



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 10, n° 1 (2024)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n1ID35406>



Influência dos Usos do Solo na Meso e Macrofauna Edáfica: Um Estudo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul

Influence of Land Use on Meso and Macrofauna in Soil: A Study in the Northwest Region of Rio Grande do Sul

Genesio Mario da Rosa¹; Adriana Carolina Gamboa²; Andressa Maiara de Almeida Machado³; Cristiano Nunes dos Santos⁴; William Gaida⁵; Mathias Rezende Mahnke⁶

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, Departamento de Engenharia Florestal, Frederico Westphalen, RS, Brasil. Email: genesiomario@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1247-2286>

² Universidad Politécnica Territorial del Oeste de Sucre, Departamento de Procesos Químicos, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. Email: adrianaacgam@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1828-4219>

³ Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, Departamento de Engenharia Florestal, Frederico Westphalen, RS, Brasil. Email: andressa.mnunes@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4475-0828>

⁴ Instituto Federal Farroupilha, Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, Brasil. Email: cristiano.nunes@iffarroupilha.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6876-9295>

⁵ Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, Departamento de Engenharia Florestal, Frederico Westphalen, RS, Brasil. Email: ufsm.william@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9946-0493>

⁶ Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, Departamento de Engenharia Ambiental e Agrônômica, Frederico Westphalen, RS, Brasil. Email: mathias.mahnke@acad.ufsm.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5737-5394>

Resumo: A fauna do solo é um indicador de qualidade ambiental útil para identificar a influência dos sistemas de produção pela sua associação com a decomposição e ciclagem de nutrientes do solo e das plantas. A região noroeste do estado do Rio Grande do Sul tem como principal atividade econômica a agricultura e utiliza defensivos agrícolas e fertilizantes para o plantio e manejo dos cultivos, o que pode causar contaminação e redução da diversidade edáfica. Com o objetivo de avaliar o impacto da influência humana sobre a endofauna, foram analisadas quatro áreas com diferentes usos do solo durante inverno e primavera. Nestas áreas foram instaladas armadilhas para captura de organismos, os quais foram posteriormente quantificados e identificados. Os resultados indicam maior presença de mesofauna em relação à macrofauna, sendo os grupos Coleoptera e Collembola os com maior prevalência, respectivamente, além de diferenças na abundância de indivíduos dependendo do tipo de solo e da estação do ano. A partir dessa avaliação, foi possível reconhecer de forma pré-limiária que áreas com menor influência antrópica e cultivadas por plantio direto com menor revolvimento do solo e deposição de serrapilheira propiciam um habitat favorável aos organismos edáficos.

Palavras-chave: Fauna edáfica; Biodiversidade do solo; Indicador ambiental.

Abstract: The soil fauna serves as a useful indicator of environmental quality, allowing for the identification of the influence of production systems through its association with soil and plant nutrient decomposition and cycling. The northwest region of Rio Grande do Sul state, with agriculture as its primary economic activity, employs agricultural pesticides and fertilizers in crop planting and management, which can lead to contamination and a reduction in soil diversity. To assess the impact of human influence on soil fauna, four areas with different land uses were analyzed during winter and spring. Traps were set up in these areas to capture organisms, which were later quantified and identified. The results indicate a greater presence of mesofauna compared to macrofauna, with Coleoptera and Collembola being the most prevalent groups, respectively. There were differences in the abundance of individuals depending on soil type and season. From this preliminary assessment, it was observed that areas with lower anthropogenic influence, cultivated using no-till practices with minimal soil disturbance and litter deposition, provide a favorable habitat for soil organisms.

Keywords: Soil fauna; Soil biodiversity; Environmental indicator.

Recebido: 25/02/2024; Aceito: 02/05/2024; Publicado: 23/05/2024.

1. Introdução

A qualidade do solo é a habilidade do solo para estimular o crescimento de plantas, preservar bacias hidrográficas ao regular a infiltração e a distribuição de precipitação e evitar a poluição da água e do ar ao neutralizar potenciais poluentes como produtos químicos agrícolas, resíduos orgânicos e produtos químicos industriais (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1993). Os indicadores de qualidade do solo incluem parâmetros físicos, como textura, densidade e infiltração, umidade e temperatura. Do ponto de vista químico, geralmente são utilizados o pH, carbono orgânico total, frações de carbono lábil e conteúdo total e removível de N, P e K, entre outros. Em termos biológicos, podem ser empregados o carbono da biomassa microbiana, a respiração do solo, atividade enzimática, etc. (JORDÁN VIDAL, 2023). A fauna do solo representa uma parte da biodiversidade que ainda precisa de muito estudo para ser totalmente compreendida. No entanto, tem uma importância crucial para o funcionamento dos ecossistemas e sua conservação, pois desempenha um papel substancial no crescimento das plantas e na produção primária (MAHARNING *et al.*, 2009; FUSCO *et al.*, 2023).

O vocábulo empregado para caracterizar os invertebrados que passam toda a vida ou parte dela no solo é fauna edáfica (BARETTA *et al.*, 2011). Existem várias abordagens para classificar os organismos do solo, sendo o tamanho frequentemente considerado o critério principal, aliado a aspectos como mobilidade, hábitos alimentares e função específica desempenhada (BERUDE *et al.*, 2015; REICHERT *et al.*, 2009). A fim de facilitar a identificação dos organismos do solo, Lavelle *et al.*, (1994) classificou-os em microfauna, mesofauna e macrofauna, sendo que a mesofauna abrange organismo entre 0,2 a 4,0 mm de diâmetro corporal (incluem-se aí ácaros, colêmbolos, nematoides, gastrotrícos e outros), e em macrofauna, que compreende organismos com diâmetro corporal superior a 4,0 mm (minhocas, besouros, formigas, piolhos-de-cobra e centopeias).

Os organismos presentes no solo podem determinar as características quanto à qualidade do mesmo (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). De fato, foi demonstrada uma correlação estatística positiva entre as propriedades químicas e físicas do solo e as comunidades de macrofauna (CHÁVEZ-SUÁREZ *et al.*, 2023). Além disso, a macrofauna do solo desempenha um papel importante na decomposição da serrapilheira e na manutenção da qualidade do solo (PANT & KUMAR, 2017). Variáveis como o clima, o tipo de solo, o teor de matéria orgânica e a forma de manejo do solo podem influenciar na diversidade e densidade desses organismos (REICHERT *et al.*, 2009; GARCÍA-PALACIOS *et al.*, 2013). Em consequência, a fauna edáfica é tida como bioindicador da qualidade ambiental (DÁVILA & DE LEÓN, 2022; JORDÁN VIDAL, 2023), por possuir elevado grau de sensibilidade às alterações dos ecossistemas, além de possibilitar avaliação do funcionamento de um sistema de cultivo. Isso porque a mesma desempenha importantes funções, como a ciclagem de nutrientes e a decomposição da matéria orgânica (CORREIA & OLIVEIRA, 2000; FUSCO *et al.*, 2023).

Nesse sentido, os artrópodes (edafofauna) refletem as condições da vegetação e o estado do funcionamento do solo. Sendo assim, seu estudo é útil como ferramenta para avaliar a sustentabilidade dos solos cultivados (ARMENDANO *et al.*, 2018). No Chile, por exemplo, os ácaros (68,5%) e os colêmbolos (28,1%) fizeram parte dos grupos mais abundantes em zonas agrícolas (CASTRO-HUERTA *et al.*, 2018). Na Hungria, Tóth *et al.* (2023) avaliaram a qualidade biológica do solo em espaços verdes urbanos de natureza lenhosa e não lenhosa ao longo de um gradiente de intensidade de perturbação, utilizando métricas comunitárias e indicadores baseados em artrópodes do solo. Mediram propriedades básicas do solo, assim como concentrações totais e biodisponíveis dos principais metais pesados (Cd, Co, Hg, Ni, Zn). Os resultados demonstraram que a qualidade biológica e a estrutura da comunidade de artrópodes do solo foram fortemente impactadas pela relação C/N do solo e pela contaminação por metais pesados. Na região norte da Colômbia foram avaliadas 200 unidades de produção agrícola através do método de Berlesse-Tullgren, a fim de determinar a composição da macrofauna (1330 indivíduos) e mesofauna (1171), havendo uma maior diversidade para a macrofauna. Os achados indicaram que a diversidade biológica do solo é sensível às mudanças no ambiente do solo (CHAMORRO-MARTÍNEZ *et al.*, 2022).

Uma melhor compreensão das conexões entre as comunidades que habitam o solo e os processos de degradação tem destacado a importância de incorporar níveis mais altos da rede trófica do solo para avaliar a sua qualidade (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA, 1998). Entretanto, apesar da importância ecológica e econômica dos grupos faunísticos que compõem a mesofauna do solo no contexto das atividades agrícolas e pecuárias, ela raramente é levada em consideração, e há poucos esforços para a sua preservação (SOCARRÁS-RIVERO, 2018).

O noroeste do Estado do Rio Grande do Sul dispõe de uma abundante biodiversidade e tem como principal atividade a agricultura, envolvendo diversas culturas como o cultivo de arroz, soja, trigo e milho, entre outros, e diferentes métodos de manejo do solo. Na agricultura são empregados agrotóxicos e fertilizantes que podem causar a contaminação do solo, dos corpos hídricos e a redução da biodiversidade (DA SILVA *et al.*, 2013; ROSSET *et al.*, 2014; GOMES, 2019; GALARZA SUÁREZ, 2019). A diversidade da fauna edáfica é um indicador da qualidade do solo (CORRÊIA *et al.*, 1995).

sensível ao manejo e aos impactos antropogênicos, bem como a propriedades inerentes ao próprio ecossistema, tais como mudanças climáticas (SILVA *et al.*, 2009), sendo que cada espécie responde de forma diferente a esses impactos. Dessa forma, a quantificação e qualificação dos organismos edáficos em diferentes áreas permitem compreender a qualidade do solo e contribuem para os possíveis planos de prevenção e remediação dos impactos decorrentes do manejo inadequado do solo. O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação edáfica da mesofauna e macrofauna em áreas com diferentes tipos de uso do solo para verificar o possível impacto da influência antrópica sobre a qualidade do solo, bem como a influência das temperaturas sazonais nas características e distribuição de macro e mesofauna.

2. Metodologia

A área do estudo encontra-se na latitude 27° 25' 43 S, longitude 53° 43' 25 W e altitude média de 488 m, no interior do Campus da Universidade Federal de Santa Maria, no município de Frederico Westphalen, no estado do Rio Grande do Sul. Köppen (1936) classifica o clima da região como subtropical úmido, tipo Cfa, com temperatura do mês mais frio entre 0 °C e 18 °C e, a temperatura do mês mais quente sendo superior a 25 °C. A precipitação média anual é de 2.100 mm. Os solos dominantes desta região são: Neossolos; Cambissolos; Nitossolo vermelho e Luvissolos (CUNHA, *et al.*, 2011). A vegetação predominante na região é de Floresta Estacional Decidual submontana (SCIPIONI, *et al.*, 2011).

Esta é uma zona agrícola onde existem diferentes tipos de cultivo. Ao considerar os diversos usos do solo, foram selecionadas quatro áreas para a instalação das armadilhas Provid (CONCEIÇÃO *et al.*, 2001), sendo elas: (1) área de lavoura cultivada com *Avena strigosa* e conduzida por plantio direto, (2) área de várzea, (3) área de campo nativo e (4) área de mata nativa. Foram realizadas duas coletas para verificar as possíveis variações temporais entre o inverno (junho) e a primavera (outubro).

Um sistema tipo Provid constitui-se de uma garrafa PET de dois litros com quatro aberturas retangulares de 6 x 4 cm localizadas a 20 cm de sua base, para uso como armadilha para a captura de fauna edáfica (Figura 1). Foram colocadas três armadilhas em cada área de estudo, a uma distância de aproximadamente 50 metros entre elas (Figura 2). Cada armadilha permaneceu no campo por sete dias, posicionada de modo que as bordas das aberturas da garrafa ficassem ao nível da superfície do solo, contendo 200 mL de solução de álcool a 70% e quatro gotas de formalina a 2%.

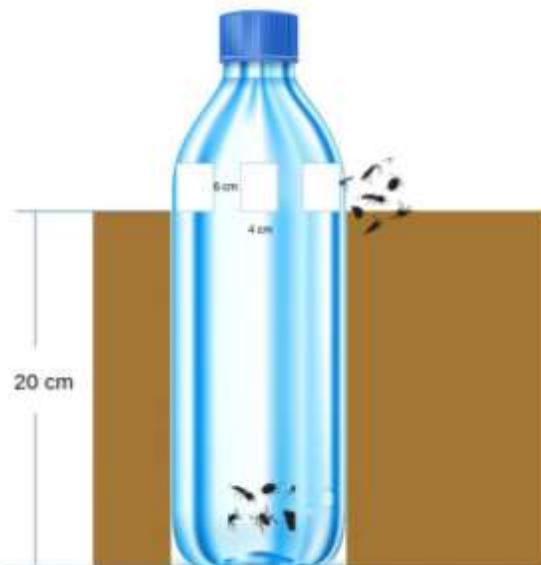


Figura 1 – Sistema provid utilizado para a coleta de macro e mesofauna.
Fonte: Autores (2023).



Figura 2 – Ilustração do desenho amostral realizado e da armadilha utilizada

Fonte: Autores (2023).

O material coletado foi transferido da armadilha para um frasco e mantido em solução de álcool a 70% até a contagem e identificação da fauna em laboratório (RUPPERT & BARNES, 1996). A identificação e quantificação da mesofauna e macrofauna edáfica foram realizadas em placas de Petri, com uma lupa binocular e literatura de apoio. A identificação e classificação dos organismos edáficos foram realizadas a nível de classe, subclasse e ordem, e a diversidade da fauna edáfica nos diferentes usos do solo foi comparada através do Índice de Riqueza de Margaleff e do Índice de Diversidade de Shannon (SHANNON & WEAVER, 1949; CONTRERAS-SANTOS *et al.*, 2023).

Desde a semana anterior à instalação das armadilhas até o dia da sua retirada, registrou-se a temperatura ambiental média diária e a precipitação acumulada diária através do site virtual do Institucional de Meteorologia (<https://portal.inmet.gov.br>), com o objetivo de estabelecer uma possível relação do clima com a densidade e diversidade da fauna edáfica.

Adicionalmente, foram coletadas três amostras de solo em cada área (ntotal= 12) na primeira coleta de amostra para avaliar as características físico-químicas do solo (densidade, umidade e teor de matéria orgânica). Para a determinação da densidade, foi empregado o método do anel volumétrico (BLAKE & HARTGE, 1986), com a inserção do anel no solo a uma profundidade aproximada de 5 cm até seu preenchimento total. Em seguida, os anéis com as amostras de solo foram levados ao laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen.

O solo úmido foi pesado e colocado em uma estufa a uma temperatura de 105°C durante 24 horas. A partir dos pesos seco e úmido e do volume do anel, obteve-se a densidade do solo. Para determinar o teor de matéria orgânica do solo, foram coletados 100 g de solo (três repetições por área) e foi utilizado o método de Walkley & Black (1934), que consiste na oxidação por solução sulfocrômica com calor externo e determinação espectrofotométrica de Cr³⁺ (TEDESCO *et al.*, 1995) em um equipamento Nanocolor Vis.

3. Resultados e discussão

Na tabela 1 são apresentados os valores observados para a densidade do solo e matéria orgânica, determinados na primeira coleta de amostra (mês de julho) em função dos diferentes usos do solo. A densidade variou entre 1,1 e 1,3 g.cm⁻³ para todos os usos do solo. No entanto, a maior densidade foi observada na área de campo nativo e uma menor densidade no solo de mata. Esses valores de densidade são consistentes com o que foi mencionado por Islam & Weil (2000), que afirmam que o solo da mata é menos denso devido a sua maior porosidade e maior estabilidade de agregados. Por outro lado, o alto valor de densidade encontrado no campo nativo pode ser atribuído, conforme Sattler (2006), ao pisoteio animal e ao tempo de descanso insuficiente para permitir a regeneração da área.

Em relação aos teores de matéria orgânica do solo, estes variaram entre 1,9% e 4,0%, com a seguinte tendência: Várzea < Lavoura < Campo < Mata. O maior teor foi encontrado na mata devido a constante renovação da flora, que contribui com deposições constantes de material vegetal para decomposição. Esses valores também são comparáveis aos relatados para solos com cultivo de cana-de-açúcar, pastagem e vegetação nativa em Veracruz, México (2,9%-3,5%) (CABRERA-MIRELES *et al.*, 2019).

Tabela 1 – Valores de densidade e matéria orgânica aos diferentes usos do solo.

	Usos do solo			
	Lavoura	Varzea	Campo	Mata
Densidade do solo (g.cm ⁻³)	1,2 ± 0,1	1.1 ± 0,1	1.3 ± 0,1	1,0 ± 0,1
Matéria orgânica (%)	2,4 ± 0,2	1.9 ± 0,2	2.5 ± 0,3	4,0 ± 0,4

Fonte: Autores (2023).

O total de organismos coletados nas duas avaliações realizadas foi de 19.736, distribuídos em dezesseis ordens, uma classe e uma subclasse da meso e macrofauna edáfica. Na figura 3 é apresentada uma imagem ilustrativa da distribuição da meso e macrofauna edáfica em placa de Petri para a contagem e identificação dos indivíduos coletados. Os grupos funcionais identificados foram: Predador, Micrófago, Sociais, Herbívoro e Outros. As ordens com maior ocorrência foram Araneae, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera, Diptera, Hemiptera, Dermaptera e Orthoptera, além da subclasse Acarina. As ordens, classes e subclasses que ocorreram em poucas armadilhas e com menor densidade foram classificadas como “outros” e incluem as ordens Isoptera, Blattaria, Lepidoptera, Odonata, Pulmonata e a classe Diplopoda, além de larvas e cinco tipos de indivíduos não identificados. No total, três grupos de macrofauna e seis grupos de mesofauna foram recuperados na diferentes áreas amostradas, evidenciando maior quantidade de mesofauna (Tabela 2).



Figura 3 – Fotografia ilustrativa da fauna edáfica recuperada.

Fonte: Autores (2023).

Tabela 2 – Fauna edáfica coletada nos meses durante o inverno e primavera em áreas com diferentes usos do solo.

Grupo funcional e taxonômico	Lavoura		Várzea		Campo		Mata		Σ
	Inverno	Primavera	Inverno	Primavera	Inverno	Primavera	Inverno	Primavera	
Macrofauna									
Araneae ^a	3	55	7	14	9	39	19	61	207
Coleoptera ^a	3	216	4	11	4	26	11	146	421
Orthoptera ^d	3	31	5	15	1	12	7	24	98
Número total da Indivíduos (macrofauna)	9	302	16	40	14	77	37	231	726
Mesofauna									
Collembola ^b	295	7221	127	71	8343	489	53	221	16820
Dermaptera ^e	0	9	7	0	37	10	29	8	100
Diptera ^e	28	59	33	15	66	39	32	37	309
Hymenoptera ^c	58	524	85	176	61	203	147	74	1328
Hemiptera ^d	11	40	6	2	20	6	9	30	124
Acarina (subclasse) ^e	8	206	0	5	5	38	16	51	329
Número total da Indivíduos (mesofauna)	400	8059	258	269	8532	785	286	421	19407
Número total da Indivíduos (macro e mesofauna)	409	8361	274	309	8546	862	323	652	19736
Número de ordens	9		9		12		13		

Fonte: Autores (2023).

^a Predador, ^b Micrófago, ^c Sociais, ^d Herbívoro, ^e Outros

Ao verificar a quantidade de indivíduos para cada tipo de uso do solo e época considerada, há uma variação entre 274 e 8546, observando-se, portanto, uma alta heterogeneidade na abundância dos organismos edáficos. Especificamente, essa variação foi maior para a mesofauna (258-8532 indivíduos) em relação à macrofauna, onde a variação observada foi entre 9 e 302 indivíduos (SILVA *et al.*, 2013). Estudos como o de Brown *et al.* (2024) sugerem que a biodiversidade do solo desempenha um papel crítico na estabilidade e recuperação dos ecossistemas frente a perturbações, o que pode explicar as variações observadas na densidade da fauna edáfica em diferentes usos do solo. Ao somar os organismos recuperados para cada tipo de uso do solo nas duas épocas, a área de várzea registrou o menor resultado (583), seguida pela área de mata (975), lavoura (8770) e campo (9408), com estes últimos apresentando a maior abundância. Da mesma forma, vale ressaltar que a mesofauna foi mais abundante e diversa que a macrofauna durante este estudo. O grupo da macrofauna que apresentou maior presença foi o Coleoptera (421 indivíduos), e para a mesofauna foi o Collembola (16820 indivíduos), ambos grupos presentes principalmente em primavera, pois este é um período de maior atividade biológica em que novas plantas emergem e há maior disponibilidade de recursos alimentares. De acordo com Cornelissen (2011), as mudanças na densidade e diversidade de espécies podem ser influenciadas diretamente pelas alterações nas condições ambientais, o que é evidente no aumento sazonal na área de lavoura. Com base nos resultados das análises de densidade do solo, matéria orgânica do solo e meso e macrofauna edáfica, observou-se que a área de várzea, com menor teor de matéria orgânica, apresentou menor diversidade e densidade de indivíduos edáficos quando comparada com as demais áreas estudadas (VASCONCELLOS *et al.*, 2013). Entende-se por diversidade, nesse estudo, os diferentes organismos classificados em nível de classe, subclasse e ordem.

Em relação à época, o número de espécies aumentou na primavera, sendo mais notável na quantidade de indivíduos na área de lavoura, com um aumento de 7952 indivíduos. No caso da várzea, esse aumento foi de apenas 35 indivíduos, e para

o solo de mata, de 329 indivíduos. Ao contrário do estabelecido para esses três tipos de usos, o solo de campo apresentou uma diminuição na primavera (-7684 indivíduos).

A diversidade da fauna edáfica existente nas áreas de várzea e mata é explicada por Lavelle e Spain (2001), que atribuem essa variedade à adição de material orgânico no sistema por meio de resíduos animais, vegetais e de raízes. Isso porque além de fornecer alimento, esses resíduos propiciam um habitat favorável ao desenvolvimento de organismos edáficos.

Por outro lado, o aumento na maioria dos grupos taxonômicos na primavera pode estar associado ao aumento da temperatura, uma vez que os grupos de macro e mesofauna respondem positivamente ao aumento dessa variável (SOUTO, *et al.*, 2008). Em relação aos grupos funcionais, determinou-se que os micrófagos tiveram maior presença (número total de indivíduos: 16820), seguidos pelos insetos sociais, especificamente Hymenoptera (número total de indivíduos: 1328).

A predominância desses dois grupos tem sido observada em estudos anteriores conduzidos por Silva *et al.* (2013) e Almeida *et al.* (2017). A presença significativa desses grupos funcionais desempenha um papel crucial na decomposição do material orgânico presente no solo. À medida que a disponibilidade de alimento para a fauna edáfica diminui, ocorre uma seleção de organismos com um aumento relativo no número de indivíduos nas ordens Collembola (micrófagos) e Hymenoptera (sociais), ocasionando uma redução na diversidade da fauna edáfica (GATIBONI *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2013).

Na figura 4, são apresentados os resultados correspondentes aos índices de diversidade calculados, nos quais são observados valores mais altos de diversidade no caso da condição de mata em comparação com outros usos do solo. A tendência do índice de Margalef no inverno foi mata > campo > lavoura > várzea, semelhante a observada na primavera que foi mata > campo > lavoura > várzea. Além disso, os valores mais elevados do índice de Shannon foram registrados para a condição de mata nas duas estações analisadas. Neste caso, a tendência foi a seguinte no inverno: mata > lavoura > várzea > campo e, na primavera: mata > campo = várzea > lavoura.

As práticas culturais podem atuar diretamente sobre a população da fauna do solo, pois ela é extremamente sensível às modificações ambientais e responde rapidamente ao manejo (LIMA *et al.*, 2010) e às variações climáticas (SOUTO *et al.*, 2008).

Na avaliação realizada no inverno (1ª avaliação) quantificou-se 48% dos indivíduos edáficos e no primavera (2ª avaliação) foram 52% do total quantificado. Segundo Kühnelt (1961), a densidade da fauna edáfica pode ser influenciada pelas estações do ano, pois as oscilações de temperatura causam migrações da fauna do solo. A baixa densidade da fauna nesse período pode ser justificada considerando que as temperaturas no período da instalação das armadilhas em julho (inverno) permaneceram abaixo de 10 °C, com temperatura média de 12,68°C (Figura 5), e estudos realizados por Kühnelt (1961) registraram um decréscimo de indivíduos no inverno com um acréscimo no verão e no outono.

Durante a primavera a temperatura média foi de 20,6 °C e houve um maior número total de indivíduos em todas as áreas, exceto no campo. Quanto à precipitação no mês de julho, houve grande acúmulo nos dias anteriores à instalação das armadilhas, o que pode ter reduzido o número de organismos capturados (LUDWIG, 2012). O número de dias sem chuva nas duas estações foi semelhante, porém houve mais precipitação no mês de outubro.

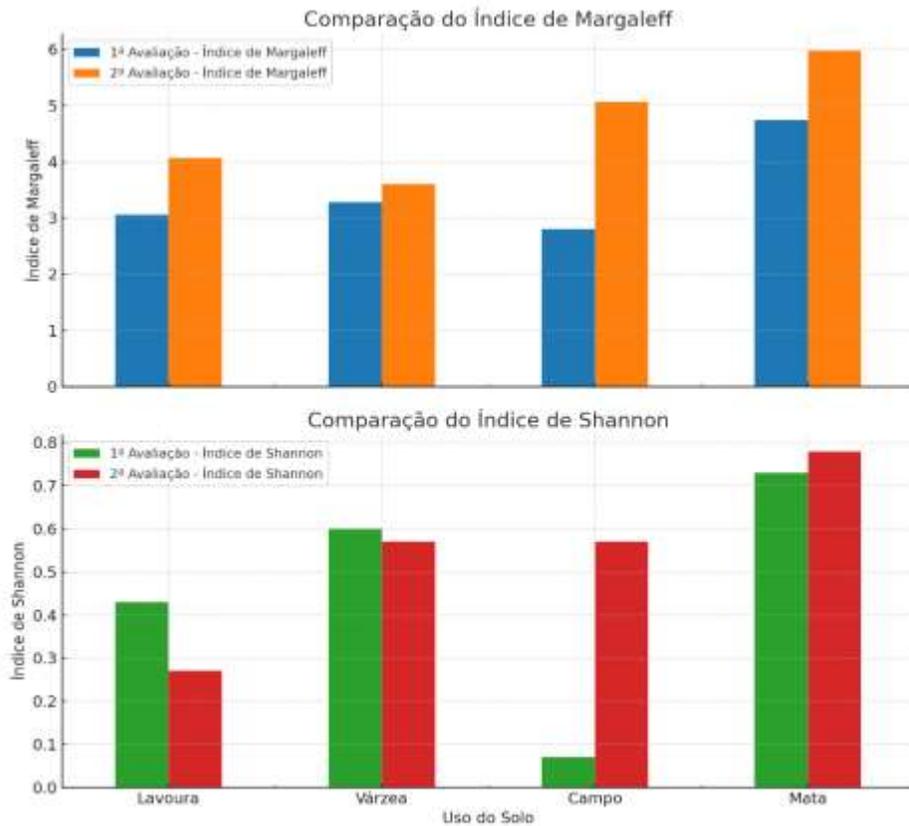


Figura 4 – Índices de Diversidade da fauna edáfica em cada área de solo nas diferentes avaliações (1ª Avaliação – Inverno; 2ª Avaliação – Primavera)
 Fonte: Autores (2023)

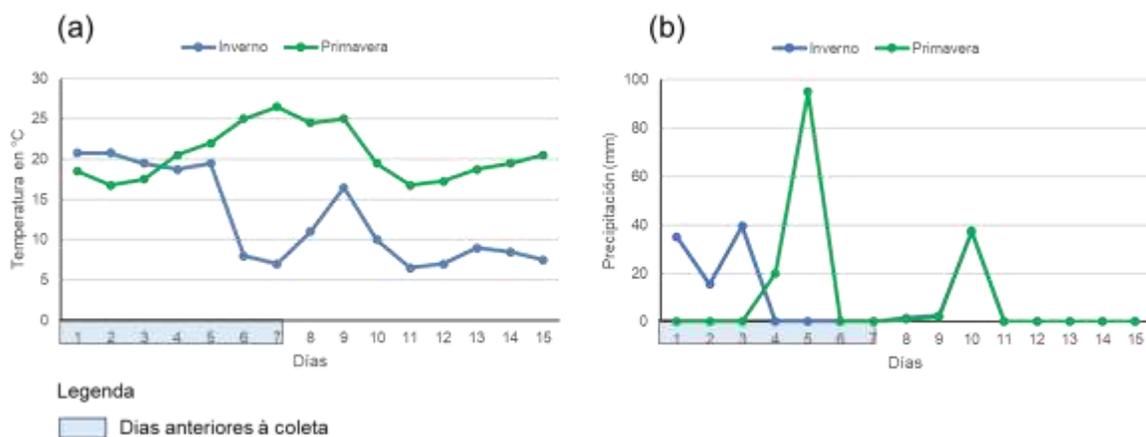


Figura 5 – Gráficos de condições climáticas antes e durante os dias de coleta de fauna. (a) Temperatura monitorada durante sete dias antes da implantação das armadilhas no solo até o dia da retirada. (b) precipitação diária acumulada durante sete dias antes da implantação das armadilhas no solo até o dia da retirada.
 Fonte: Autores (2023)

Comparando os gráficos das figuras 4 e 5, é possível considerar alguns aspectos: os índices mais elevados de biodiversidade na mata podem ser correlacionados com temperaturas mais estáveis e umidade mais alta, normalmente observadas no interior do docel da mata, condições favoráveis para a meso e macrofauna do solo. Conforme Brown et al. (2024), sistemas com maior cobertura vegetal tendem a manter condições microclimáticas mais estáveis, o que favorece a diversidade edáfica ao proporcionar habitat contínuo e recursos alimentares. A maior variação de temperatura no inverno, com extremos mais baixos, pode limitar a atividade da meso e macrofauna do solo, o que pode explicar a menor biodiversidade registrada na primeira avaliação. Já a temperatura mais constante e elevada na primavera favorece maior atividade desses organismos, o que pode contribuir para o aumento da biodiversidade, conforme observado na segunda avaliação. Observou-se que os invertebrados do solo respondem positivamente a condições mais quentes, o que facilita sua reprodução e dispersão (CORNELISSEN, 2011). Os picos de precipitação na primavera podem aumentar a umidade do solo, o que geralmente é benéfico para a meso e macrofauna, já que muitos desses organismos necessitam de condições úmidas para sobreviver e prosperar. A lavoura, que mostra a menor biodiversidade, pode ser afetada negativamente por práticas agrícolas que alteram a umidade e a estrutura do solo, afetando a fauna do solo. Vasconcellos et al. (2013) relatam que alterações na estrutura do solo e na disponibilidade de matéria orgânica por práticas agrícolas intensivas podem reduzir significativamente a biodiversidade do solo ao modificar habitats essenciais para a sobrevivência da fauna edáfica.

Segundo Primavesi (1987), a temperatura e a umidade do solo influenciam consideravelmente a mesofauna. O calor excessivo pode ser prejudicial, secando a camada protetora que reveste estes organismos, levando a um resultado letal. Esse impacto pode ser resultado de eventos diretos, como queimadas, ou indiretos, devido a variações térmicas causadas pela destruição da cobertura vegetal. As práticas que alteram a vegetação e a exposição do solo podem, assim, afetar diretamente a viabilidade da mesofauna do solo.

4. Considerações finais

Os manejos do solo proporcionam uma variação na abundância de organismos edáficos, resultando em maior abundância em áreas de lavoura e campo, com um aumento notável na primavera, principalmente na área de lavoura, sendo que na área de campo houve uma diminuição notável na primavera. Os dados analisados mostram que no período do estudo foram encontradas 16 ordens, uma classe e uma subclasse.

A maior diversidade da fauna edáfica foi encontrada no solo de mata nativa, apresentando também a menor densidade e os maiores teores de matéria orgânica. A área de várzea apresentou a menor diversidade e densidade de fauna edáfica, bem como, o menor teor de matéria orgânica.

A densidade da fauna edáfica foi influenciada pelas estações do ano, com um decréscimo no inverno e aumento na primavera.

Essas interações entre solo, a vegetação, práticas de manejo e as condições climáticas podem determinar a diversidade e abundância da meso e macrofauna edáfica na área de estudo.

Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento fornecido na forma de bolsas de pós-doutorado e Solidariedade Acadêmica (números de processo 88887.910949/2023-00 e 88887.910945/2023-00 respectivamente) e de mestrado (número de processo 23081.027481/2023-48).

Referências

- ALMEIDA, H. S., DA SILVA, R. F., GROLLI, A. L., & SCHEID, D. L. Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de uso do solo. *Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária*, v. 1, n. 1, 15-23, 2017.
- ARMENDANO, A., ROUAUX, J., & SALAZAR MARTÍNEZ, A. Fauna edáfica asociada a un cultivo hortícola convencional de tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) en La Plata (Buenos Aires, Argentina). *Acta zoológica mexicana*, v. 34, 1-12, 2018.
- BARETTA, D., SANTOS, J. C. P., SEGAT, J. C., GEREMIA, E. V., OLIVEIRA FILHO, L. D., & ALVES, M. V. Fauna

- edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 119-170.
- BERUDE, M., GALOTE, J. K., PINTO, P. H., & AMARAL, A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. *Enciclopédia Biosfera*, v. 11, n. 22, 14-28, 2015.
- BLAKE, G.R., HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A, (ed). *Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods*. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.
- BROWN, G. G. et al. Soil macrofauna communities in Brazilian land-use systems. *Biodiversity Data Journal*, v. 12, 2024.
- CABRERA-MIRELES, H., MURILLO-CUEVAS, F. D., ADAME-GARCÍA, J., & FERNÁNDEZ-VIVEROS, J. A. Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v. 22, 33-43, 2019.
- CASTRO-HUERTA, R. A., MUNDACA, E. A., SANDLER, R. V., VON BENNEWITZ, E., & COVIELLA, C. E. Diversidad y estructura trófica de la comunidad de mesofauna edáfica de artrópodos presentes en agroecosistemas del centro-sur de Chile. *Ecología y Biología de Suelo*, v. 5, n. 2, 2018.
- CHAMORRO-MARTÍNEZ, Y., TORREGROZA-ESPINOSA, A. C., PALLARES, M. I. M., OSORIO, D. P., PATERNINA, A. C., & ECHEVERRÍA-GONZÁLEZ, A. Soil macrofauna, mesofauna and microfauna and their relationship with soil quality in agricultural areas in northern Colombia: ecological implications. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 46, 2022.
- CHÁVEZ-SUÁREZ, L., RODRÍGUEZ-GARCÍA, I., TORRES-CÁRDENAS, V., BENÍTEZ-JIMÉNEZ, D., & ALVAREZ-FONSECA, A. Relationship of edaphic biota with soil physical and chemical properties in five pasturelands of Granma province. *Pastos y Forrajes*, v. 46, 2023.
- CONCEIÇÃO, P.C.; BOCK, V.; PORT, O. SILVA, D.M.; SILVA, R.F. & ANTONIOLLI, Z. Avaliação de um método alternativo a armadilha de Tretzel para coleta de fauna edáfica. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 28., Londrina: EMBRAPA-SOJA, 2001. p. 210.
- CONTRERAS-SANTOS, J. L., MARTINEZ-ATENCIA, J., RODRIGUEZ-VITOLA, J. L., BARRAGÁN-HERNANDEZ, W., GARRIDO-PINEDA, J., & FALLA-GUZMAN, C. K. Índice de Calidad del Suelo Bajo Sistemas Agropecuarios en el Bosque Seco Tropical-Colombia. *Revista Terra Latinoamericana*, v. 41, 2023
- CORNELISSEN, T. Climate change and its effects on terrestrial insects and herbivory patterns. *Neotropical Entomology*, v. 40, n. 2, 155-163, 2011.
- CORRÊIA, M. E. F.; FARIA, S. M.; CAMPELLO, E. F.; FRANCO, A. A. Organização da comunidade de macroartrópodos edáficos em plantio de eucalipto e leguminosas arbóreas. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 25, Viçosa-MG, Resumos, 1995. p. 442-444.
- CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Fauna do solo: aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: *Embrapa Agrobiologia*, 2000. p 46. (Documentos, 112)
- CUNHA, N. G. da; SILVEIRA, R. da C.; KOESTER, E.; OLIVEIRA, L. D. de; FILIPPINI ALBA, J. M.; TERRES, V. C.; LOPES, R. T. Estudos de Solos do Município de Frederico Westphalen, RS. Pelotas: *Embrapa Clima Temperado*, 2011. p. 32. (Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 116).
- DA SILVA, M. R., DE CAMPOS, A. C. E., & BOHM, F. Z. Agrotóxicos e seus impactos sobre ecossistemas aquáticos continentais. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, v. 8, n. 2, 2013.
- DÁVILA, G. D. L. C. C., RENDÓN, J. A. S., & DE LEÓN LIMA, D. P. Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo. *Acta Botánica Cubana*, v. 221, 2022.
- FUSCO, T., FORTINI, L., CASALE, F., JACOMINI, C., & DI GIULIO, A. Assessing soil quality of Italian Western Alps

- protected areas by QBS-ar: impact of management and habitat type on soil microarthropods. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 195, n. 11, 2023.
- GALARZA SUÁREZ, L. Tierra, trabajo y tóxicos: sobre la producción de un territorio bananero en la costa sur del Ecuador. *Estudios atacameños*, n. 63, 341-364, 2019.
- GARCÍA-PALACIOS, P., MAESTRE, F. T., KATTGE, J., & WALL, D. H. Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes. *Ecology Letters*, v. 16, n. 8, 1045–1053, 2013.
- GATIBONI, L. C., COIMBRA, J. L. M., WILDNER, L. P., DENARDIN, R. B. N. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia-preta, em sistema plantio direto. *Biotemas*, Florianópolis, v. 22, n. 2, 45-53, 2009.
- GOMES, C. S. Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. *Cadernos do Leste*, v. 19, n. 19, 2019.
- ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid Atlantic soils as influenced by conservational management. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 55, n. 1, 69-78, 2000.
- JORDÁN VIDAL, M. M. Criteria for Assessing the Environmental Quality of Soils in a Mediterranean Region for Different Land Use. *Soil Systems*, v. 7, n. 3, 2023.
- KÖPPEN, W. Das geographische system der klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: 1936. v. 1, p. 1-44, part C.
- KÜHNELT, W. *Soil biology, with special reference to the animal kingdom*. London: Faber and Faber, 1961. 397p.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZHERNANDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P.L.; SWIFT, M.J., eds. *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. New York: Wiley-Sayce Publication, 1994, p. 137-169.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. *Soil ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 654p.
- LIMA, S. S. D., AQUINO, A. M. D., LEITE, L. F. C., VELÁSQUEZ, E., & LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 3, 322-331, 2010.
- LUDWIG, R. L.; PIZZANI, R.; SCHAEFER, P. E.; GOULART, R. Z.; LOVATO, T. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 14, 485-495, 2012.
- MAHARNING, A. R., MILLS, A. A. S., & ADL, S. M. Soil community changes during secondary succession to naturalized grasslands. *Applied Soil Ecology*, v. 41, n. 2, 137–147, 2009.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Soil and water quality: An agenda for agriculture*. Washington, DC: The National Academies Press, 1993, 542p.
- PANT, M., NEGI, G. C., & KUMAR, P. Macrofauna contributes to organic matter decomposition and soil quality in Himalayan agroecosystems, India. *Applied Soil Ecology*, v. 120, 20-29, 2017.
- PRIMAVESI, A.M. *O manejo ecológico do solo: Agricultura em regiões tropicais*. 9.ed. São Paulo: Nobel, São Paulo, 1987. 550p.
- REICHERT, J. M. et al. Solos Florestais. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Solos. Santa Maria, 2009.

-
- ROSSET, J. S., COELHO, G. F., GRECO, M., STREY, L., & JUNIOR, A. C. G. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 13, n. 2, 80-94, 2014.
- RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. São Paulo: Rocca, 1996. 1074p.
- SATTLER, M.A. *Variabilidade espacial de atributos de um Argissolo vermelho-amarelo sob pastagem e vegetação nativa na bacia hidrográfica do Itapemirim*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre/ES, 2006.
- SCIPIONI, M. C. FINGER, C. A. G., CANTARELLI, E. B., DENARDI, L., MEYER, E. A. Fitossociologia em Fragmento Florestal no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, v. 21, n. 3, 409–419, 2011.
- SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, v. 27, n. 3, 379-423, 1948.
- SILVA, C. F. ; PEREIRA, M. G. ; CORREIA, M. E. F. ; SILVA, E. M. R. . Fauna edáfica em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). *Revista de Ciências Agrárias* (Belém), v. 52, 107-115, 2009.
- SILVA, R. F., CORASSA, G. M., BERTOLLO, G. M., SANTI, A. L., STEFFEN, R. B. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 43, n. 2, 130-137, 2013.
- SOCARRÁS-RIVERO, A. A. Diversidad de la mesofauna edáfica en tres usos del suelo en la provincia Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, v. 41, n. 2, 123-130, 2018.
- SOUTO, P. C., SOUTO, J. S., DE MIRANDA, J. R. P., DOS SANTOS, R. V., ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, 151-160, 2008.
- TEDESCO MJ, GIANELLO C, BISSANI CA, BOHNEN H, VOLKWEISS SJ. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2ª ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).
- TÓTH, Z., DOMBOS, M., HORNUNG, E. Urban soil quality deteriorates even with low heavy metal levels: An arthropod-based multi-indices approach. *Ecological Applications*, v. 33, n. 4, 2023.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). 1998. “*Guidelines for Ecological Risk Assessment (EPA/630/R-95/002-F)*”. Federal Register (93): 26846–924.
- VASCONCELLOS, R. L. F., SEGAT, J. C., BONFIM, J. A., BARETTA, D., CARDOSO, E. J. B. N. Macrofauna do solo como indicador da qualidade do solo em mata ciliar intacta e sítios em recuperação de diferentes idades. *European Journal of Soil Biology*, v. 58, 105-112, 2013.
- WALKLEY, A., BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, Baltimore, v. 37, 29-38, 1934.