduz o estresse térmico e possibilita a persistência da fauna típica de ambientes florestais (Calheiros et al., 2019; García-Palacios et al., 2013).

A maior concentração de indivíduos, na camada de transição dos sistemas agrícolas e na serapilheira da floresta nativa, indica diferentes estratégias ecológicas de adaptação da fauna às condições de cada ambiente. Contudo, é importante destacar que, apesar de os sistemas agroflorestais serem classificados como sistemas agrícolas, eles se aproximam da floresta nativa em termos de estrutura do sistema, especialmente pela presença do componente arbóreo, maior aporte e diversidade de serapilheira e maior heterogeneidade espacial. Essa

complexidade estrutural confere aos SAFs condições microambientais mais semelhantes às da floresta, como maior sombreamento, menor amplitude térmica e maior conservação da umidade do solo, permitindo que a fauna edáfica explore nichos verticais de forma análoga àqueles observados em ambientes florestais (Fleck et al., 2020). Em solos sob cultivo, a decomposição acelerada e a perturbação superficial reduzem a permanência da fauna na serapilheira, levando à migração para zonas mais protegidas, onde há maior estabilidade hídrica e térmica (Baretta et al., 2011). Em ambientes florestais, a presença contínua de detritos e raízes finas cria uma camada superficial biologicamente ativa, essencial à ciclagem de nutrientes e à manutenção da estrutura trófica do solo (Melo et al., 2009; Machado et al., 2015). Esse comportamento confirma que a fauna edáfica responde primariamente à disponibilidade de matéria orgânica e à umidade, sendo ambas determinantes para a composição e abundância das comunidades (Calheiros et al., 2019; Moreira et al., 2010).

Os grupos de baixa incidência, como Dermaptera, Symphyla, Diptera e Sternorrhyncha, apresentaram ocorrência esparsa e concentrada em micro-habitats específicos, comportamento coerente com a dependência de condições microclimáticas estáveis e alta heterogeneidade estrutural do solo (Sanchez-García & Engel, 2017). Esses organismos possuem menor tolerância a distúrbios e desempenham papéis complementares na decomposição de substratos e na manutenção de porosidade (Baretta et al., 2011). A baixa representatividade observada nos sistemas agrícolas pode estar relacionada à menor diversidade de resíduos vegetais e à exposição direta da serapilheira à radiação solar, o que reduz a oferta de nichos e abrigo (Nunes, 2021).

A maior densidade do solo observada no sistema café com cedro (CC) pode ser explicada por um conjunto de fatores ecológicos e estruturais associados às características da espécie arbórea, como a menor contribuição de resíduos orgânicos de rápida decomposição, especialmente a fração folhas. O cedro apresenta sistema radicular predominantemente pivotante e profundo, com menor exploração das camadas superficiais do solo, o que reduz a formação de bioporos nessas camadas e favorece maior compactação superficial, sobretudo em áreas submetidas ao manejo agrícola e ao tráfego de máquinas. Espécies arbóreas com esse padrão radicular tendem a exercer menor efeito estruturador nas camadas mais rasas do solo, resultando em maiores valores de densidade aparente em sistemas agroflorestais (Nunes et al., 2021; Beule et al., 2022). Além disso, o cedro possui menor aporte de matéria orgânica fina, reduzindo a formação de agregados estáveis — um mecanismo essencial para diminuir a densidade do solo (Zhou et al., 2020; Six et al., 2000).

Por outro lado, os sistemas café com grevilea (CG) e floresta nativa (FN) não diferiram entre si, comportamento que pode ser associado, em grande parte, à maior quantidade de folhas acumuladas na serapilheira nesses ambientes. A grevilea caracteriza-se por elevada produção de resíduos foliares e sistema radicular fibroso e superficial, o que favorece intensa interação entre raízes, microrganismos e macrofauna nas camadas superficiais do solo. Esse conjunto de fatores aumenta o aporte de carbono lábil, estimula a atividade biológica e promove maior formação de agregados estáveis, reduzindo a densidade (Schäfer et al., 2019; Wang et al., 2022).

De forma semelhante, a floresta nativa constitui um ecossistema estabilizado, com elevado acúmulo de matéria orgânica, especialmente folhas, conferindo uma camada espessa de serapilheira e intensa atividade biológica, promovendo bioporos e reduzindo a compactação (Nyirenda & Balaka et al., 2021).

O carbono orgânico do solo (COS) apresenta uma relação estreita com a fauna edáfica em sistemas agroflorestais de café, uma vez que a serapilheira acumulada e a maior complexidade estrutural favorecem tanto o transporte de matéria orgânica quanto a manutenção da biodiversidade (Souza et al., 2022). Estudos demonstram que a diversidade florística e estrutural em sistemas agroflorestais contribui para maior entrada de matéria orgânica no solo, aumentando o estoque de carbono (Ribeiro et al., 2019). Este maior aporte é derivado da produção e destruição da serapilheira, resíduos vegetais e exsudatos radiculares, evidenciado por outros estudos que focam em sistemas agroflorestais (Amaral et al., 2019).

O menor COS observado em sistemas de CC, especialmente no estrato solo, pode ser atribuído ao manejo diversificado, que reduz o transporte de matéria orgânica e favorece a rápida mineralização do carbono. As monoculturas têm taxas de perda de carbono mais aceleradas (Paulus et al., 2021). A escassez de cobertura orgânica e diversidade alimentar pode resultar em menor proteção física do carbono na camada mineral, resultando em estoques restritos (Rayol & Alvino-Rayol, 2018).

Sistemas como o cultivo consorciado de café com grevilea favorecem a formação e estabilidade de agregados biogênicos, que protegem o carbono orgânico da perda, promovendo maior estabilidade do carbono no solo e aumentando a capacidade do sistema para mitigar emissões de gases de efeito estufa (Sales et al., 2018). De acordo com outros estudos, a intensificação agrícola sustentável, aliada à preservação do crescimento arbóreo, é crucial para ampliar os estoques de carbono do solo, sendo esses reconhecidos como importantes sumidouros de carbono na luta contra as mudanças climáticas (Lucena et al., 2018).

A maior concentração de nitrogênio na serapilheira, em comparação às camadas de transição e solo mineral, pode ser um padrão típico de ecossistemas florestais e agroflorestais, pois a serapilheira é a principal via de retorno de matéria orgânica e nutrientes ao solo, especialmente nitrogênio. Nesse compartimento se acumulam folhas, ramos finos e outros resíduos recém-depositados, com teores elevados de N e submetidos à forte atividade microbiana, o que explica os maiores conteúdos de nitrogênio observados na superfície em relação às camadas mais profundas (Dunkerley et al., 2015). À medida que esse material é decomposto e incorporado, o nitrogênio é mineralizado, imobilizado na biomassa microbiana e gradualmente transferido para o solo, resultando em decréscimo dos teores ao longo do perfil (Nascimento et al., 2018).

As diferenças entre os sistemas de uso da terra podem ser relacionadas às espécies arbóreas presentes e às características de seus resíduos. Sistemas com espécies que produzem grande volume de serapilheira fina e com decomposição relativamente rápida tendem a aumentar o retorno de nitrogênio à superfície e a sustentar fluxos contínuos desse nutriente para a camada de transição, favorecendo maior disponibilidade de N e maior atividade microbiana nessa zona (Nascimento et al., 2018). Em contraposição, sistemas dominados por espécies com serapilheira mais lignificada e recalcitrante apresentam decomposição mais lenta e menor liberação de nitrogênio, o que reduz o acúmulo desse nutriente na serapilheira e limita sua transferência para o solo mineral (Moura et al., 2022; Osono et al., 2017).

Na floresta nativa, a combinação entre elevada diversidade de espécies, heterogeneidade estrutural e mistura de resíduos em diferentes estágios de decomposição promove uma ciclagem de nitrogênio mais complexa e estável. Esse arranjo estrutural favorece a coexistência de processos de mineralização e imobilização ao longo do perfil, resultando em teores relativamente elevados de nitrogênio, não apenas na serapilheira, mas também na camada de transição e no solo mineral (He et al., 2016). A maior atividade biológica, associada a microrganismos, mesofauna e raízes finas, intensifica a formação de bioporos, a incorporação de resíduos ao solo e a retenção de compostos nitrogenados, contribuindo para manter níveis mais equilibrados de nitrogênio nas diferentes profundidades (Zagatto et al., 2017).

A separação observada no estrato serapilheira evidencia a sensibilidade desse compartimento às diferenças entre os sistemas de uso do solo (Cassani et al., 2021). A forte associação entre os grupos dominantes da mesofauna e os atributos de carbono e nitrogênio na floresta nativa indica maior integração entre os componentes biológicos e a matéria orgânica superficial (Sagi et al., 2024; Hanish et al., 2022). Resultados semelhantes foram relatados por Nascimento et al. (2021), que demonstraram que a mesofauna, associada à serapilheira,

responde de forma direta às variações nos estoques e nas frações de carbono do solo. A posição intermediária do sistema CC sugere maior similaridade estrutural com a FN, enquanto a maior dispersão do sistema CG indica maior heterogeneidade da comunidade nesse estrato. O estrato de transição apresentou a maior diferenciação entre os sistemas avaliados, reforçando sua relevância como compartimento de intensa atividade biológica e biogeoquímica. De acordo com Sales et al. (2025), essa camada concentra frações de carbono mais ativas e compostos de origem microbiana, o que favorece interações mais estreitas entre a fauna edáfica e os atributos químicos do solo.

A organização mais homogênea da floresta nativa sugere maior estabilidade estrutural da comunidade, enquanto os sistemas agroflorestais apresentaram padrões distintos de associação entre mesofauna e atributos do solo. A maior sobreposição entre os sistemas no estrato solo indica redução da influência do uso do solo sobre a estrutura da mesofauna em camadas mais profundas. Esse padrão também foi observado por Nascimento et al. (2021), que relataram menor sensibilidade da mesofauna às variações nos atributos de carbono e nitrogênio em profundidade. Embora a floresta nativa ainda apresente associação com alguns grupos taxonômicos, CT e NT, as diferenças entre os sistemas tornam-se menos evidentes nesse compartimento, especialmente com a proximidade do CG.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que a mesofauna edáfica respondeu de forma sensível à organização vertical do solo, refletindo a interação entre os estratos do solo nos diferentes sistemas avaliados. A distribuição vertical dos organismos demonstrou que a mesofauna está fortemente associada à disponibilidade de resíduos orgânicos, às condições microclimáticas e aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, atuando como um elo funcional entre a matéria orgânica superficial e os processos que ocorrem nas camadas superficiais.

A predominância de indivíduos nos estratos mais ricos em serapilheira e material parcialmente decomposto reforça o papel da mesofauna na fragmentação da matéria orgânica e na regulação dos fluxos de carbono e nutrientes ao longo do perfil do solo.

O Sistema agroflorestal de café com grevilea apresenta maior similaridade com a FN do que o café com cedro, evidenciada pela densidade do solo e variação vertical de carbono e mesofauna. A similaridade aumenta com estratos mais profundos.

Nos sistemas agroflorestais de café, apesar do caráter agrícola, a estrutura vertical, proporcionada pela presença do componente arbóreo, favoreceu padrões de distribuição da mesofauna semelhantes aos observados na floresta nativa, especialmente na camada de transição, que se configurou como um compartimento-chave para a atividade biológica.

7 REFERÊNCIAS

- Amaral, G. C., Vargas, A. B., & Almeida, F. S. (2019). Efeitos de atributos ambientais na biodiversidade de formigas sob diferentes usos do solo. **Ciência Florestal**, 29(2), 660-672. <https://doi.org/10.5902/1980509833811>
- Amorim, H., Ashworth, A., Zinn, Y., & Sauer, T. (2022). Carbono orgânico e nutrientes do solo afetados por espécies arbóreas e cama de aves em um sítio agroflorestal de 17 anos. **Agronomy**, 12(3), 641. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030641>
- Antunes et al. "A expansão da produção de café robusta amazônico em sistemas agroflorestais: sustentabilidade e perspectivas na região amazônica brasileira". **Revista Caderno Pedagógico** (2025) doi:10.54033/cadpedv22n6-014.
- Aquino, A. M., Correia, M. E. F., & Badejo, M. A. (2006). Amostragem da mesofauna edáfica utilizando Funis de Berlese-Tullgren Modificado. **Embrapa Agrobiologia Circular Técnica** (INFOTECA-E). Retrieved May 9, 2020, from <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/34090/1/cit017.pdf>
- Aquino, A. M., Silva, R. F., Mercante, F. M., Correia, M. E. F., Guimarães, M. F., & Lavelled, P. (2008). Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, 44(2), 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.05.001>
- Baretta, D., Ferreira, C. S., Sousa, J. P., & Cardoso, E. J. B. N. (2008). Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, 2693-2699.
- Baretta, Dilmar, et al. "Fauna edáfica e qualidade do solo." *Tópicos Ci Solo* 8 (2011): 119-70.
- Bacq-Labreuil, A., Neal, A. L., Crawford, J. W., Mooney, S. J., Akkari, E., Zhang, X., ... & Ritz, K. (2020). Significant structural evolution of a long-term fallow soil in response to agricultural management practices requires at least 10 years after conversion. **European Journal of Soil Science**, 72(2), 829-841. <https://doi.org/10.1111/ejss.13037>
- Bellizarío, I., Almeida, RS, e Fernandes, L. "Análise Comparativa da Compactação do Solo em Monoculturas e Sistemas Agroflorestais." **Pesquisa de Solo e Cultivo** (2018) doi:10.1016/j.still.2018.03.020.
- Beule, L., Guerra, V., Lehtsaar, E., & Vaupel, A. (2022). Digging deeper: microbial communities in subsoil are strongly promoted by trees in temperate agroforestry systems. **Plant and Soil**, 480(1-2), 423-437. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05591-2>
- Brito, J., Oliveira, V., & Araújo, T. (2024). O IMERSÃO E OBSERVAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA CAFEICULTURA EM VARRE SAI-RJ-UM RELATO DE EXPERIÊNCIA. **Revista De Gestão Social e Ambiental**, 18(2), e04664. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n2-135>
- Briones, M. (2014). Fauna do solo e funções do solo: um quebra-cabeça. **Frontiers in Environmental Science**, 2. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00007>

Calheiros, A. R., Silva, C. A. R., Acioli, T. G., Araujo, K. D., & Souza, M. A. (2019). Relação da umidade do solo com a diversidade de organismos da mesofauna edáfica, Alagoas [Relation of soil moisture with the diversity of edaphic mesophena organisms, Alagoas]. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 2 (6), 1924–1929. Retrieved July 16, 2020, from <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/download/5508/5004>

Cassani, M. T., Sabatté, M. L., Rubin, M., Sfeir, A. J., & Massobrio, M. J. (2021). Litter decomposition by soil fauna: effect of land use in agroecosystems. **Heliyon**, 7(10), e08127. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08127>

Cerri et al. (2017) Cerri et al. "Estoques de carbono e nitrogênio no solo devido a mudança do uso da terra em áreas de cultivo de café em Minas Gerais." **Ciência do Café** (2017). doi:10.25186/cs.v12i1.1194

Chamorro-Martínez, Y., Torregroza-Espinosa, A., Pallares, M., Pinto, D., Paternina, A., & Echeverría-González, A. (2022). Macrofauna, mesofauna e microfauna do solo e sua relação com a qualidade do solo em áreas agrícolas do norte da Colômbia: implicações ecológicas. **Revista Brasileira De Ciência Do Solo**, 46. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcS20210132>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **4.º Levantamento da Safra de Café – Safra 2024**. Boletim tecnológico divulgado em 21 jan. 2025; atualizado em 24 jan. 2025. Disponível em: CONAB. Acesso em: 3 set. 2025.

Dunkerley, D. (2015). Percolation through leaf litter: what happens during rainfall events of varying intensity?. **Journal of Hydrology**, 525, 737-746. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.039>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de método de análise de solo. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2017. 573 p. Soil Survey Staff, 2014. **Keys to Soil Taxonomy**, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

Ehrenbergerová, L., Klimková, M., Cano, Y. G., Habrová, H., Lvončík, S., Volařík, D., ... & Maděra, P. (2021). Does shade impact coffee yield, tree trunk, and soil moisture on coffea canephora plantations in mondulkiri, cambodia. **Sustainability**, 13(24), 13823. <https://doi.org/10.3390/su132413823>

Fahad, S., Chavan, S., Chichaghare, A., Uthappa, A., Kumar, M., Kakade, V., ... & Poczai, P. (2022). Agroforestry Systems for Soil Health Improvement and Maintenance. **Sustainability**, 14(22), 14877. <https://doi.org/10.3390/su142214877>

Ferraz, V. A. and Silva, G. d. S. e. (2024). Coffee market price as a reflection of the brazilian harvest. **Research, Society and Development**, 13(8), e1113846481. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i8.46481>

Ferreira, C., Lima, S., Ramos, A., Silva, A., Coelho, I., & Pereira, M. (2024). CARACTERIZAÇÃO DE FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM ÁREAS DE MONTANHA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO., 74-79. <https://doi.org/10.22533/at.ed.64624130612>

Fleck, M. D., Santana, N. A., Jacques, R. J. S., Freiberg, J. A., Machado, D. d. N., Piazza, E. M., ... & Antonioli, Z. I. (2020). Relação Do Uso Do Solo Com a Diversidade E a Atividade Da Fauna Edáfica. **Nativa**, 8(3), 397-402. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i3.9769>

Fujii, S., Makita, N., Mori, A., & Takeda, H. (2015). Controle de espécies vegetais e envolvimento da fauna do solo nos processos de decomposição da serapilheira acima e abaixo do solo. **Oikos**, 125(6), 883-892. <https://doi.org/10.1111/oik.02457>

Fialho et al. "Biodiversidade e funções ecossistêmicas de coleópteros coprófagos em diferentes usos do solo na microrregião de Ituiutaba (MG)." **Sociedade de Pesquisa e Desenvolvimento** (2022). doi:10.33448/rsd-v11i11.33830

García-Palacios, Pablo, et al. "O clima e a qualidade da serapilheira modulam de forma diferente os efeitos da fauna do solo na decomposição da serapilheira em diferentes biomas." **Ecology letters** 16.8 (2013): 1045-1053.

Gonçalves, F., Carlos, C., Crespo, L., Zina, V., Oliveira, A., Salvação, J., ... & Torres, L. (2021). Soil Arthropods in the Douro Demarcated Region Vineyards: General Characteristics and Ecosystem Services Provided. **Sustainability**, 13(14), 7837. <https://doi.org/10.3390/su13147837>

Giweta, M. (2020). Role of litter production and its decomposition, and factors affecting the processes in a tropical forest ecosystem: a review. **Journal of Ecology and Environment**, 44(1). <https://doi.org/10.1186/s41610-020-0151-2>

Guimarães, G. P., Mendonça, E. d. S., Passos, R. R., & Andrade, F. V. (2014). Soil aggregation and organic carbon of oxisols under coffee in agroforestry systems. **Revista Brasileira De Ciência Do Solo**, 38(1), 278-287. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000100028>

Hanisch, J., Engell, I., Linsler, D., Scheu, S., & Potthoff, M. (2022). The role of Collembola for litter decomposition under minimum and conventional tillage. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 185(4), 529-538. <https://doi.org/10.1002/jpln.202200077>

He, P., Wan, S., Fang, X., Wang, F., & Chen, F. (2016). Exogenous nutrients and carbon resource change the responses of soil organic matter decomposition and nitrogen immobilization to nitrogen deposition. **Scientific Reports**, 6(1). <https://doi.org/10.1038/srep23717>

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION (ICO). Coffee Market Report – 2024. Londres: ICO, 2024. Disponível em: <https://www.ico.org>. Acesso em: 11 nov. 2025.

Lopes et al. "Identificação dos resíduos sólidos e líquidos oriundos da produção de café e seus potenciais usos: uma revisão" **Delos desarrollo local sostenible** (2023) doi:10.55905/rdelosv16.n49-008

Inkotte, J., Bomfim, B., Rosa, M., Valadão, M., Gatto, A., Santos, J., ... & Pereira, R. (2024). Changes in Land Use through Eucalyptus Plantations Impact Soil Fauna Communities in Brazilian Savannas. **Sustainability**, 16(7), 2943. <https://doi.org/10.3390/su16072943>

- Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., & Bowyer, J. (2023). Regenerative Agriculture—A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. *Sustainability*, 15(3), 2338. <https://doi.org/10.3390/su15032338>
- Kyaschenko, J., Ovaskainen, O., Ekblad, A., Hagenbo, A., Karlton, E., Clemmensen, K., ... & Lindahl, B. (2018). Soil fertility in boreal forest relates to root-driven nitrogen retention and carbon sequestration in the mor layer. *New Phytologist*, 221(3), 1492-1502. <https://doi.org/10.1111/nph.15454>
- Liu, J., Cheng, X., Haidong, X., & Zhang, S. (2024). Temporal and depth-dependent variations in soil aggregate-associated organic carbon in reclaimed coastal poplar plantations. *Land Degradation & Development*, 35(9), 3200-3211. <https://doi.org/10.1002/ldr.5129>
- Lu, X., Hou, E., Guo, J., Gilliam, F. S., Li, J., Tang, S., ... & Kuang, Y. (2021). Nitrogen addition stimulates soil aggregation and enhances carbon storage in terrestrial ecosystems of china: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 27(12), 2780-2792. <https://doi.org/10.1111/gcb.15604>
- Lucena, M. S. d., Alves, A. R., & Bakke, I. A. (2018). Composição florística, diversidade e estrutura da vegetação arbóreo-arbustiva de caatinga sob sistemas silviculturais. *Nativa*, 6(5), 506-516. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i5.5971>
- Machado, D. L., Pereira, M. G., Correia, M. E. F., Diniz, A. R., & Menezes, C. E. G. (2015). Fauna edáfica na dinâmica sucessional da mata atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do rio Paraíba do sul - RJ [Soil fauna in successional dynamics of atlantic forest in semi-deciduous seasonal forest in the basin of river 'Paraíba do Sul', Rio de Janeiro State]. *Ciência Florestal*, 25(1), 91–106. <https://doi.org/10.1590/1980-509820152505091>
- Mao, B., Cui, T., Su, T., Xu, Q., Lu, F., Su, H., ... & Xiao, S. (2022). Mixed-litter effects of fresh leaf semi-decomposed litter and fine root on soil enzyme activity and microbial community in an evergreen broadleaf karst forest in southwest China. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1065807>
- Matías, MI, Alvarenga, RC, & Moreira, SM "Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo." *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 7(3), (2012), pp. doi:10.5039/agraria.v7i3a1462.
- Melo, F. V., Brown, G. G., Constantino, R., Louzada, J. N. C., Luizão, F. J., Morais, J. W., & Zanetti, R. (2009). A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 34(1), 39–43. Retrieved July 16, 2020, from <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32719/1/a-importancia-da-meso-e-macrofauna-do-solo.pdf>
- Men, X., Bao, Y., Zhai, D., Huang, B., Quan, X., He, X., ... & Cheng, X. (2025). Soil microbial metabolic limitations under subalpine coniferous and broad-leaved forests responding to litter input and removal treatments. *Functional Ecology*, 39(10), 2803-2816. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.70136>

- Mendonça, E. d. S., Cardoso, I. M., Silva, D. M. N. d., & Thomazini, A. (2023). Sistemas agroflorestais: contribuições para a sustentabilidade agrícola de propriedades familiares no bioma mata atlântica. **Revista Contemporânea**, 3(11), 22044-22058. <https://doi.org/10.56083/rev3n11-107>
- Mishra, A., Singh, L., & Singh, D. (2022). Desvendando a caixa preta — um passo adiante para a compreensão do microbioma do solo: uma revisão sistemática. **Ecologia Microbiana**, 85(2), 669-683. <https://doi.org/10.1007/s00248-022-01962-5>
- Moura, R. R. d. S., Caldeira, M. V. W., Siqueira, D. P., Momolli, D. R., Barroso, D. G., Gomes, R., ... & Oliveira, F. S. d. (2022). Decomposition and nutrient release of eucalyptus harvest residues in southeast Brazil. **Cerne**, 28. <https://doi.org/10.1590/01047760202228013031>
- Moço, M. K. D. S., Gama-Rodrigues, E. F. D., Gama-Rodrigues, A. C. D., & Correia, M. E. F. (2005). Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista brasileira de ciência do solo**, 29, 555-564.
- Moreira, F. M. S., Huising, J., & Bignell, D. E. (2010). Manual de Biologia dos Solos Tropicais. **Amostragem e Caracterização da Biodiversidade** (1 ed.). UFLA.
- Muñoz-Villers, LE, Geris, J., Alvarado-Barrientos, MS, Holwerda, F., & Dawson, TE (2020). Café e árvores de sombra apresentam uso complementar da água do solo em um ecossistema agroflorestal tradicional. **Hydrology and Earth System Sciences**, 24(4), 1649-1668. <https://doi.org/10.5194/hess-24-1649-2020>
- Nascimento, A. F. D. J., Silva, T. d. O. d., Filho, R. N. d. A., Sampaio, E. V. d. S. B., Pedrotti, A., Gonzaga, M. I. S., ... & Piscocoy, V. C. (2018). Produção e aporte de carbono, nitrogênio e fósforo na serapilheira foliar do parque nacional Serra de Itabaiana. **Ciência Florestal**, 28(1), 35-46. <https://doi.org/10.5902/1980509831573>
- Nascimento, M. d. S., Barreto-Garcia, P. A. B., Monroe, P. H. M., Scoriza, R. N., & Gomes, V. d. S. (2021). Interaction between edaphic mesofauna and organic carbon within water-stable aggregates in forestry systems: a case study in northeastern brazil. **Catena**, 202, 105269. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105269>
- Nascimento, E. S., Pereira, L. C., & Gomes, R. A. (2021). Multiscale analysis of soil mesofauna effects on soil organic carbon in tropical systems. **Catena**, 206, 105543. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105543>
- Niguse, G., Iticha, B., Kebede, G., & Chimdi, A. (2022). Contribution of coffee plants to carbon sequestration in agroforestry systems of southwestern ethiopia. **The Journal of Agricultural Science**, 160(6), 440-447. <https://doi.org/10.1017/s0021859622000624>
- Notaro, K. d. A., Medeiros, É. V. d., Duda, G. P., Silva, A. O., & Moura, P. M. d. (2014). Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Scientia Agricola**, 71(2), 87-95. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162014000200001>

- Nurcholis, O., Nugroho, G. A., Nugroho, R. M. Y. A. P., Prayogo, C., & Kurniawan, S. (2024). Trees and soil management impacts on soil nutrient and coffee production in coffee-based agroforestry. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 1299(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1299/1/012003>
- Nyirenda, H. and Balaka, V. (2021). Conservation agriculture-related practices contribute to maize (*zea mays l.*) yield and soil improvement in central malawi. **Heliyon**, 7(3), e06636. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06636>
- Nunes, A. L. P., Cortez, G. L. d. S., Zaro, G. C., Zorzenoni, T. O., Melo, T. R. d., Figueiredo, A., ... & Guimarães, M. d. F. (2021). Soil morphostructural characterization and coffee root distribution under agroforestry system with *hevea brasiliensis*. **Scientia Agricola**, 78(6). <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0150>
- Nunes, LAPL, Pessoa, MMC, Araújo, ASF d., Sousa, RS d., Silva, JD d. C., Leite, LFC,... & Barbosa, LR (2021). Caracterização da fauna edáfica em diferentes monoculturas no cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Biologia**, 81(3), 657-664. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.228799>
- dos Santos Nascimento, J., Oliveira, P. R., & Lima, A. C. (2024). Agroforestry banana–coffee systems enhance soil macrofauna, aggregation and carbon storage. **Agroforestry Systems**, 98, 877–891. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-00877-9>
- Ogada, M., Radeny, M., Recha, J., & Solomon, D. (2021). Adoption of complementary climate-smart agricultural technologies: lessons from Lushoto in Tanzania. **Agriculture & Food Security**, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00321-w>
- Oliveira, L. d. R., Zanoni, I. Z., Elias, G. A., & Santos, R. d. (2023). Serapilheira em floresta atlântica no brasil: uma abordagem da produção científica (1987-2019). **Observatório De La Economía Latinoamericana**, 21(12), 28120-28146. <https://doi.org/10.55905/oelv21n12-249>
- Oliveira Filho, L. C. I., & Baretta, D. (2016). Why should we care about edaphic springtails? **Scientia Agraria**, 17(2), 21–40. <https://doi.org/10.5380/rsa.v17i2.48242>
- Oliveira, C. C. d., Alvarenga, M. I. N., Melloni, R., Neto, J. N. P., Pinheiro, L. B. A., Melloni, E. G. P., ... & Madeira, C. L. (2016). Sombreamento de café (*coffea arabica l.*) por araucária (*araucaria angustifolia l.*) e seus efeitos na macrofauna e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira De Geografia Física**, 9(6), 1668-1676. <https://doi.org/10.26848/rbfg.v9.6.p1668-1676>
- Osono, T. (2017). Leaf litter decomposition of 12 tree species in a subtropical forest in Japan. **Ecological Research**, 32(3), 413-422. <https://doi.org/10.1007/s11284-017-1449-0>
- Paulus, L. A. R., Pereira, Z. V., Arco-Verde, M. F., Linê, J. D. B., Padovan, M. P., & Santos, M. A. R. d. (2021). Viabilidade financeira de arranjos agroflorestais biodiversos: estudo de casos no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Research, Society and Development**, 10(10), e370101016593. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.16593>
- Pimentel, E., Furtado, G., & Tava, M. (2021). SERVIÇOS AMBIENTAIS E CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA

COMUNIDADE EXPEDITO RIBEIRO, SANTA BÁRBARA-PA, BRASIL. Somanlu - **Revista De Estudos Amazônicos**, 21(1), 104-116. <https://doi.org/10.29327/233099.21.1-8>

Pimentel, M. S., De-Polli, H., Aquino, A. M. d., Correia, M. E. F., & Rouws, J. R. C. (2011). Bioindicators of soil quality in coffee organic cultivation systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(5), 545-552. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2011000500013>

Pompermaier, V., Campani, A., Dourado, E., Coletta, L., Bustamante, M., & Nardoto, G. (2021). A mesofauna do solo impulsiona a decomposição da serapilheira sob adições combinadas de nitrogênio e fósforo em uma savana arborizada brasileira. **Austral Ecology**, 47(1), 26-34. <https://doi.org/10.1111/aec.13082>

Rayol, B. P. and Alvino-Rayol, F. d. O. (2018). Chuva e banco de sementes no solo em agroecossistemas do baixo amazonas, Pará. **Agrarian Academy**, 5(10), 40-51. https://doi.org/10.18677/agrarian_academy_2018b5

Ribeiro, F. P., Pulrolnik, K., Vilela, L., & Gatto, A. (2022). Deposição, decomposição e conteúdo de nutrientes de serapilheira em área de integração lavoura-pecuária-floresta na região do cerrado. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 42. <https://doi.org/10.4336/2022.pfb.42e201902072>

Ribeiro, J. M., Frazão, L. A., Fernandes, L. A., Sampaio, R. A., Cardoso, P. H. S., & Oliveira, A. L. G. (2019). Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no cerrado mineiro. **Ciência Florestal**, 29(2), 913-923. <https://doi.org/10.5902/1980509825310>

Ribeiro, S., Lima, F., & Loiola, M. (2023). O café sombreado da serra de Baturité, Ceará, Nordeste do Brasil: gestão ambiental, sustentabilidade e impactos eco-socioeconômicos. **Turismo - Visão E Ação**, 25(3), 482-504. <https://doi.org/10.14210/rtva.v25n3.p482-504>

Ribeiro, J. M., Frazão, L. A., Fernandes, L. A., Sampaio, R. A., Cardoso, P. H. S., & Oliveira, A. L. G. (2019). Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no cerrado mineiro. **Ciência Florestal**, 29(2), 913-923. <https://doi.org/10.5902/1980509825310>

Rötzer, M., Prechtel, A., & Ray, N. (2023). Pore scale modeling of the mutual influence of roots and soil aggregation in the rhizosphere. **Frontiers in Soil Science**, 3. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2023.1155889>

Rosolen et al. (2012) Rosolen et al. "Impactos da substituição da vegetação original do Cerrado brasileiro em sistemas agrícolas: alteração do carbono orgânico do solo e $\delta^{13}C$." **Investigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía** (2012). DOI:10.14350/rig.34537

Rufino, MO, Silva, MG, & Santos, H. "Efeitos da monocultura na matéria orgânica e fertilidade do solo." **Applied Soil Ecology** (2022) doi:10.1016/j.apsoil.2021.103666.

Sánchez-García, Alba, e Michael S. Engel. "Estase de longo prazo em uma fauna diversa de colêmbolos do Cretáceo Inferior (Collembola: Symphypleona)." **Journal of Systematic Palaeontology** 15.7 (2017): 513-537.

- Sagi, N. and Hawlena, D. (2023). Climate dependence of the macrofaunal effect on litter decomposition—A global meta-regression analysis. **Ecology Letters**, 27(1). <https://doi.org/10.1111/ele.14333>
- Santos, M., Costa, D., & Almeida, L. (2020). ADAPTAÇÃO, CONSTRUÇÃO DE VALOR E DIFERENCIAÇÃO: PERSPECTIVAS E DESAFIOS INSTITUCIONAIS PARA O POSICIONAMENTO DOS CAFÉS DO BRASIL., 40-51. https://doi.org/10.37572/edart_1253007204
- Santos, DG d., Coelho, CC d. S., Ferreira, ABR, & Freitas-Silva, O. (2021). Produção brasileira de café e o futuro do microbioma e perfil de micotoxinas considerando o cenário de mudanças climáticas. **Microorganisms**, 9(4), 858. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040858>
- Santos et al. (2024) Santos et al. "Influência das práticas de manejo e adubação biológica na atividade microbiana do solo." **Revista Master Ensino, Pesquisa e Extensão** (2024). doi:10.47224/revistamaster.v9i18.566
- Sales, A., Silva, A. R., Veloso, C. A. C., Carvalho, E. J. M., & Miranda, B. M. (2018). Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na amazônia legal. **Colloquium Agrariae**, 14(1), 01-15. <https://doi.org/10.5747/ca.2018.v14.n1.a185>
- Santos, H.G., et al., 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Brasília Embrapa**. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094001>.
- Santos, F. d. and Triches, R. M. (2023). Diferenças de produtividade entre sistemas convencionais e agroflorestais de culturas alimentares: uma revisão integrativa de literatura. **Revista Faz Ciência**, 25(41). <https://doi.org/10.48075/rfc.v25i41.30738>
- Schäfer, D., Klaus, V. H., Kleinebecker, T., Boeddinghaus, R. S., Hinderling, J., Kandeler, E., ... & Prati, D. (2019). Recovery of ecosystem functions after experimental disturbance in 73 grasslands differing in land-use intensity, plant species richness and community composition. **Journal of Ecology**, 107(6), 2635-2649. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13211>
- Singh, J., & Pillai, K.S. (1975). A study of soil microarthropod communities in some fields. **Revue d'Ecologie et Biologie du Sol**, 12 (3), 579–590.
- Six, J., Merckx, R., Kimpe, K., Paustian, K., & Elliott, E. T. (2000). A re-evaluation of the enriched labile soil organic matter fraction. **European Journal of Soil Science**, 51(2), 283-293. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2000.00304>.
- Sousa, I., Pauletto, D., Lopes, L., Rode, R., Peleja, V., & Freitas, B. (2020). Taxa de decomposição foliar de espécies utilizadas em sistemas agroflorestais. **Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável**, 15(2), 118-126. <https://doi.org/10.18378/rvads.v15i2.6734>

Souza, M. C. S. d., Piña-Rodrigues, F. C. M., Casagrande, J. C., Silva, S. F. d., & Scoriza, R. N. (2016). Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. **Floresta**, 46(1), 75. <https://doi.org/10.5380/rf.v46i1.34991>

Souza, J. G. d., Piscocoya, V. C., Lima, R. P., Lucena, G. C. P. d., Shinohara, N. K. S., Melo, R. C. P. d., ... & Morais, D. P. (2025). Estimating Litter Production in Agroforests and Its Role in Soil Carbon Sequestration. **Revista De Gestão Social E Ambiental**, 19(4), e011676. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n4-052>

Souza, T., Kormann, S., Laurindo, L. K., Silva, L. J. R. d., Nascimento, G. d. S., & Lucena, E. O. d. (2022). Variabilidade temporal da fauna edáfica e seus grupos funcionais em sistema agroflorestal. **Biodiversidade Brasileira**, 12(2). <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v12i2.1918>

Six, J., Merckx, R., Kimpe, K., Paustian, K., & Elliott, E. T. (2000). A re-evaluation of the enriched labile soil organic matter fraction. **European Journal of Soil Science**, 51(2), 283-293. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2000.00304.x>

Soto-Pinto, L., Anzueto, M., Mendoza-Vega, J., Jiménez-Ferrer, G., & Jong, B. d. (2009). Sequestro de carbono por meio de sistemas agroflorestais em comunidades indígenas de Chiapas, México. **Agroforestry Systems**, 78(1), 39-51. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9247-5>

Sol et al. (2021) Sol et al. "Propriedades físicas e carbono orgânico em camadas do solo sob diferentes usos e manejos nos cerrados do Oeste da Bahia, Brasil." **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais** (2021). doi:10.6008/cbpc2179-6858.2021.008.0001

Souza, M. C. S. d., Piña-Rodrigues, F. C. M., Casagrande, J. C., Silva, S. F. d., & Scoriza, R. N. (2016). Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. **Floresta**, 46(1), 75. <https://doi.org/10.5380/rf.v46i1.34991>

Torrez, V., Benavides-Frías, C., Jacobi, J., & Speranza, C. (2023). Qualidade ecológica como um fator de melhoria da qualidade do café. Uma revisão. **Agronomia para o Desenvolvimento Sustentável**, 43(1). <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00874-z>

Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., ... & Wanger, T. C. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - a review. **Journal of Applied Ecology**, 48(3), 619-629. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x>

Udawatta, R., Walter, D., & Jose, S. (2022). Carbon sequestration by forests and agroforests: a reality check for the United States. **Carbon Footprints**, 1, 8. <https://doi.org/10.20517/cf.2022.06>

Vilas-Boas, T., Duarte, Á., Torre, F., Lovato, M., & Filho, J. (2023). A aclimação em diferentes condições de luz determina diferenças na tolerância fotossintética ao calor em plantas de café? **Plant Biology**, 25(7), 1101-1108. <https://doi.org/10.1111/plb.13574>

Volsi, B., Telles, T., Caldarelli, C., & Câmara, M. (2019). A dinâmica da produção de café no Brasil. **Plos Um**, 14(7), e0219742. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219742>

Wang, Z., Wang, H., Zhao, C., Yang, K., Li, Z., & Yin, K. (2022). Effects of biochar on the microenvironment of saline-sodic soil and maize growth. **Agronomy**, 12(11), 2859. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112859>

Wright, D. R., Gordon, A., Bennett, R. E., Selinske, M. J., Lentini, P. E., Garrard, G. E., ... & Bekessy, S. (2024). Biodiverse coffee plantations provide co-benefits without compromising yield. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, 3(3). <https://doi.org/10.1002/sae2.70005>

Witzgall, K., Vidal, A., Schubert, D., Höschen, C., Schweizer, S. A., Buegger, F., ... & Mueller, C. W. (2021). Particulate organic matter as a functional soil component for persistent soil organic carbon. **Nature Communications**, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24192-8>

Zagatto, M. R. G., Niva, C. C., Thomazini, M. J., Baretta, D., Santos, A., Nadolny, H., ... & Brown, G. G. (2017). Soil invertebrates in different land use systems: how integrated production systems and seasonality affect soil mesofauna communities. **Journal of Agricultural Science and Technology B**, 7(3). <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2017.03.003>

Zhou, M., Liu, C., Wang, J., Meng, Q., Yuan, Y., Ma, X., ... & Du, W. (2020). Soil aggregates stability and storage of soil organic carbon respond to cropping systems on black soils of northeast china. **Scientific Reports**, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57193-1>
