

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Dissertação

**Diversidade de invertebrados e atividade alimentar no solo
em área de cultivo de milho orgânico e em fragmento florestal**

Daiane Aparecida Krewer

Pelotas, 2022

Daiane Aparecida Krewer

**Diversidade de invertebrados e atividade alimentar no solo
em área de cultivo de milho orgânico e em fragmento florestal**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção de título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Pesquisador Dr. Gustavo Schiedeck
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Vanessa Sacramento Cerqueira

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

K92 Krewer, Daiane Aparecida

Diversidade de invertebrados e atividade alimentar no solo em área de cultivo de milho orgânico e em fragmento florestal / Daiane Aparecida Krewer ; Gustavo Schiedeck, orientador ; Vanessa Sacramento Cerqueira, coorientadora. — Pelotas, 2022.

72 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Provid. 2. Bait-lamina. 3. Agroecossistemas. 4. Manejo agroecológico. I. Schiedeck, Gustavo, orient. II. Cerqueira, Vanessa Sacramento, coorient. III. Título.

CDD : 630.2745

Daiane Aparecida Krewer

Diversidade de invertebrados e atividade alimentar no solo
em área de cultivo de milho orgânico e em fragmento florestal

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 23 de agosto de 2022.

Banca examinadora:

Pesquisador Dr. Gustavo Schiedeck (Orientador)
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Carlos Rogério Mauch
Doutor em Agronomia pela Universidade Politécnica de Valencia.

Prof^a. Dr^a. Patrícia Braga Lovatto
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Dedico a Deus e à minha família.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, fonte inesgotável de amor, pela proteção em todos os dias de minha vida.

Ao meu orientador, Pesquisador Dr. Gustavo Schiedeck, por ter guiado-me nesse trabalho, incentivando e apoiando em todos os momentos.

A minha coorientadora, à Profa. Dra. Vanessa Sacramento Cerqueira, pelo carinho e profissionalismo que nos acolheu em momento de extrema angústia e em meio a uma pandemia.

Ao colega Dr. Maico Danúbio Duarte Abreu, pela parceria firmada antes mesmo do mestrado, por todo incentivo e principalmente ao tempo dedicado a me “socorrer” e a ouvir as minhas angústias acadêmicas.

Ao colega mestrando Stevan Pinheiro, por compor a melhor equipe de “de dois”, na parceria e realização dos trabalhos de campo e laboratório.

A minha filha Eduarda, a minha maior incentivadora, o maior e melhor apoio, parceria pra tudo e toda hora, FILHA, você é o presente divino que sustenta minha existência.

Ao “Valmir/Eduarda”, por toda parceria e companheirismo dividido em momentos de estudos compartilhados.

Aos meus familiares que mesmo sem entender o significado da minha ausência, apoiaram e vibraram com as escolhas feitas e a importância dada a elas.

Agradeço ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo, que possibilitou a execução desse trabalho, bem como ao Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar pela excelência em ensino e a Embrapa Clima Temperado - Estação Experimental Cascata por disponibilizar laboratórios, equipamentos e áreas experimentais.

Sou grata e agradeço de coração a todos que de uma forma ou outra contribuíram para que pudesse concluir mais essa etapa.

Muito Obrigada!

*“A natureza pode suprir todas as necessidades
do homem, menos a sua ganância.”*

Mahatma Gandhi

Resumo

KREWER, Daiane Aparecida. **Diversidade de invertebrados e atividade alimentar no solo em área de cultivo de milho orgânico e em fragmento florestal.**

Orientador: Gustavo Schiedeck. 2022. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

O solo é um recurso natural constituído por combinações bióticas e abióticas as quais são afetadas pelo manejo, podendo alterar, significativamente, a sua funcionalidade. O objetivo desse estudo é avaliar parâmetros biológicos do solo como estratégia para subsidiar práticas de manejo mais adequadas aos agroecossistemas. O trabalho foi desenvolvido no período compreendido entre março e abril de 2021, nas áreas experimentais e laboratórios da Estação Experimental Cascata (EEC, 31°37'15" S, 52°31'30" O, 170m de altitude), Embrapa Clima Temperado, localizada em Pelotas/RS. A diversidade da fauna edáfica foi mensurada por meio do método de armadilha de queda, do tipo Provid. Para confecção artesanal das armadilhas foram usadas garrafas PET, com capacidade de dois litros, nas quais foram feitas quatro aberturas no formato de janelas (6 x 4cm), posicionadas 20cm da base. A atividade alimentar da biota do solo foi avaliada através da metodologia de bait-lamina. Foi coletado um total de 7.337 organismos nas áreas de cultivo de milho e de mata, sendo possível classificá-los em 17 grupos diferentes. As ordens Collembola e Diptera foram as predominantes nas duas áreas, sendo que mais de 66% e 21% pertenciam a essas ordens, respectivamente. A Mata A e o Milho B tiveram plena similaridade quanto aos organismos edáficos encontrados. Foi possível perceber que o consumo médio da massa nutritiva das lâminas no cultivo de milho teve percentual maior na área A (81,64%) do que na área B (77,00%). Em uma análise associativa da matéria orgânica presente no solo verifica-se que, em ambas as áreas, apresenta uma razão proporcional, com valor nominal próximo ao quociente obtido na atividade alimentar, sendo um indicativo de que baixos teores de matéria orgânica induz a uma maior atividade alimentar, em função da disponibilidade de alimento para a biota. Conclui-se que os experimentos se mostraram eficazes quanto a determinação da avaliação dos parâmetros biológicos do solo como estratégia para subsidiar práticas de manejo mais adequadas aos agroecossistemas, uma vez que permitiu determinar os níveis de semelhança entre os ambientes, permitindo estimar que não houve diferença significativa entre a mata, adjacente ao plantio, e o cultivo sob manejo agroecológico.

Palavras-chave: Provid; bait-lamina; agroecossistemas; manejo agroecológico.

Abstract

KREWER, Daiane Aparecida. **Diversity of invertebrates and food activity in the soil in an area of organic corn cultivation and in a forest fragment.** Advisor: Gustavo Schiedeck. 2022. 72 p. Dissertation (Master in Agronomy) - Graduate Program in Family Farming Production Systems, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2022.

Soil is a natural resource made up of biotic and abiotic combinations which are affected by management and can significantly alter its functionality. The objective of this study is to evaluate soil biological parameters as a strategy to support management practices that are more suitable for agroecosystems. The work was carried out between March and April 2021, in the experimental areas and laboratories of the Cascata Experimental Station (CES, 31°37'15" S, 52°31'30" W, 170m altitude), Embrapa Clima Temperado, located in Pelotas/RS. The diversity of the epidemiological fauna was measured using the Provid-type pitfall trap method. For the artisanal making of the traps, PET bottles with a capacity of two liters were used, in which four openings were made in the form of windows (6 x 4cm), positioned 20cm from the base. The feeding activity of the soil biota was evaluated using the bait-lamina methodology. A total of 7,337 organisms were collected in the corn and forest areas, making it possible to classify them into 17 different groups. The orders Collembola and Diptera were predominant in the two areas, and more than 66.00% and 21.00% belonged to these orders, respectively. Mata A and Maize B had full similarity regarding the edaphic organisms found. It was possible to perceive that the average consumption of the nutritive mass of the blades in the cultivation of corn had a higher percentage in area A (81.64%) than in area B (77.00%). In an associative analysis of the organic matter present in the soil, it is verified that, in both areas, it presents a proportional ratio, with a nominal value close to the quotient obtained in the food activity, being an indication that low levels of organic matter induce a greater food activity, depending on the availability of food for the biota. It is concluded that the experiments proved to be effective in determining the evaluation of biological parameters of the soil as a strategy to support management practices more appropriate for agroecosystems, since it allowed to determine the levels of similarity between the environments, allowing to estimate that there was no difference significant difference between the forest, adjacent to the plantation, and the cultivation under agroecological management.

Keywords: Provid; bait-lamina; agroecosystems; agroecological management.

Lista de Figuras

- Figura 1 Áreas de coleta de amostras em cultivo de milho e em áreas de matas adjacentes. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021. Os quadriláteros representam a posição das áreas amostras e os círculos brancos a localização aproximada dos pontos amostrados..... 33
- Figura 2 Método da armadilha Provid. Ela é constituída por uma garrafa de plástico tipo Pet com capacidade de dois litros, contendo quatro aberturas na forma de janelas com dimensões de 6 x 4 cm na altura de 20 cm de sua base.35
- Figura 3 Dimensões de uma bait-lamina. Dotado de 16 orifícios, dispostos em uma lâmina de polímero (Policloreto de vinila - PCV) com 16cm de comprimento.....36
- Figura 4 Elementos da metodologia bait-lamina. (a) Bait-laminas construídas em PVC; (b) Iscas de celulose, farinha de aveia e carvão ativado; (c) Gabarito para instalação das lâminas no campo. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.37
- Figura 5 Índices de diversidade da fauna edáfica coletada nas áreas de cultivo de milho e áreas de mata adjacente. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.47
- Figura 6 Perfil de diversidade de Rényi da fauna edáfica coletada nas áreas de cultivo de milho e áreas de mata adjacente. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021. .48
- Figura 7 Atividade alimentar média (%) da fauna edáfica e teor médio de matéria orgânica (%) do solo nas áreas de cultivo de milho (n = 16). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.49
- Figura 8 Atividade alimentar média (%) da fauna edáfica e teor médio de matéria orgânica (%) do solo na mata adjacente (n = 16). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021. .50

Figura 9	Atividade alimentar média (%) da edafofauna [A] e teor médio de matéria orgânica (%) do solo [B] nas áreas de coleta de amostras (n = 16). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.	51
----------	---	----

Lista de Tabelas

Tabela 1	Valores médios de variáveis químicas e físicas dos solos nas diferentes áreas avaliadas (n=16), considerando uma profundidade de 1cm. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.	34
Tabela 2	Critérios de atribuição de notas conforme o grau de consumo da isca nos orifícios, de acordo com a norma ISO 18311 (2016). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021. .	37
Tabela 3	Abundância absoluta e relativa dos organismos coletados nas duas áreas analisadas. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março, 2021.	44
Tabela 4	Avaliação dos índices de Similaridade de Morista-Horn e Jaccard das áreas avaliadas (n=15). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março, 2021.	45

Sumário

1 Introdução	13
2 Revisão da Literatura	16
2.1 O solo como fator primordial para a produção agrícola.....	16
2.1.1 Impactos dos sistemas de cultivo e práticas de manejo sobre o solo	17
2.1.2 O manejo do solo nos sistemas de produção de base ecológica.....	18
2.2. Os serviços ambientais do solo.....	20
2.3 A qualidade do solo no contexto dos sistemas de produção de base ecológica .	21
2.3.1 Importância da biota do solo	23
2.3.2 Principais grupos da biota do solo.....	24
2.3.3 A biota do solo como indicador da qualidade ambiental	28
2.3.4 Parâmetros de avaliação e monitoramento da biota do solo.....	29
3 Material e métodos	32
3.1 Descrição do local de estudo	32
3.1.1 Variáveis climáticas	33
3.1.2 Análise química do solo.....	34
3.2 Diversidade da fauna edáfica pelo método Provid	34
3.3 Atividade alimentar da edafofauna pelo método bait-lamina	36
3.4 Delineamento experimental e procedimento estatístico	39
3.4.1 Índices ecológicos de diversidade	39
3.4.2 Atividade alimentar da edafofauna com bait-laminas	43
4 Resultados e discussão	44
4.1 Diversidade dos organismos edáficos	44
4.2 Atividade alimentar da fauna edáfica	48
5 Conclusão	53
Referências	54
Apêndices	66
Anexos	71

1 Introdução

O solo resulta da ação simultânea e integrada do clima e organismos que atuam sobre um material de origem, que ocupa determinada paisagem ou relevo, durante certo período de tempo. O solo abriga micro e macrorganismos, que compõem a sua biodiversidade e participam de processos essenciais como, por exemplo, a ciclagem de nutrientes e a decomposição de resíduos e poluentes, além de contribuírem para a absorção de água e nutrientes pelas plantas, como é o caso dos fungos micorrízicos, como ocorre na fixação biológica do nitrogênio (DIAS, 2017).

A fertilidade do solo refere-se à capacidade de fornecer água e nutrientes às plantas nas proporções adequadas para o seu crescimento e produtividade, ou seja, pode variar conforme o tipo de manejo, características do solo, tipo de cultura, dentre outras características físicas e biológicas que interferem diretamente na disponibilidade de alimentos para as plantas.

Segundo Petreire e Cunha (2010), o manejo, a proteção e uso do solo devem-se basear, primeiramente, no seu potencial produtivo. Em uma abordagem geral, Primavesi (2000) defende que para um manejo adequado do solo é necessário considerar suas propriedades físicas (aeração, retenção de água, compactação, estruturação), químicas (reação do solo, disponibilidade de nutrientes, interações entre estes) e biológicas (teor de matéria orgânica, respiração, biomassa de carbono e de nitrogênio, taxa de colonização e espécies de microrganismos).

Um dos critérios, para que se mantenha a sustentabilidade de um solo saudável, é garantir as propriedades físicas, químicas e biológicas o mais próximo das condições originais em que este se encontrava na natureza. Assim, é possível avaliar suas características através de parâmetros simples de serem aplicados, monitorados e interpretados.

Práticas conservacionistas indicam corroboração à qualidade adequada em solos agrícolas, portanto é necessário criar consciência e enxergar o solo como um ecossistema vivo, pois reflete as diversas mudanças resultantes das ações que são exercidas sobre ele.

Nesse sentido, Ferraz (2021) confirma que a Agroecologia é tida como um campo do conhecimento de natureza multidisciplinar, cujos ensinamentos pretendem

contribuir na construção de estilos de agricultura de base ecológica e na elaboração de estratégias de desenvolvimento rural, tendo como referência os ideais da sustentabilidade numa perspectiva multidimensional. E, assim, apresenta-se como uma ação desafiadora no uso controlado do solo para fins agriculturáveis, onde a produtividade deve ser obtida paralelamente ao controle da degradação gerada pela interferência do homem.

A Agroecologia é definida como a ciência que estuda e aplica os conceitos da ecologia no manejo dos agroecossistemas (GLIESSMAN, 2001). Assim, quando nos referimos à Agroecologia, estamos focalizando um conjunto de princípios (unidade) e, quando tratamos de Agriculturas Ecológicas, nos remetemos às manifestações concretas ou à materialização daqueles conceitos (diversidade), mediante formas de manejo específicas (EMBRAPA, 2006).

Através da Agroecologia é possível conhecer alternativas que possam reduzir os problemas gerados pelo modelo convencional de agricultura, dos quais causam a diminuição da biodiversidade. Pode ser definida, também, como sendo o estudo contínuo da agricultura a partir de uma perspectiva ecológica na qual apresentam opções sustentáveis.

A esse envoltório de processos atribuí-se o nome de qualidade do solo, citada como “saúde do solo”, tendo como finalidade manter em funcionamento contínuo um ecossistema, onde possa sustentar ciclos de vida consorciado a plantas, animais e seres humanos.

Segundo Alcântara (2017) a Agroecologia subsidia, cientificamente, todos os estilos de agricultura, que, por sua vez, seguem, em maior ou menor grau, os princípios agroecológicos, entre os quais um dos mais importantes é o manejo adequado do solo.

De acordo com Santos et al. (2014) a produção de alimentos agroecológicos pode contribuir de maneira positiva para o meio ambiente, pois é capaz de reduzir os impactos ambientais na ordem de até 90%, com a adoção de técnicas de manejo que promova a interação dos agroecossistemas, com relação direta entre humanidade e natureza. No entanto, o manejo inadequado do solo pode levar a graves consequências, tanto em sistema orgânico quanto no convencional de produção (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

Ferreira, Stone e Didonet (2014) afirmam que, ainda que ocorram impactos é possível avaliar a magnitude resultante no meio, em especial quando avaliados

através de indicadores de qualidade do solo, dos quais sejam capazes de diagnosticar o efeito das alterações causadas por práticas agrícolas.

Para se ter um sistema que diminua os impactos no solo e nos organismos que dão vida a esse ambiente, pode ser mencionado os microrganismos que através de práticas adequadas alavancam a produção e, de maneira fácil, podem ser monitorados. Mesmo com recursos básicos é possível melhorar a capacidade de produção, adotando uma gestão sustentável e racional de forma que o solo continue útil e fértil.

Nesse sentido, o estudo tem o objetivo de avaliar parâmetros biológicos do solo através da indicadores de diversidade de invertebrados e da atividade alimentar de organismos edáficos como estratégia para subsidiar práticas de manejo mais adequadas aos agroecossistemas.

2 Revisão da Literatura

2.1 O solo como fator primordial para a produção agrícola

O solo é um recurso natural e renovável que possui um papel fundamental na produtividade agrícola, carregando em sua composição os nutrientes essenciais para as plantas. Esse processo demanda atenção por parte dos agricultores, pois necessita estar em boas condições de fertilidade para atender as exigências de cada cultura.

O solo é definido por Valarini et al. (2011), como um sistema heterogêneo, descontínuo e estruturado, formado por microhabitats com diferentes características químicas, físicas e biológicas altamente interdependentes, de modo que esse pode ser alterado em consequência da remoção de sua camada superficial e intenso revolvimento, com impacto negativo imediato na sua microbiota e em seus processos.

Segundo a EMBRAPA (2018), o solo agriculturável é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais da crosta terrestre. Contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, serem modificados por interferências antrópicas.

Feiden (2001) considera o solo como um espaço habitado por milhares de organismos, com infindáveis interações entre si e com os componentes não vivos, comportando-se como um componente vivo dentro do ecossistema, afetando e sendo diretamente afetado pelas práticas culturais utilizadas no processo de produção.

O preparo do solo e o uso de plantas de cobertura são importantes práticas no sistema orgânico de cultivo. Cunha et al. (2011) relatam que com o crescente interesse dos agricultores nesse sistema, visando ao aumento da rentabilidade e melhoria da qualidade de vida no meio rural, além da preservação da capacidade produtiva do solo a longo prazo, é necessário gerar informações sobre a contribuição dessas práticas na manutenção da qualidade física do solo.

O mesmo ocorre em metodologias voltadas a obter a compreensão do protagonismo dos organismos vivos habitantes do solo na construção e manutenção da qualidade do solo, ou seja, Sobucki et al. (2019) indicam que para a avaliação de indicadores biológicos da qualidade do solo estão sendo cada vez mais empregadas,

principalmente pelo fato que a biota do solo desempenha papel fundamental em diversos processos ecossistêmicos (ciclagem de nutrientes, fluxo de energia) que ocorrem no solo.

Argenton et al. (2005) descrevem que o manejo convencional normalmente degrada o solo pela redução de sua cobertura, do estoque de matéria orgânica e da estabilidade de agregados, promovendo a compactação, a erosão e, assim, a queda da produtividade.

De acordo com a FAO (2013) é necessário tornar os sistemas produtivos mais eficientes e resilientes para lidar com os desafios postos de aumento de produção de alimentos, adaptação às mudanças no clima e mitigação dos impactos no clima gerados pela agricultura, em especial em três campos: solo, água, fertilizantes – para maior eficiência na produção vegetal.

Nesse sentido, Stringheta e Muniz (2003) descrevem que os sistemas orgânicos de agricultura buscam obter solos e lavouras saudáveis por meio de práticas de reciclagem dos nutrientes e da matéria orgânica, na forma de composto ou restituição dos resíduos da cultura do solo, rotação de cultura e práticas apropriadas para o solo.

Outra importante recomendação de manejo do solo é através do plantio intercalado, em que os agricultores se beneficiam da capacidade dos sistemas de cultivo de reutilizar seus próprios estoques de nutriente. A tendência de algumas culturas de exaurir o solo é contrabalançada através do cultivo intercalado de outras espécies que enriquecem o solo com matéria orgânica (ALTIERI, 2004).

Um bom manejo do solo é aquele que propicia boa produtividade no tempo presente e que também possibilita a manutenção de sua fertilidade, garantindo a produção agrícola no futuro (PETRERE; CUNHA, 2010).

2.1.1 Impactos dos sistemas de cultivo e práticas de manejo sobre o solo

O manejo do solo consiste num conjunto de operações realizadas com o objetivo de propiciar condições favoráveis à semeadura, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado e, para que isto ocorra, é imprescindível a adoção de diversas práticas (ARAÚJO; SANTOS; LOPES, 2014).

Silva et al. (2021) complementam que o manejo impróprio e intensivo do solo pode provocar gradativamente sua degradação, processo que em alguns casos pode ser irreversível, uma vez que naturalmente, ocorrem perdas de solo por ações naturais

como o intemperismo, no entanto, as práticas antrópicas, em grande medida, aceleram esses fenômenos, que ocorrem em maiores proporções.

Um dos principais fatores, na concepção de Flowers e Lal (1998), é gerado pela compactação do solo devido ao tráfego de máquinas, originada da compressão do solo insaturado, sendo a principal causa da degradação física dos solos agrícolas, e aumenta com a intensidade de tráfego em condições inadequadas de umidade do solo.

O uso de máquinas agrícolas cada vez maiores e mais pesadas, sem o controle da pressão dos pneus e umidade de trabalho, associado aos diferentes manejos, conduz a questões práticas associadas, principalmente, à capacidade de suporte de carga e sua suscetibilidade à compactação, sendo necessários estudos que avaliem o efeito das máquinas sobre o comportamento físico-mecânico dos diferentes solos (SUZUKI, 2005).

No ambiente físico, o tráfego desordenado de máquinas e sistemas de manejo inadequados a determinados tipos de solo, podem ocasionar, na visão de Marasca et al. (2011), aumento da compactação de camadas, com aumento da densidade do solo, gerando maior resistência mecânica, maior resistência à penetração e menor porosidade total, devido à redução no volume de macroporos em função da maior proximidade entre as partículas, conseqüentemente, menor aeração.

Por outro lado, Cunha et al. (2011) argumentam que a influência da matéria orgânica, na agregação do solo, é um processo dinâmico, sendo necessário o acréscimo contínuo de material orgânico para se manter a estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas.

Braida et al. (2010) complementam que a susceptibilidade à compactação pode ser alterada pelo acúmulo de matéria orgânica, porém, a textura do solo e seus efeitos associados à retenção de água, coesão e densidade do solo determinarão a magnitude e o tipo de efeito, ou seja, demandaria de outras técnicas de manejo integrada ao agroecossistema que garantisse a produtividade sustentável a fim de alcançar características semelhantes às de ecossistemas naturais.

2.1.2 O manejo do solo nos sistemas de produção de base ecológica

A adoção de sistemas sustentáveis de produção, como os sistemas de base ecológica, vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, impulsionada principalmente pela demanda da sociedade por alimentos que apresentem maior

qualidade e que, em seu processo produtivo, resultem em menores impactos ambientais (FERREIRA; STONE; DIDONET, 2017).

Os sistemas produtivos de base ecológica, de acordo com Lopes (2014), vêm surgindo como uma alternativa tecnológica e economicamente rentável aos agricultores, uma vez que visam eliminar os impactos ambientais provocados pelo uso irracional dos recursos naturais.

No entendimento de Santos et al. (2004), os princípios da Agroecologia estabelecem uma visão holística do agroecossistema e podem contribuir para tornar o sistema produtivo econômico e ecologicamente sustentável.

Conforme Gliessman (2001), o agroecossistema pode ser definido como um complexo de organismos presentes no ar, água, solos, plantas, animais, microrganismos, podendo ser de qualquer tamanho especificado conforme o objetivo de manejo ou tomada de decisão.

Primavesi (2008) acrescenta que, nos manejos de base ecológica estão, intrinsecamente, ligados a sabedoria de cada agricultor que desenvolve, a partir de suas experiências e observações locais, as práticas agrícolas conforme as características pecuniárias de cada ambiente, alterando-as o mínimo possível e extraindo, assim, o potencial natural dos solos.

A Agroecologia defende uma agricultura exclusivamente baseada em princípios ecológicos que exclui tecnologias com alta interferência humana nos padrões naturais, seja no design externo (monoculturas) ou interno (transgênicos e uso de substâncias químicas), questionando a concentração do poder em grandes corporações e promovendo a emancipação dos agricultores (ALTIERI, 2004).

Diante dessa temática, surge o papel indispensável da matéria orgânica (MO) do solo, na qual apresenta capacidade de modificar relações físico-químicas do solo, alterando a disponibilidade de micronutrientes, aumentando relações entre microrganismos do solo e sua fauna edáfica (DHALIWAL et al., 2019).

Segundo Cardoso e Andreote (2016), a MO do solo é resultado da mistura de componentes de origem biológica (restos de decomposição em diferentes estádios evolutivos), microrganismos e materiais vegetais não decompostos, além de compostos produzidos pelo homem conhecidos. Onde a distribuição da MO não é uniforme e varia de acordo com a origem e as propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos. A maior atividade biológica do solo situa-se, de modo geral, na camada de 0 a 20 cm de profundidade (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

A matéria orgânica melhora os atributos físicos do solo, agindo como agente cimentante, favorecendo a agregação de suas partículas, reduzindo sua coesão e plasticidade, melhorando sua capacidade de retenção de água (ANDREOLI; LARA; FERNANDES, 2001), além de gerir a disponibilidade de nutrientes para a multiplicação de células microbianas e das plantas, regulando a ciclagem do carbono e sua estabilização (RASCHE; CADISH, 2013).

Salienta-se que o clima exerce influência no intemperismo, especialmente, a umidade relativa, a precipitação e a temperatura, agregado a simples abundância de água promove a sua percolação mais intensa e mais profunda, pois a temperatura age como catalisadora das reações químicas que envolvem a água (CARVALHO et al., 2015).

Costa e Sangakkara (2006) ressaltam que, em geral, as taxas de decomposição são maiores com o aumento da umidade do solo e temperatura, contribuindo para a elevação da taxa microbiana. Para Silva et al. (2019), a fauna edáfica é responsável tanto pela fragmentação dos resíduos orgânicos, incluindo assim a área superficial para a atividade microbiana, como pela produção de enzimas responsáveis pela quebra de biomoléculas complexas em compostos mais simples, auxiliando na formação de húmus.

A esse respeito, Silva et al. (2020a) alertam que se deve atentar quanto aos atributos correlatos do solo, como a acidez (pH), salinidade, teor de carbono total ou orgânico, fósforo disponível, capacidade de troca iônica, entre outros.

A acidez do solo tem grande importância, pois afeta o rendimento das plantas, pela influência que exerce sobre a fertilidade, influenciando no rendimento das plantas, disponibilidade e assimilação dos nutrientes pelas plantas e eficiência da adubação. O pH é representado por uma escala de valores que podem variar de 3,0 a 5,5 para solos ácidos, de 5,5 a 6,0 para solos neutros e acima de 7,0 para solos alcalinos (PAULUS; MULLER; BARCELLOS, 2000).

2.2. Os serviços ambientais do solo

Solos de ecossistemas naturais e manejados são considerados áreas críticas ao mesmo tempo que dinâmicas, com sistema regulatório tridimensional que gera uma infinidade de funções, também chamadas de funções do solo (BLUM, 2005).

Tendo em vista as práticas de manejo inadequadas, grande parte desse material vem sendo degradado, levando à perda de nutrientes e da biodiversidade.

Apesar disso, na concepção de Hewitt et al. (2015), o solo tem sido um componente negligenciado nos estudos do ecossistema, serviços e decisões políticas.

Swinton et al. (2006) discutem que, apesar do conhecimento considerável sobre os solos, sua formação e distribuição, ainda assim, a compreensão sobre suas funções e serviços ecossistêmicos do solo é incompleta.

O solo tem sido denominado como um capital natural ou estoque que produz um fluxo sustentável de bens e serviços úteis (DOMINATI; PATTERSON; MACKAY, 2010). Em face do reconhecimento da indispensabilidade de tal recurso, Rosa (2014) aponta que o desenvolvimento da ecologia e estudos sobre as funções dos ecossistemas foram aprofundados entre as décadas de 1960 e 1970, especialmente sobre o ciclo do carbono, da água e de nutrientes.

O solo pode ser classificado como um serviço ecossistêmico de suporte, que são aqueles necessários para a produção de todos os outros serviços ecossistêmicos, sendo incluso nessa categoria a sua formação e respectiva ciclagem de nutrientes (EMBRAPA, 2019).

Conforme Dias (2017), o solo é responsável por diversos processos ambientais, que vão desde a ciclagem ao armazenamento de nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, até a reserva de água para o abastecimento do lençol freático e de aquíferos.

2.3 A qualidade do solo no contexto dos sistemas de produção de base ecológica

Desde muito tempo, os homens vêm buscando estabelecer estilos de agricultura menos agressivos ao meio ambiente, capazes de proteger os recursos naturais e que sejam duráveis no tempo (CAPORAL; COSTABEBER, 2004). O termo Agroecologia foi assim cunhado para demarcar um novo foco de necessidades humanas, qual seja, o de orientar a agricultura à sustentabilidade, no seu sentido multidimensional. Num sentido mais amplo, ela se concretiza quando, simultaneamente, cumpre com os critérios da sustentabilidade econômica, ecológica, social, cultural, política e ética (MATTOS et al., 2006).

A Agroecologia, é conceituada por Lopes e Lopes (2011), como uma ciência emergente, embasada nas diversas áreas do conhecimento científico e do conhecimento tradicional de agricultores, contendo princípios teóricos e metodológicos voltados ao desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis.

Neste contexto, Lopes et al. (2017) informam que o solo ocupa o papel principal nesse processo e, dentre as estratégias primordiais, destacam-se a importância da recuperação e conservação dos solos e a restauração florestal com o incremento da biodiversidade nos ecossistemas e nos sistemas produtivos agropecuários.

As pesquisas nessa área tiveram seu marco inicial na década de 90 com estudos apresentados por Karlen et al. (1997) e Doran e Parkin (1994) que discutiam a preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a função do solo. A partir de então o interesse no estudo sobre a qualidade do solo vêm ganhando força junto a comunidade científica brasileira e, em consequência, aumentando o número de trabalhos indexados em periódicos acerca do tema, como em trabalhos desenvolvidos por Silva et al. (2020b), Silva et al. (2020c), Silva et al. (2021).

Para Herrick (2000), a qualidade solo pode ser vista como um indicador da boa interação dos processos naturais biológicos, físicos e químicos dos quais garantem o bom funcionamento da vida para animais, plantas e seres humanos. O autor descreve ainda que não basta somente conhecer os indicadores de qualidade do solo, são necessárias mudanças no comportamento e atitudes no âmbito social. Doran (2002) complementa que são necessárias atitudes práticas a fim de reduzir os impactos sobre o meio ambiente.

Um conceito clássico, abordado nos princípios da Agroecologia do solo é descrito por Doran (1997), em que a qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens.

Karlen et al. (1997) informam que, embora a qualidade do solo não possa ser medida diretamente, ela serve como um conceito guarda-chuva para a análise e integração de relações entre funções biológicas, químicas, e parâmetros físicos que se constituem com indicativos importantes para sistemas agrícolas e ambientais sustentáveis.

Atualmente, os conceitos de qualidade do solo relacionam diversos parâmetros biológicos. Andrade (2012) complementa que para avaliar a qualidade do solo e as mudanças no ambiente, o estudo de indicadores biológicos têm sido uma das principais metodologias, uma vez que o estudo da fauna edáfica é excelente indicador pela sensibilidade desses organismos as mudanças ambientais.

2.3.1 Importância da biota do solo

A manutenção da diversidade de plantas nos ecossistemas e, conseqüentemente, da biota do solo diversificada, junto com uma permanente cobertura da superfície do solo, são essenciais para manter o solo potencialmente ativo e dinâmico (“vivo”), resultando em produção qualitativa mais sustentável (BROWN et al., 2001). Nesse caso, quanto mais diversificada for a cobertura vegetal, maior o número de nichos a serem colonizados, resultando, portanto, em maior diversidade das comunidades da fauna do solo (CORREIA, 2010).

Conhecer as comunidades da fauna edáfica é um requisito essencial na busca por um adequado e sustentável manejo do solo que, além de conservar a biodiversidade, também possibilita ações importantes desses organismos no ecossistema (BROWN et al., 2015).

Segundo Brevik et al. (2015) a fauna do solo exerce importantes serviços ambientais com expressiva participação na determinação das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, essenciais para os seres humanos e os ecossistemas.

As transformações promovidas pelos organismos no solo, sobretudo aquelas que geram benefícios diretos ou indiretos para os seres humanos, são conhecidas por serviços ecossistêmicos (LAVELLE et al., 2006).

De acordo com Lavelle et al. (2006), a estimativa de animais presentes no solo pode representar até 23% da diversidade total de organismos. Esse índice evidencia a importância da complexidade nos agroecossistemas, o uso da matéria orgânica nos solos, práticas agrícolas que respeitassem e otimizassem os serviços ambientais fornecidos pela natureza, prezassem os anseios sociais e maximizassem os processos biológicos (LOPES; LOPES, 2011).

Conforme Correia e Oliveira (2006), a quantidade e diversidade de organismos decompositores determinam a velocidade de processos como a mineralização e imobilização de nutrientes, o que afeta diretamente a assimilação de minerais pelos vegetais e a produtividade de culturas, mesmo quando há a aplicação de adubos minerais.

É descrito por Ceretta e Aita (2008) e Correia e Oliveira (2006) que as interações da fauna de solo com os microrganismos e a sua ação sobre a decomposição e ciclagem de nutrientes variam entre os diferentes grupos, sendo resultantes de características intrínsecas de cada grupo e, por vezes, de cada espécie da fauna de solo, ou seja, pelo hábito alimentar é possível avaliar as relações

existentes entre os diferentes organismos e estimar sua influência nas características do solo.

2.3.2 Principais grupos da biota do solo

A fração viva do solo é essencial para seu funcionamento, sendo a esta atribuídos muitos processos que regem a manutenção e a funcionalidade dos solos (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

Nesse sentido, Cardoso e Andreote (2016), descrevem que em áreas naturais, a microbiota dos solos é de extrema importância na ciclagem de nutrientes e na sustentação do ecossistema, atuando na base da cadeia alimentar que permeia estes ambientes.

Pedrosa et al. (2015) abordam que a fração biológica, formada pelos múltiplos grupos de microrganismos, atuantes na matéria orgânica do solo, contribuem no desenvolvimento contínuo de sínteses de compostos orgânicos, fazendo do solo uma entidade biológica altamente diversificada.

Em se tratando de um ambiente naturalmente diverso, têm-se inúmeros processos biológicos, dos quais tornam-se indispensáveis para a ocorrência da biota do solo. Correia e Andrade (1999) confirmam que a estrutura do microhabitat gerado possibilitam a colonização de várias espécies da fauna do solo com diferentes estratégias de sobrevivência diante dos recursos alimentares disponíveis.

Moreira et al. (2018) afirmam que os processos biológicos são importantes para a manutenção da vida no solo, como a decomposição da matéria orgânica e a produção de húmus, a ciclagem de nutrientes, o controle biológico de patógenos, a formação de agregados, a produção de metabólitos diversos, como antibióticos, ácidos orgânicos, hormônios, alelopáticos, bem como a produção de alimentos que mantém a sociedade humana, dentre inúmeros outros.

A classificação taxonômica dos grupos da fauna do solo é gerada para classificar as comunidades de organismos que vivem permanentemente ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo. Autores como Correia e Oliveira (2000), Ceretta e Aita (2008), Korasaki, Morais e Braga (2018) e Li et al. (2020) dividem esses grupos em função do seu tamanho, seu hábito alimentar, sua mobilidade e função que desempenha (transformação da matéria orgânica, controle biológico, estrutura do solo e herbívora) no ecossistema da seguinte forma:

- a. **Microfauna** (4 a 100 μm): Protozoários, bactérias, fungos e nematóides.

- b. **Mesofauna** (100 μ m a 2,0mm): Ácaros, colêmbolos, pequenos miriápodes, pequenos insetos.
- c. **Macrofauna** (>2,0mm): Minhocas, térmitas, formigas, coleópteros.

Resumidamente, Mendes et al. (2009) descrevem que os organismos da micro, meso e macrofauna do solo, em conjunto com as raízes das plantas, compõem a fração viva da matéria orgânica, e podem ser utilizados como biondicadores, uma vez que estão intimamente relacionados à composição biogeoquímica do solo através de uma estreita interrelação.

A microfauna é composta pelos protozoários, bactérias, fungos e nematóides, dos quais são responsáveis por atuar, de maneira indireta, na ciclagem de nutrientes através da ingestão de bactérias e fungos (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). É nesse grupo, que estão incluídos os animais mais abundantes sobre a face da Terra, que normalmente habitam a lâmina de água presente nos poros do solo (ALVES, NIEMEYER; CARDOSO, 2017).

Conforme Trentini et al. (2018), a importância desses organismos nos processos químicos do solo, aumenta à medida que o tamanho corpóreo dos mesmos diminui, visto que, quanto menor o organismo, maior sua atuação nos processos de transformações químicas. Contudo, a atuação dos organismos da microfauna é diretamente dependente das interações com a macro e meso fauna edáfica, uma vez que os componentes da microfauna somente conseguem ter acesso ao material orgânico após ter sido decomposto pela macro e meso fauna (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A mesofauna compreende os ácaros, colêmbolos e alguns insetos, organismos com tamanho entre 0,2 a 2 mm, os quais podem habitar os poros do solo próximos à superfície, não promovendo o revolvimento do solo (BALIN et al., 2017). Para o estudo da mesofauna do solo, podem-se citar os grupos Acari e Collembola como espécies geralmente dominantes em riqueza e diversidade (MELO et al., 2009). Esses dois grupos são destacados por controlarem, por meio de interações tróficas, as populações de outros organismos da microfauna do solo (GONÇALVES, 2015). Os ácaros no ecossistema do solo, geralmente, agem como predadores, enquanto os colêmbolos são detritívoros (MELO et al., 2009).

Na mesofauna ocorre a regulação das populações de fungos e da microfauna, alteração de ciclagem de nutrientes e fragmentação de detritos vegetais (CORREIA;

OLIVEIRA, 2000). De modo que sem esses organismos o tempo de degradação e a qualidade da MO ficam comprometidos, podendo influenciar na química do solo, pois as complexações de compostos da MO dependem das diferentes formas com que cada um desses grupos de organismos atua durante o processo de degradação da matéria orgânica.

Os invertebrados da macrofauna edáfica, conhecidos como engenheiros do ecossistema, escavam o solo com eficiência, produzem estruturas organominerais, depositam cropólitos e fezes e criam uma grande variedade de poros (buracos, galerias, ninhos e câmaras) desta maneira afetando profundamente positivamente a estrutura do solo (LAVELLE, 1996).

As atividades desses macroinvertebrados conseguem refletir e causar mudanças no ambiente pelo seu comportamento, densidade e diversidade (LAVELLE, 1997). A fauna edáfica atua na interface solo-serapilheira incorporando nutrientes através da ingestão e deposição de materiais (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Na macrofauna estão contidos as minhocas, cupins, formigas, centopeias, baratas, aranhas, tesourinhas, grilos, caracóis, escorpiões, percevejos, tatuzinhos, traças, larvas e adultos de besouros, entre outros invertebrados de tamanho intermediário (ALVES, NIEMEYER; CARDOSO, 2017). Conforme Correia e Oliveira (2000), eles regulam as populações de fungos e da microfauna e estimulam a atividade microbiana.

Dentre os habitantes do solo, as minhocas são identificadas por agricultores como um importante elemento de indicação da qualidade do solo, associada a padrões adequados de fertilidade. Schiedeck et al. (2009) complementam que as minhocas fazem parte do cotidiano dos agricultores, que relatam a presença desses organismos em solos com maior produtividade.

Segundo Hendrix e Bohlen (2002), as minhocas são os organismos mais conhecidos e, muitas vezes, os mais importantes que influenciam o funcionamento do sistema solo. Devido à intensa movimentação de solo que promovem no sistema edáfico, as minhocas, juntamente com cupins, besouros e formigas, foram denominadas engenheiros do ecossistema (BROWN; DOMÍNGUEZ, 2010).

Conforme Oliveira (2014), os insetos têm-se destacado como potenciais organismos bioindicadores e isso se deve ao fato de apresentarem grande capacidade perceptiva, no que se refere a alterações do meio ambiente, principalmente por seu

apurado sistema sensorial, que lhes permite qualificar condições ambientais em determinadas situações e, ainda, quantificar danos causados ao meio.

Os insetos da ordem Diptera, conhecidos como moscas, mosquitos e mutucas, não são associados pela maioria das pessoas à polinização, porém, sabe-se que muitos dípteros visitam flores e podem ser importantes polinizadores sob certas condições climáticas, por estarem presentes durante todo o ano. Carvalho et al. (2012) descrevem que muitos dípteros desempenham importante papel ecológico, especialmente como inimigos naturais de vários organismos, pois ocupam diversos nichos alimentares, podendo ser parasitas, hematófagos, predadores, além de se alimentarem de folhas, frutos, flores, néctar e outras substâncias açucaradas.

Conforme Farias et al. (2015), a ocorrência de coleópteros está associada com as características físicas e químicas do solo, como a umidade ou a matéria orgânica.

Hymenoptera é a ordem de insetos de contempla as vespas, formigas e abelhas, possui mais de 153 mil espécies catalogadas. Os insetos da ordem Hymenoptera possuem asas membranosas, algumas espécies como a formiga operária perdem suas asas ao longo do seu desenvolvimento (RASPLUS et al., 2010).

As formigas ocupam vários nichos presentes o ambiente terrestre e podem sobreviver a extremas condições abióticas, fator que caracteriza a adaptação do grupo frente a mudanças ambientais no ecossistema (SIQUEIRA et al., 2017). Carvalho (2020) as conceitua como sendo animais pluralísticos dos biomas, pois são responsáveis pelos mais variados serviços ecossistêmicos, os quais vêm sendo cada vez mais estudados pela comunidade científica.

Também nesse grupo estão os besouros, dos quais são encontrados em diferentes gradientes e ambientes (ARAÚJO et al., 2018). São insetos da ordem Coleoptera que possuem dominância quantitativa e qualitativa em relação a todos os demais grupos taxonômicos constituintes da fauna (LAWRENCE et al., 1991). Segundo Lewinsohn et al. (2005) e Casari e Ide (2012), cerca de 30.000 espécies são registradas no Brasil distribuídas em 105 famílias.

A ordem Orthoptera, conhecida principalmente pelos grilos e gafanhotos, é distribuída mundialmente com quase 30 mil espécies válidas, sendo considerada a ordem mais diversa dentre os Polyneoptera (CAMPOS, 2022).

Lepidoptera representa a ordem dos insetos em que as asas são membranosas, e apresentam como características escamas, essas espécies apresentam uma metamorfose completa, possuindo os estágios, larval, casulo e

adulto. Em seu estágio larval, possuem a capacidade de mastigação sendo herbívoros, o corpo assim como as asas cobertas por escamas (CZEPAK et al., 2013).

Segundo Footit e Adler (2018), os Dermaptera ou tesourinhas, são um pequeno grupo de insetos de tamanho médio (tipicamente 10-15mm de comprimento), com mais de 1900 espécies vivas descritas, embora apenas algumas sejam conhecidas pelo público em geral.

2.3.3 A biota do solo como indicador da qualidade ambiental

Os indicadores biológicos, por sua vez, são constituintes vivos, presentes nas primeiras camadas solo, que são representados por uma grande diversidade de espécies, as quais desempenham inúmeras e complexas funções no solo. Devido a sua ampla funcionalidade e sensibilidade é possível detectar alterações decorrentes do manejo (SILVA et al., 2021).

Os microrganismos, juntamente com a fauna (micro, meso e macro) e as raízes das plantas, constituem a fração viva da matéria orgânica do solo e podem ser utilizados como indicadores biológicos ou bioindicadores, uma vez que estão intimamente relacionados ao funcionamento do solo (MENDES et al., 2009).

Góes et al. (2021) afirmam que a fauna edáfica mostra potencial para ser utilizada na avaliação da qualidade do solo, já que alguns grupos mostraram ser sensíveis às mudanças de variáveis ambientais.

No quesito da identificação de alterações de um ambiente, muitas vezes gerados pelo tipo de manejo, é verificada por bioindicadores com maior eficiência em relação a índices químicos e físicos, pois segundo Gil-Sotres et al. (2005), Lisboa et al. (2012) e Stöcker et al. (2017), os indicadores biológicos possuem alta sensibilidade, permitindo avaliações logo após a ocorrência das perturbações no solo, detectando com maior antecedência alterações que ocorrem no solo, em função do seu uso e manejo.

Nessa ótica, Bohm, Castilhos e Rombaldi (2010), apontam que os organismos da microbiota, somados as populações da mesofauna são responsáveis pelos processos de decomposição, mineralização da matéria orgânica e pela regulação dos ciclos de nutrientes, estando diretamente associados a qualidade do solo. Kamau et al. (2017) complementa que a macrofauna se constitui um importante componente da biota edáfica, dado o impacto significativo de suas atividades nas funções do ecossistema.

Contudo, Matsumoto e Marques (2015) esclarecem que nenhum indicador sozinho consegue caracterizar a qualidade real de uma área e seu potencial de sofrer degradação, é interessante que se faça uso de mais de uma ferramenta para monitoramento satisfatório.

2.3.4 Parâmetros de avaliação e monitoramento da biota do solo

O monitoramento da fauna do solo, sendo Li et al. (2020), pode apoiar o desenvolvimento de ferramentas para avaliação e gestão de ecossistemas, servindo como indicadores ecológicos que informam o estado da saúde da área a ser estudada.

A escolha de um indicador de qualidade depende, primeiramente, do objetivo do estudo e do interesse do observador (SHUKLA; LAL; EBINGER, 2006). Outros critérios importantes, na concepção de Maia e Parron (2015), a serem considerados na escolha do indicador são: a facilidade de medição, a confiabilidade metodológica e os custos envolvidos em sua medição.

Em vista disso, faz-se necessário o uso sustentável dos solos e seu monitoramento, analisando sua situação atual, assim como sua capacidade de resiliência e a tomada de decisão para sua reestruturação. Esse monitoramento pode ser realizado por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos, sendo possível avaliar as condições do solo e promover a manutenção da sustentabilidade produtiva dos ambientes (SILVA et al., 2021).

A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores que são atributos biológicos com a capacidade de quantificar o nível de desequilíbrio ao qual um determinado ambiente está sujeito, podendo determinar os efeitos sobre a qualidade do solo e a sustentabilidade das práticas agrícolas (GOMES et al., 2015).

Conforme Campolin e Freiden (2011) o diagnóstico dos recursos naturais, voltados a Agroecologia, pode ser utilizado para identificar e analisar os diferentes elementos que compõem o ambiente (solo, água, cobertura vegetal etc.) e as relações que ocorrem entre o uso e manejo do solo e os impactos ambientais resultantes.

A coleta de informações sobre a biota do solo por ser realizada através de diversas metodologias. Idealmente, esses métodos devem ser suficientemente simples o suficiente para ser implementado facilmente e com custo acessível (BARAZA et al., 2019).

Segundo Guimarães (2016), a metodologia BIOLOG é utilizada para determinação do perfil fisiológico das comunidades microbiana do solo, no qual é

obtido com o uso de placas Biolog® Ecoplate (BIOLOG Inc., Hayward, CA, USA). Tal equipamento possui 96 alvéolos com 31 fontes distintas de carbono em triplicata, além de células controle preenchidas somente com água deionizada. Apresenta vantagens de rapidez e eficiência da avaliação do perfil metabólico, o que facilita aquisição de características da identidade metabólica dos isolados microbianos.

Para coleta de fauna edáfica é comum o uso de armadilhas do tipo Pitfall, pois segundo Santos (2020), esse tipo de método é utilizado no meio científico, por ser de extrema importância, pois facilita na coleta de pequenos insetos que circulam na superfície terrestre, os chamados animais edáficos, que normalmente não são tão fáceis de capturar.

Vargas (2019) considera que o TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Method) é um método de avaliação importante e útil no monitoramento de bioindicadores do solo. Consiste na retirada de monólitos de solo com as dimensões de 20 x 20 x 20 cm de profundidade, que logo após são dispostos em peneiras e com o auxílio de uma pinça, gerando a classificação dos animais da fauna edáfica encontrados.

A avaliação da atividade biológica do solo através de bait lâminas é um método simples, de baixo investimento e que auxilia a inferir sobre o impacto do uso do solo nos organismos que integram esse sistema (KLIMEK et al., 2015).

Conforme Jänsch, Scheffczyk e Römbke (2017), o método bait-lamina é um método de teste funcional utilizado com sucesso em estudos de monitoramento de campo para avaliar a atividade alimentar de organismos do solo.

Segundo André (2008) o ensaio de bait-lamina é efetivamente um método simples, pouco dispendioso e que dá uma perspectiva tridimensional da atividade alimentar dos invertebrados no compartimento terrestre, sendo este um parâmetro extremamente importante para inferir acerca do impacto dos diferentes agentes de stress, em uma das mais importantes funções do solo: reciclagem de nutrientes.

A partir da quantificação em campo da biota do solo, torna-se possível estimar a diversidade entre ambientes naturais e agroecossistemas, bem como a formação de grupo entre eles, utilizando modelos estatísticos, como por exemplo, o índice de Shannon e o coeficiente de Jaccard (SNEATH; SOKAL, 1973).

Autores como Gomero e Brada (2006) utilizaram de modelos matemáticos para comprovação qualitativa, por meio de índices estatísticos, a partir de experimentos em campo que pudessem quantificar a biota presente nos solos.

Porém Vorobeichik e Bergman (2021) advertem que é importante escolher a duração correta da exposição da isca ou bait para obter dados imparciais. Isso requer a análise da dependência do tempo de consumo da bait, porém, não foi realizada para solos tecnogenicamente poluídos, ou seja, necessita possuir um panoram de biodiversidade adequado para obtenção dos resultados.

Conforme Pessotto et al. (2020) a abundância, riqueza e diversidade da fauna edáfica pode ser estimada, ainda que ocorra variação do uso do solo, tipo de manejo ou espécie cultivada com a adoção da metodologia Provid, em que tais parâmetros podem auxiliar na avaliação de impactos e subsidiar estratégias para correção do manejo, tendo no monitoramento de bioindicadores, como a fauna edáfica, um aliado nas estratégias de práticas sustentáveis.

Cabe salientar que as armadilhas de queda do tipo Provid e Pitfall Trap são de simples confecção a baixo custo, contudo o tipo Pitfall, conforme Koller, Castro e Almeida (2017) são amplamente recomendados para estudo de artrópodes terrestres.

Então, um ponto favorável para usar Provid seria a não captura de animais maiores dos quais não se tem interesse para esse experimento, ainda, a Provid dificulta para os predadores a captura dos insetos na armadilha, o formato e distribuição das janelas feitas na PET permite menor visibilidade do material coletado.

3 Material e métodos

3.1 Descrição do local de estudo

O trabalho foi desenvolvido no período compreendido entre março e abril de 2021, nas áreas experimentais e laboratórios da Estação Experimental Cascata (EEC, 31°37'15" S, 52°31'30" O, 170m de altitude), Embrapa Clima Temperado, localizada em Pelotas/RS.

Foram avaliados parâmetros químicos e biológicos do solo em duas áreas, A e B, distantes 632m entre si, cultivadas com milho da variedade BRS 019 Tupi, em sistema de plantio convencional de base ecológica com 203 dias após a emergência, disposta em parcelas de 05m de comprimento com 4 linhas espaçadas 0,8m. Salientando que as áreas de cultivos são manejadas com sistemas de base ecológica a pelo menos 15 anos.

O cultivo do milho foi realizado em sistema de produção de base ecológica e o solo preparado conforme descrito em Schiedeck et al. (2021). De forma resumida, a área foi cultivada previamente com aveia e ervilhaca, que foram incorporadas uma semana antes da semeadura através de aração e gradagem leve. Nos sulcos de semeadura foram aplicados esterco granulado de aves (2% N) na dose de 1.500kg ha⁻¹.

O milho foi semeado em 20 de outubro de 2020, em unidade experimentais de quatro linhas de cinco metros, com espaçamento de 0,8m entre linhas e 0,25 entre plantas (50.000 plantas ha⁻¹). Em novembro foi realizada uma capina manual na linha de semeadura e aplicados mais 2.750kg ha⁻¹ do esterco granulado de galinha em cobertura. Considerando o teor de nitrogênio especificado pelo fornecedor do esterco e os índices médios de umidade e eficiência de agrônomicas citados no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC (SBCS, 2016).

Paralelamente, aplicou-se os mesmos padrões de monitoramento em áreas adjacentes de mata nativa, distante 25m das áreas de cultivo (Figura 1), que eram compostas por arbustos médios e árvores nativas de grande porte com alta densidade aérea que geravam sombreamento total da superfície, com solo de cor escura, coberto por serrapilheira e umidade aparente.

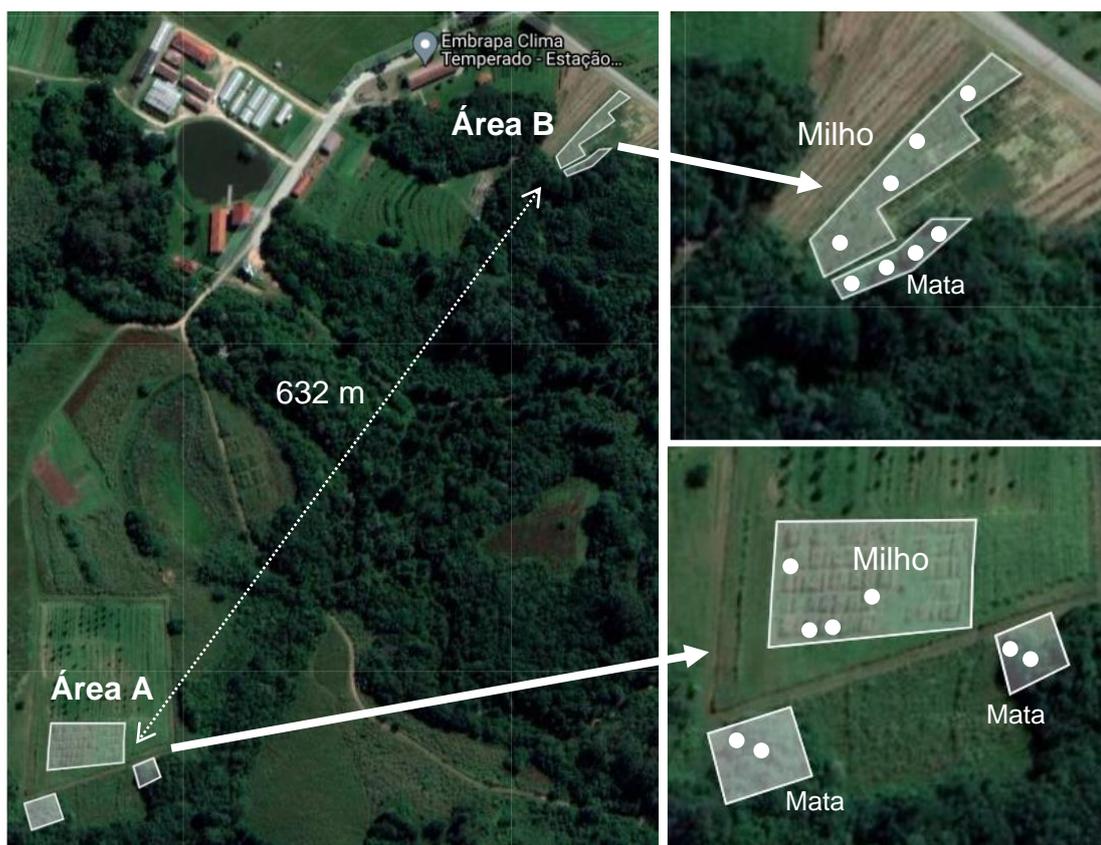


Figura 1 – Áreas de coleta de amostras em cultivo de milho e em áreas de matas adjacentes. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021. Os quadriláteros representam a posição das áreas amostras e os círculos brancos a localização aproximada dos pontos amostrados.

3.1.1 Variáveis climáticas

As variáveis climáticas foram obtidas utilizando um sistema de aquisição automático de dados tipo datalogger, marca Campbell, modelo CR800, instalado na EEC, entre as duas áreas de estudo. Os sensores coletaram informações da temperatura média, máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa média do ar (%) (CS215 Temperature & Relative Humidity Sensor), temperatura média do solo ($^{\circ}\text{C}$) à 10 cm de profundidade (T109 Temperature Probe), radiação fotossinteticamente ativa (Licor LI190SB Quantum Sensor), tanto o fluxo médio (W m^{-2}) quanto o fluxo total (E m^{-2}) e precipitação pluviométrica (mm) (Texas Eletronics TE525MM). O intervalo de leitura foi de 60 segundos com armazenamento a cada 60 minutos, totalizando 24 observações por dia.

Os dados diários da temperatura do ar e do solo e precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, bem como a indicação do período das avaliações e coletas, são apresentados no Apêndice A, B e C.

3.1.2 Análise química do solo

Em 14 de abril foram coletadas 16 amostras de solo, sendo quatro em cada área de cultivo de milho sob sistema de manejo ecológico e quatro nas respectivas áreas de mata nativa.

O solo foi classificado como Argissolo vermelho-amarelo eutrófico conforme EMBRAPA (2018).

As amostras foram coletadas com pá de corte até a profundidade de 10cm, removendo resíduos de palha e a serrapilheira, sendo um total de quatro amostras simples de cada local, das quais foram homogeneizadas e delas separada uma amostra composta de 500g. As amostras compostas foram encaminhadas para análise no Laboratório de Análise de Solos (LAS) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Os resultados da análise são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios de variáveis químicas e físicas dos solos nas diferentes áreas avaliadas (n=16), considerando uma profundidade de 1cm. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.

Área	Ambiente	ph ÁGUA	Ca	Mg	Sat. Bases	Ca.Mg ¹
		[1:1]	[cmol _c dm ⁻³]	[cmol _c dm ⁻³]		
A	Mata	5.45	8.45	3.48	75.38	2.45
	Milho	5.63	5.48	1.88	74.93	2.90
B	Mata	5.08	6.85	2.13	58.00	3.23
	Milho	5.45	4.15	1.25	71.05	3.30

Área	Ambiente	MO	P-Mehlich	K	Argila	Textura
		[% m.v ⁻¹]	[mg dm ⁻³]	[cmol _c dm ⁻³]	[%]	
A	Mata	6.65	23.15	0.57	17.75	3.75
	Milho	2.50	19.88	0.28	27.75	3.00
B	Mata	5.43	28.55	0.49	17.50	4.00
	Milho	2.28	45.47	0.30	20.00	3.75

3.2 Diversidade da fauna edáfica pelo método Provid

A diversidade da fauna epidáfica foi mensurada por meio do método de armadilha de queda, do tipo PROVID, conforme metodologia de Antonioli et al. (2006).

Para confecção artesanal das armadilhas foram usadas de garrafas PET, com capacidade de dois litros, nas quais foram feitas quatro aberturas no formato de janelas (6 x 4cm), posicionadas 20cm da base (Figura 2).



Figura 2 - Método da armadilha Provid. Ela é constituída por uma garrafa de plástico tipo Pet com capacidade de dois litros, contendo quatro aberturas na forma de janelas com dimensões de 6 x 4 cm na altura de 20 cm de sua base.

Legenda: (a). Garrafa pet (b) Abertura lateral (c) Trincheira.

Segundo Antonioli et al. (2006) o método da armadilha Provid, de coleta dos organismos do solo, pode ser usado com a eficiência, segurança e confiabilidade, pois em análise comparativa com métodos semelhantes, permitiu estimar confiabilidade metodológica, caracterizando-se como uma ferramenta prática e fácil de manejar a fim de coletar e classificar organismos da fauna edáfica.

As armadilhas foram instaladas no solo de maneira que a base inferior das aberturas ficasse ao nível da superfície. Em cada uma foi adicionada uma solução de 200mL de álcool 70% (v:v) e algumas gotas de detergente neutro.

As armadilhas foram instaladas em 16 de março, sendo quatro em cada área, e recolhidas após 7 dias. Foi perdida uma unidade experimental no cultivo de milho da área A, possivelmente pela ação de algum animal que passou pelo local. O conteúdo das armadilhas foi passado para potes plásticos e levados para identificação no laboratório.

Os organismos coletados foram classificados por meio da chave taxonômica de Tilling (2014) e Rafael et al. (2012), sendo observados com o auxílio de uma lupa óptica de 3,5x e a identificação realizada em nível de ordem, grupo taxonômico ou

morfotipo, conforme a possibilidade. As informações foram tabuladas e utilizadas no cálculo dos índices de diversidade.

3.3 Atividade alimentar da edafofauna pelo método bait-lamina

A atividade alimentar da biota do solo foi avaliada através da metodologia de bait-laminas, conforme modelo proposto por Törne (1990) e descrito em Kratz (1998), conforme mostra o Anexo A, e adaptada de André (2008).

Construíu-se hastes de polímero (Figura 3) com dimensões de 1mm de espessura, 6mm de largura, 150mm de comprimento, com presença de 16 orifícios bicônicos de 1,5mm de diâmetro espaçados 05mm entre si.

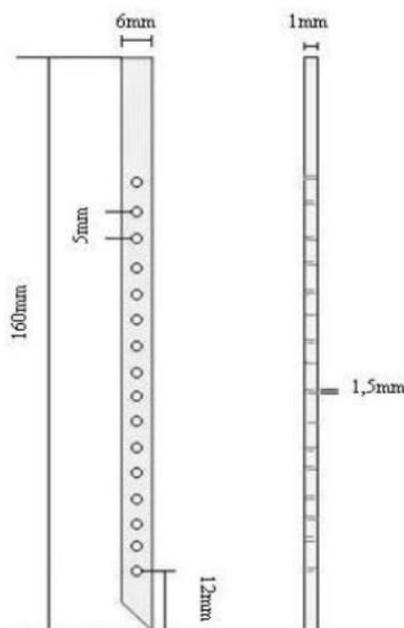


Figura 3 – Dimensões de uma bait-lamina. Dotado de 16 orifícios, dispostos em uma lâmina de polímero (Policloreto de vinila - PCV) com 16cm de comprimento.
Fonte: André, 2008, p.09.

Os 16 orifícios bicônicos (Figura 4a) foram preenchidos com uma massa nutritiva (Figura 4b) homogênea composta de celulose em pó (70%), farinha de aveia (27%) e carvão ativado (3%) (RÖMBKE et al., 2006). A massa nutritiva foi aplicada nas lâminas e deixado secar por 24 horas, repetiu-se o processo, e após secar por mais 24 horas, as lâminas preenchidas foram armazenadas em papel alumínio uma a uma e dentro de caixas térmicas levadas a campo onde se deu a instalação, sempre usando luvas para minimizar ao máximo a contaminação do material.

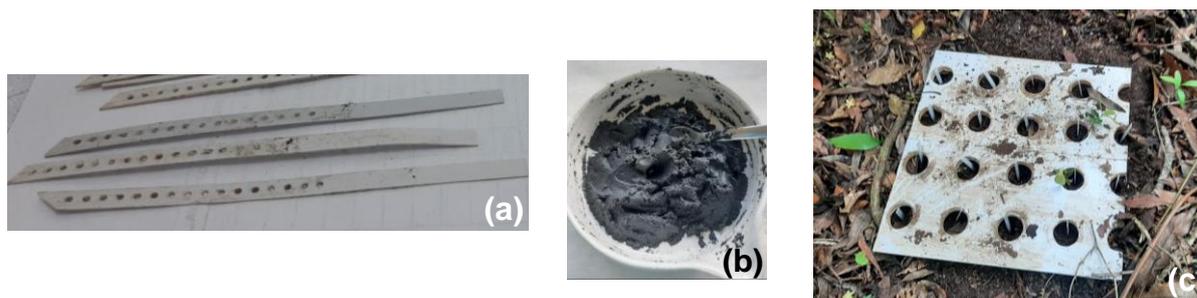


Figura 4 – Elementos da metodologia bait-lamina. (a) Bait-laminas construídas em PVC; (b) Iscas de celulose, farinha de aveia e carvão ativado; (c) Gabarito para instalação das lâminas no campo. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.

Em cada área foram instaladas quatro repetições com 18 lâminas cada, distribuídas em um grid de 4x4 (Figura 4c), com espaçamento de 10cm entre centros, totalizando 256 hastes.

As lâminas foram inseridas verticalmente no solo de forma que o primeiro orifício ficasse à cinco cm da superfície. A instalação das bait-laminas ocorreu em 19 de março. Após 14 dias foram removidas duas lâminas em cada ponto para verificar o grau de consumo e estimar a data da retirada completa. Para que a metodologia seja válida e permita uma comparação entre as áreas é necessário manter as lâminas no solo por um período de tempo em que haja um consumo mínimo médio em torno de 30%. Por outro lado, as lâminas precisam serem retiradas antes que haja o consumo máximo, o que também inviabilizaria a comparação (ISO, 2016).

Dessa forma, as lâminas em todas as áreas foram retiradas em 9 de abril, tendo permanecido no solo por 21 dias. Ao final do período foram removidas cuidadosamente do solo para evitar a perda do substrato remanescente, acondicionadas uma a uma em papel alumínio e levadas para o laboratório, onde permaneceram sob refrigeração até o momento da avaliação do consumo.

O grau de consumo das iscas em cada orifício e de todas as lâminas foi avaliado conforme a norma ISO 18311 (2016) (Tabela 2).

Tabela 2 – Critérios de atribuição de notas conforme o grau de consumo da isca nos orifícios, de acordo com a norma ISO 18311 (2016). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.

Critério	Consumo (considerando os dois lados)	Nota
Orifício aberto	$\geq 70\%$ da isca consumida	1
Orifício meio aberto	Entre 69% e 31% da isca consumida	0,5
Orifício fechado	≤ 30 da isca consumida	0

A leitura foi realizada de forma sistemática do orifício primeiro (menor profundidade) para o orifício décimo-sexto (maior profundidade), tendo como

referência a orientação do lado “A” aquele com maior distância da base, ou seja, tendo em vista a marcação do corte, em ângulo de 45°, na extremidade da haste. Em ambas as leituras (lado A e B) o consumo das baits, nos orifícios bicônicos, utilizou-se uma lupa para melhor visualização da área consumida e estabelecendo um comparativo espacial da área circular do gabarito proposto no Apêndice D.

Para facilitar o processo de identificação do percentual de consumo foi utilizado um gabarito circular com seis seções representando 0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100% de consumo, os quais foram atribuídos os valores 0, 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

Inicialmente adotou-se a metodologia preconizada por Kratz (1998), em que os orifícios das bait-lâminas devem ser classificados em consumidos ou não, ou seja, com índices visuais de variação entre 0 e 100%. Porém essa interpretação visual simplificada pode não ser plenamente representativa da intensidade da atividade de microrganismos, uma vez que Reinecke et al. (2008) aponta que tais medidas do consumo alimentar da biota do solo são indicadoras de taxas de decomposição microbiana, podendo ser uma premissa para adequações na metodologia de análise.

Dessa forma, identificou-se a necessidade de obter maior confiabilidade dos dados, estabelecendo novos critérios quanto as taxas percentuais de consumo das baits. Assim, o presente estudo procurou estabelecer uma divisória da área útil dos orifícios, expresso em (%), quando nada consumido, considerou-se o valor nominal 0 (zero); para pouquíssimo consumo 01 (um); 02 (dois) para pouco consumo; 03 (três) para médio consumo; 04 (quatro) para muito consumo e 05 (cinco) consumo total da massa nutritiva.

A soma dos valores de ambos os lados do orifício formava uma estimativa do percentual total de consumo. Exemplificando melhor, para um orifício ser considerado aberto (nota 1), um dos lados deveria ter valor 4 e o outro, pelo menos, valor 3, o que somaria valor 7 (= 70%). No entanto, se um lado tivesse valor 3 e o outro lado valor 2 (= 50%), o orifício era considerado meio aberto (nota 0,5).

A observação do consumo nos orifícios foi realizada com ajuda de uma lupa de zoom ótico 3,5x e os valores atribuídos a cada lado tabulados e posteriormente convertidos no critério de notas.

A atividade alimentar média em cada unidade experimental foi obtida através da seguinte equação:

$$At_{\%} = \frac{\sum N_{bl}}{16} \times 100 \quad \text{sendo} \quad N_{bl} = \sum_{i=16}^{orif} nt$$

onde N_{bl} é a nota total do consumo das iscas em cada lâmina, **16** é o número de lâminas na unidade experimental e nt são as notas atribuídas a cada orifício de uma lâmina.

3.4 Delineamento experimental e procedimento estatístico

3.4.1 Índices ecológicos de diversidade

Os diferentes índices de diversidade foram obtidos com auxílio do software livre Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis – PAST, versão 4.03, conforme apresenta Hammer et al. (2001) e as definições e interpretações consubstanciadas por Melo e Alegre (2008), Kindt e Coe (2005), Morris et al. (2014) e Daly, Baetens e Baets (2018).

A comparação entre o cultivo de milho e a mata entre as duas áreas foi realizada pelos índices de similaridade de Morisita-Horn e de Jaccard, enquanto a comparação dos índices de diversidade entre o cultivo de milho e a mata adjacente sem considerar as áreas foi feita por testes de permutação ($p < 0.05$), com 9999 matrizes aleatórias.

A riqueza dos grupos taxonômicos (S) foi calculada pela soma do número de grupos e a abundância de indivíduos (n) pela soma de todos os indivíduos de todos os grupos em cada amostra.

A equitabilidade de Simpson ($1-D$) mede a probabilidade de dois indivíduos coletados ao acaso em uma comunidade pertencerem a grupos taxonômicos diferentes e foi calculado da seguinte forma:

$$\text{Equitabilidade de Simpson} = 1 - D$$

Em que D é a dominância, sendo calculada por:

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad \text{tal que:} \quad p_i = \frac{n_i}{n}$$

sendo D a dominância, p_i a proporção de indivíduos que pertencem ao grupo taxonômico i , com n_i representando o número de indivíduos do grupo taxonômico i e n o número total de indivíduos da amostra. Na sua interpretação considera-se que quanto maior o valor, mais diverso é o local. Para a interpretação no perfil de diversidade de Rényi, considera-se o índice de Simpson como o inverso da dominância ($1/D$).

A diversidade de Shannon (H') mede a incerteza da previsão da identidade de um grupo taxonômico a partir de um indivíduo coletado de forma aleatória de uma comunidade. O seu valor foi obtido através da equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \times \ln p_i$$

onde p_i é multiplicado pelo logaritmo natural da própria p_i . O índice de Shannon não tem uma interpretação fácil, uma vez que a sua unidade (nats/indivíduos) tem pouco contexto biológico. Porém, em estudos comparativos considera-se quanto maior o valor, mais diverso é o ambiente.

Para a sua interpretação no perfil de diversidade de Rényi é realizada a transformação em espécie-equivalente ($S_{H'}$), conforme a equação:

$$S_{H'} = e^{H'}$$

sendo a unidade expressa em número de indivíduos. O valor de $S_{H'}$ representa o número de grupos taxonômicos esperado em uma comunidade, se todos os grupos taxonômicos apresentassem a mesma abundância.

A dominância de Berger-Parker (d) é um índice simple e de fácil interpretação, que expressa a abundância proporcional do grupo taxonômico mais abundante na comunidade. Foi calculada pela seguinte equação:

$$d = \frac{n_{max}}{n}$$

onde n_{max} é o número de indivíduos do grupo taxonômico mais abundante e n o número total de indivíduos da amostra. Considera-se que quanto maior o valor, maior a dominância do grupo taxonômico mais abundante. O inverso de d ($1/d$) é uma medida de equitabilidade usada para a interpretação no perfil de diversidade de Rényi, uma vez que não considera a riqueza dos grupos taxonômicos.

A equitabilidade de Pielou (J'), presente em Pielou (1966), é um índice que indica o quão uniforme é a distribuição da abundância entre os grupos taxonômicos em uma comunidade. Em outras palavras, J' informa o quanto semelhante é o número de indivíduos entre os diferentes grupos taxonômicos coletados. O valor J' foi obtido através da equação:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad \text{tal que:} \quad H'_{max} = \ln S$$

sendo H' a diversidade de Shannon e H'_{max} a máxima diversidade possível se todos os grupos taxonômicos tivessem a mesma abundância, obtida pelo logaritmo natural da S . Para sua interpretação valores próximos a 1 indicam que a abundância dos diferentes grupos taxonômicos é semelhante enquanto valores próximos a zero indicam a dominância de algumas poucas espécies sobre as demais.

Os índices de diversidade nem sempre permitem ter uma avaliação apropriada das comunidades estudadas. O perfil de diversidade de Rényi (H_α) permite, segundo Melo e Alegre (2008) generalizar e compatibilizar os índices de diversidade, equitabilidade e abundância em um único gráfico, facilitando uma interpretação mais ampla. O valor de H_α foi obtido pela equação expressa por Daly et al. (2014):

$$H_\alpha = \frac{1}{1 - \alpha} \times \ln \sum_{i=1}^S p_i^\alpha$$

onde p_i é a proporção de indivíduos no grupo e α $[0;\infty]$ é um parâmetro que modula a sensibilidade do índice à abundância dos grupos taxonômicos. Para a interpretação de H_α considera-se que $\alpha = 0$ informa a riqueza de grupos taxonômicos (S), que $\alpha = 1$ informa o valor de espécie-equivalente de Shannon ($e^{H'}$), que $\alpha = 2$

informa o valor do inverso da dominância de Simpson ($1/D$) e que α tendendo ao ∞ informa o valor do inverso da dominância (equitabilidade) de Berger-Parker ($1/d$).

Nesse sentido, quando uma linha no gráfico se mantém sempre acima de outra é possível afirmar que nesse ambiente há maior diversidade do que no outro. Por outro lado, quando as linhas se cruzam considera-se que a diversidade não é comparável entre os ambientes, pois os índices utilizados adotam pesos diferentes para as espécies raras ou abundantes (KINDT; COE, 2005; MELO; ALEGRE, 2008).

A similaridade entre as áreas avaliadas no trabalho foi comparada através dos Índices de Morisita-Horn (I_{M-H}) e de Jaccard (I_J). O I_{M-H} é um índice quantitativo que se baseia na abundância dos grupos taxonômicos das amostras e foi calculado por.

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (an_i bn_j)}{(da + db) \times aN \times bN} \quad \text{tal que:} \quad da = \frac{\sum an_i^2}{aN^2} \quad db = \frac{\sum bn_j^2}{bN^2}$$

O an_i é número de indivíduos da espécie i no local A; bn_j é número de indivíduos da espécie j no local B; aN é número total de indivíduos no local A; e bN é número total de indivíduos no local B. Esse índice é muito afetado pela riqueza e pelo tamanho das amostras, além de ser muito sensível à abundância do grupo taxonômico mais abundante. Para sua interpretação, quanto mais próximo de 1, mais similares são as amostras e quanto mais próximo de 0, menos similares.

O I_J é um índice qualitativo que se baseia na relação presença-ausência dos grupos taxonômicos, dando peso igual a todos independentemente da sua abundância na amostra. Esse índice foi obtido pela equação:

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

onde a é o número de grupos taxonômicos no local A; b é o número de grupos taxonômicos no local B; e c é o número de grupos taxonômicos presentes em ambos os locais. Para sua interpretação, considera-se valores próximos a 0 quando há poucos grupos compartilhados entre as amostras e próximos a 1 quando as amostras compartilham muitos grupos taxonômicos.

A amostra perdida foi estimada utilizando o programa R, versão 4.1.1 (R Core Team, 2021) através do pacote 'mice', versão 3.14.0 (BUUREN; OUDSHOORN, 2011).

3.4.2 Atividade alimentar da edafofauna com bait-laminas

O valor da atividade alimentar da edafofauna para cada bait-lamina foi obtido somando as notas de consumo (com análise visual por área, conforme mostra o Apêndice D) atribuídas para ambos os lados de cada orifício, podendo variar entre 0 (nenhum consumo) e 5 (completamente consumidos).

Os dados compilados foram tabulados com médias aritméticas de consumo de bait nas 256 lâminas que cumpunham a unidade experimental, com a devida variação de profundidade de 0,5 a 8,0mm.

Os resíduos foram testados quanto aos pressupostos da variância para a normalidade (teste de Anderson-Darling e gráfico QQ-plot), para a homoscedasticidade (teste de Bartlett e gráfico de resíduos x valores ajustados) e para a independência (gráfico de resíduos x ordem de coleta).

Como se trata de apenas duas condições (cultivo de milho e área de mata adjacente), as médias foram submetidas ao Teste T para amostras independentes.

4 Resultados e discussão

4.1 Diversidade dos organismos edáficos

Foi coletado um total de 7.337 organismos nas áreas de cultivo de milho e de mata (Tabela 3), sendo possível classificá-los em 17 grupos diferentes.

Tabela 3 – Abundância absoluta e relativa dos organismos coletados nas duas áreas analisadas. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março, 2021.

Ordem ou grupo taxonômico	Área A				Área B			
	Milho		Mata		Milho		Mata	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Collembola	1113	61.19	1884	74.73	1197	70.87	665	50.84
Diptera	362	19.90	402	15.95	252	14.92	402	30.73
Coleoptera	167	9.18	144	5.71	109	6.45	113	8.64
Amphipoda	18	0.99	24	0.95	18	1.07	78	5.96
Hymenoptera	42	2.31	4	0.16	40	2.37	0	0.00
Trombiforme	26	1.43	15	0.60	14	0.83	10	0.76
Orthoptera	17	0.93	0	0.00	22	1.30	3	0.23
Dermaptera	2	0.11	13	0.52	0	0.00	19	1.45
Araneae	16	0.88	2	0.08	7	0.41	8	0.61
Larva ¹	20	1.10	11	0.44	1	0.06	0	0.00
Thysanoptera	13	0.71	8	0.32	5	0.30	4	0.31
Isopoda	7	0.38	11	0.44	4	0.24	0	0.00
Blattodea	9	0.49	1	0.04	8	0.47	3	0.23
Pulmonata	3	0.16	1	0.04	9	0.53	1	0.08
Hemiptera	4	0.22	0	0.00	2	0.12	0	0.00
Lagarta ¹	0	0.00	0	0.00	1	0.06	2	0.15
Lepdoptera	0	0.00	1	0.04	0	0.00	0	0.00
Total	1819		2521		1689		1308	

Ordem ou grupo taxonômico	Amostras agrupadas				Total	
	Milho		Mata		n	%
	n	%	n	%		
Collembola	2310	65.85	2549	66.57	4859	66.23
Diptera	614	17.50	804	21.00	1418	19.33
Coleoptera	276	7.87	257	6.71	533	7.26
Amphipoda	36	1.03	102	2.66	138	1.88
Hymenoptera	82	2.34	4	0.10	86	1.17
Trombiforme	40	1.14	25	0.65	65	0.89
Orthoptera	39	1.11	3	0.08	42	0.57
Dermaptera	2	0.06	32	0.84	34	0.46
Araneae	23	0.66	10	0.26	33	0.45
Larva ¹	21	0.60	11	0.29	32	0.44
Thysanoptera	18	0.51	12	0.31	30	0.41
Isopoda	11	0.31	11	0.29	22	0.30
Blattodea	17	0.48	4	0.10	21	0.29
Pulmonata	12	0.34	2	0.05	14	0.19
Hemiptera	6	0.17	0	0.00	6	0.08
Lagarta ¹¹	1	0.03	2	0.05	3	0.04
Lepdoptera	0	0.00	1	0.03	1	0.01
Total	3508		3829		7337	

¹ Não identificado.

As ordens Collembola e Diptera foram as predominantes nas duas áreas, sendo que desse total mais de 66% e 21% pertenciam a essas ordens, respectivamente.

Segundo Hatfield e Stewart (1993), Baretta et al. (2011) e Sales, Baldi e Queiroz (2018) a presença de colêmbolos é percebida em solos com bom teor de umidade. Conforme Baretta et al. (2011), a predominância majoritária de colêmbolos é justificada pela sua base alimentar ser uma grande variedade de outros organismos e matéria orgânica, sendo geralmente encontrada na serapilheira da mata.

Quanto aos dípteros, Halabura e Haiduk (2021) e Marinho et al. (2021) informam que esse grupo é de suma importância para a manutenção dos ecossistemas, também podendo ser considerados como organismos bioindicadores da qualidade do ambiente. Casaril et al. (2019) apontam que os dípteros são parte importante em termos de abundância da fauna do solo em muitos ecossistemas, embora estejam no solo apenas na fase larval. Os autores verificaram presença significativa de dípteros na caracterização da fauna edáfica em um sistema de produção de bananas.

Na Tabela 4 é apresentada a análise de similaridade entre o cultivo de milho e a mata adjacente nas duas áreas trabalhadas.

Tabela 4 – Avaliação dos índices de Similaridade de Morista-Horn e Jaccard das áreas avaliadas (n=15). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março, 2021.

Local	Similaridade de Morisita-Horn (I_{M-H})			
	Milho A	Mata A	Milho B	Mata B
Milho A	1.00	-	-	-
Mata A	0.98	1.00	-	-
Milho B	0.99	1.00	1.00	-
Mata B	0.97	0.91	0.92	1.00

Local	Similaridade de Jaccard (I_J)			
	Milho A	Mata A	Milho B	Mata B
Milho A	1.00	-	-	-
Mata A	0.81	1.00	-	-
Milho B	0.88	0.71	1.00	-
Mata B	0.69	0.63	0.69	1.00

A similaridade entre as áreas de milho foi de 99% para o índice de quantitativo de Morisita-Horn e de 88% para o índice qualitativo de Jaccard. Por sua vez, as áreas de mata adjacente tiveram uma similaridade de 91% para o índice Morisita-Horn e de 63% para Jaccard.

Segundo Marafeli (2016), os resultados obtidos pelo teste de similaridade são de grande importância em estudos da fauna edáfica, pois permitem, estabelecer

diferenças entre as diferentes condições analisadas com base na abundância de grupos e, compreender melhor a dinâmica da fauna.

Pelo índice de Morisita-Horn é possível verificar que o cultivo de milho e a mata adjacente nas duas áreas são muito similares em termos de abundância, sendo que em todas as comparações os valores foram acima de 0,97. Esse índice informa a medida como dois conjuntos de dados são semelhantes ou diferentes entre si, variando de 0 (sem similaridade) a 1 (semelhança completa) (CHAO et al., 2006).

As duas áreas com cultivo de milho também foram bastante similares pelo índice de Jaccard, enquanto a similaridade entre as duas áreas de mata adjacente foi de apenas 0,63. O índice de Jaccard indica a proporção de espécies compartilhadas entre duas amostras em relação ao total de espécies, desprezando a abundância e sim considerando a presença ou ausência (REAL; VARGAS, 1996).

Entretanto, ao observar a similaridade entre o cultivo de milho e a mata adjacente, é possível notar que houve maior equivalência na área A (0,81) do que na área B (0,69).

A partir desses resultados assumiu-se que as áreas apresentavam diversidade equivalente e passou-se a realizar a avaliação conjunta das amostras. Houve diferença significativa entre o cultivo de milho e a mata adjacente para o índice de Shannon e de Pielou, enquanto para os índices de Simpson e Berger-Parker não houve diferença estatística (Figura 5).

A diversidade de Shannon e a equitabilidade de Pielou foram significativamente maiores no cultivo com milho. Góes et al. (2021) identificaram que houve maior diversidade da mata do que no cultivo de milho, contudo, em suas áreas de pesquisa, mostram o aparecimento de Collembolos como indivíduos predominantes nas áreas de cultivo, quando comparados as áreas de mata.

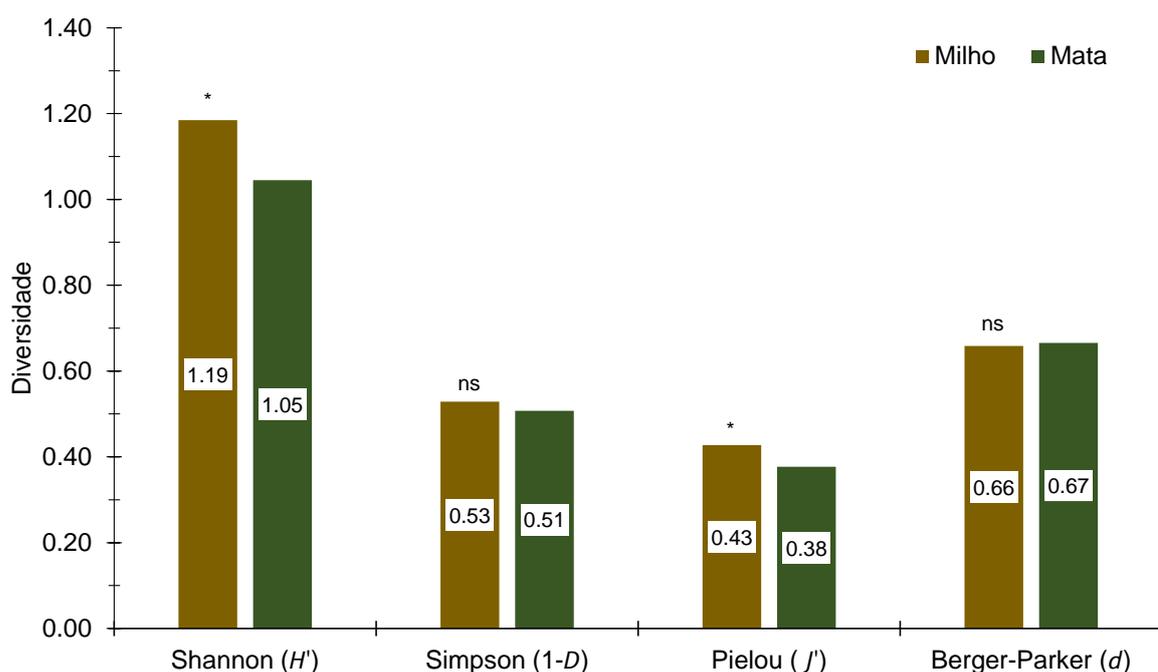


Figura 5 – Índices de diversidade da fauna edáfica coletada nas áreas de cultivo de milho e áreas de mata adjacente. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.

Legenda: *diferença significativa por teste de permutação da diversidade; ns, não significativo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Stöcker et al. (2017), ao constatar que a mata nativa apresentou valores de dominância mais baixos em comparação a área manejada com sistemas agroflorestais, o que pode ser atribuído ao baixo número de indivíduos coletados na mata, diminuindo assim o valor de dominância, pois a mata nativa pode estar num status de equilíbrio de adições de fonte de alimento a esses organismos.

O perfil de diversidade de Rényi é apresentado na Figura 6.

É possível notar que no cultivo de milho apresentou maior índice de diversidade de espécies que na mata, para os primeiros valores de alfas (α). Do ponto de vista agroecológico, esse resultado é um indicativo de que o manejo adotado no milho não produziu efeito negativo sobre a fauna edáfica quando comparado ao ocorrido na mata no mesmo momento. Tal observação pode ser confirmada pela conformação das curvas que apresentam aproximação a partir do $\alpha=2$.

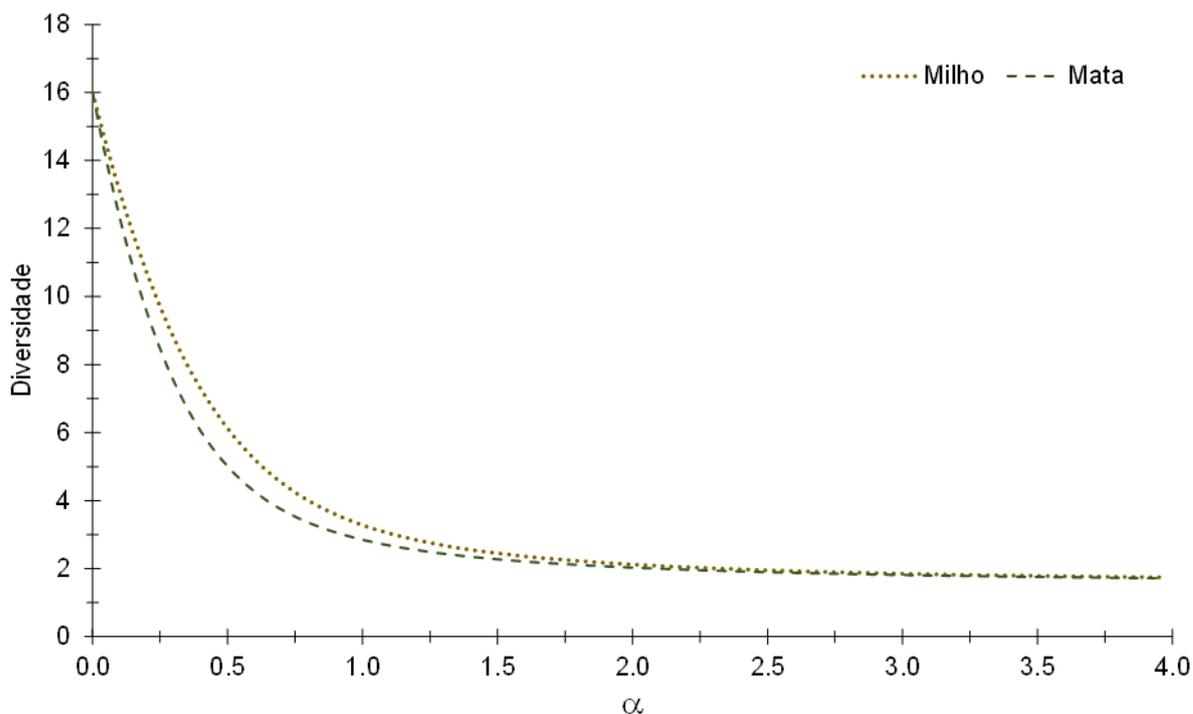


Figura 6 – Perfil de diversidade de Rényi da fauna edáfica coletada nas áreas de cultivo de milho e áreas de mata adjacente. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.

Legenda: $\alpha = 0$, riqueza de grupos taxonômicos (S); $\alpha = 1$, espécie-equivalente de Shannon (e^H); $\alpha = 2$, inverso da dominância de Simpson ($1/D$); $\alpha = \infty$, inverso da dominância de Berger-Parker ($1/d$).

Todavia, esse fato não significa a inexistência de impacto no ambiente ante a análise das curvas do gráfico, uma vez que elas não se separam claramente, não sendo possível afirmar se um ambiente é mais diverso do que o outro. Ou seja, mesmo se houver impacto provocado pelo cultivo do milho, o mesmo deve estar em uma magnitude baixa.

A esse fato permite inferir que o manejo está relativamente encontra-se em um estágio adequado, caso contrário a diferença entre as duas áreas seria visível pelas linhas do gráfico. Contudo, é importante ressaltar que novas análises deveriam ser realizadas, a fim de aumentar o esforço amostral (ter um maior número de amostras coletadas) para confirmar essa hipótese.

4.2 Atividade alimentar da fauna edáfica

Os dados dos 16 orícios das 256 hastes foram tabulados ($n=16$) e estabelecidas as respectivas médias aritméticas com a apresentação do resultado do consumo das baits na área de cultivo de milho agroecológico e na mata adjacente com os respectivos teores de matéria orgânica são apresentados por meio das figuras 7 e 8.

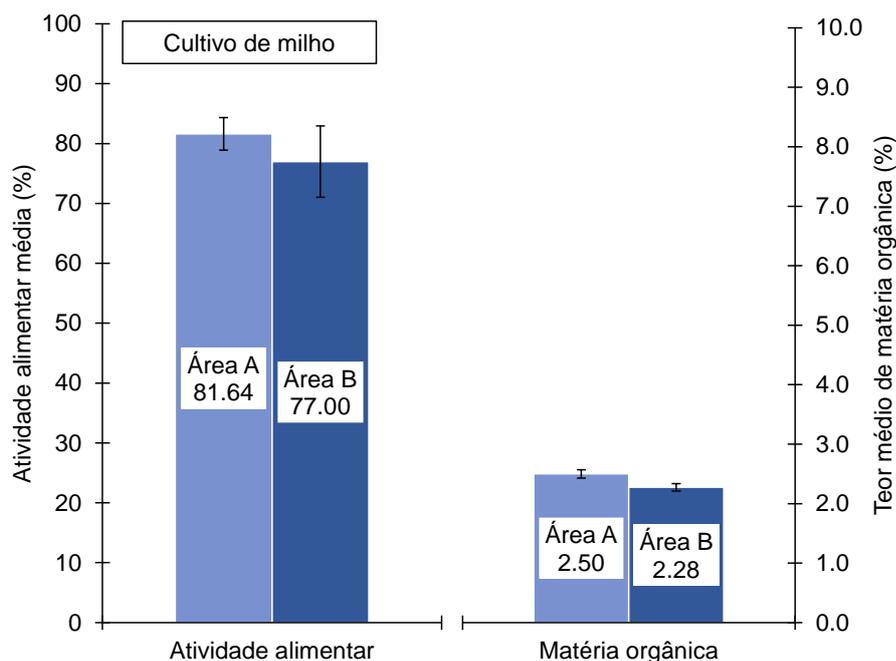


Figura 7 – Atividade alimentar média (%) da fauna edáfica e teor médio de matéria orgânica (%) do solo nas áreas de cultivo de milho (n = 16). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.

É possível perceber que o consumo médio da massa nutritiva das lâminas, no cultivo de milho, possui indícios de equivalência, uma vez que o erro médio das amostras infere cruzamento, significando que, possivelmente, não há diferença estatística nas duas áreas.

Da mesma forma, é possível notar que o teor de matéria orgânica nas áreas de cultivo de milho é bastante próximo, porém não se pode afirmar que existam equivalência estatística, haja visto que não há sobreposição da amplitude de erro em ambas as análises.

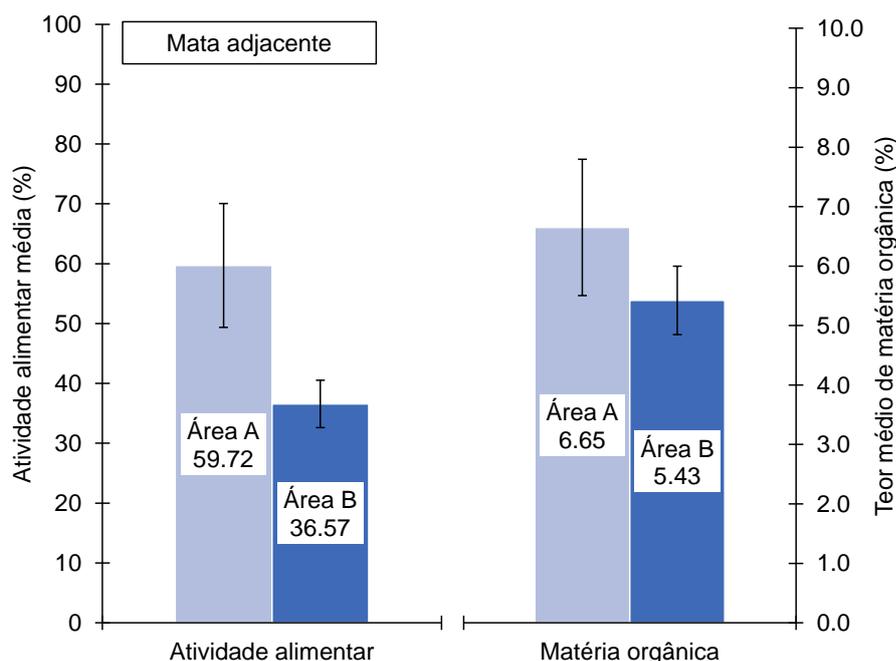


Figura 8 – Atividade alimentar média (%) da fauna edáfica e teor médio de matéria orgânica (%) do solo na mata adjacente (n = 16). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.

Por sua vez, o consumo entre as áreas de mata adjacente apresentou uma discrepância, indetectada pelo desvio padrão das duas amostras, ainda que o teor de matéria orgânica apresente aparentemente similaridade.

Apesar de não ter sido avaliado o teor de umidade do solo nas áreas amostradas, houve uma percepção visual de que na mata B o solo estava mais seco. Aparentemente, nesse local a declividade era mais pronunciada e poderia ter drenado a umidade mais rapidamente fora do local de coleta. Tal fato poderia explicar em parte o menor consumo das iscas no local.

Já na área A, essa discrepância pode ser atribuída ao fato de o local encontrar-se em uma leve curvatura topográfica, apresentando uma menor altura, o que acarreta maior concentração de umidade no solo com a presença de encharcamento parcial da superfície. Desse modo Rodrigues et al. (2011) afirmam que a pluviosidade tem participação fundamental no desenvolvimento bacteriano no solo, provavelmente por gerar um microambiente favorável a esses microrganismos.

Ao analisar os índices de MO, presente no solo, verifica-se que, em ambas as áreas apresentam limites de erro sobrepostos, indicando que possam apresentar similaridade estatística.

Quando comparados aos valores da atividade alimentar no milho e na mata adjacente aos valores da MO, verifica-se que em baixos teores de matéria orgânica ocorre uma maior indução de atividade alimentar, em função da disponibilidade de alimento para a biota. Uma hipótese que pode ajudar a explicar esses valores é apresentada por Mattos (2015), no tocante a ocorrência e abundância de microrganismos em um ambiente que são determinados pela disponibilidade de nutrientes, bem como fatores físico-químicos como pH, temperatura, textura e umidade do solo.

Fatores, esses que são indispensáveis para uma interpretação mais precisa do ambiente, pois, conforme Costa e Sangakkara (2006), a umidade e a temperatura do solo são os dois principais fatores climáticos que influenciam a taxa de decomposição, sendo maiores à medida que ocorre um aumento da umidade e temperatura do solo.

Moreira e Siqueira (2006) relatam que o aumento da matéria orgânica do solo estimula os microrganismos favorecendo, dentre outros fatores, a agregação física, que por sua vez promove um melhor *habitat* microbiano favorecendo a decomposição dos restos vegetativos das culturas.

Para possibilitar uma análise estatística, os valores do consumo alimentar e teor de matéria orgânica do solo das amostras foram agrupados e estão apresentados na Figura 9.

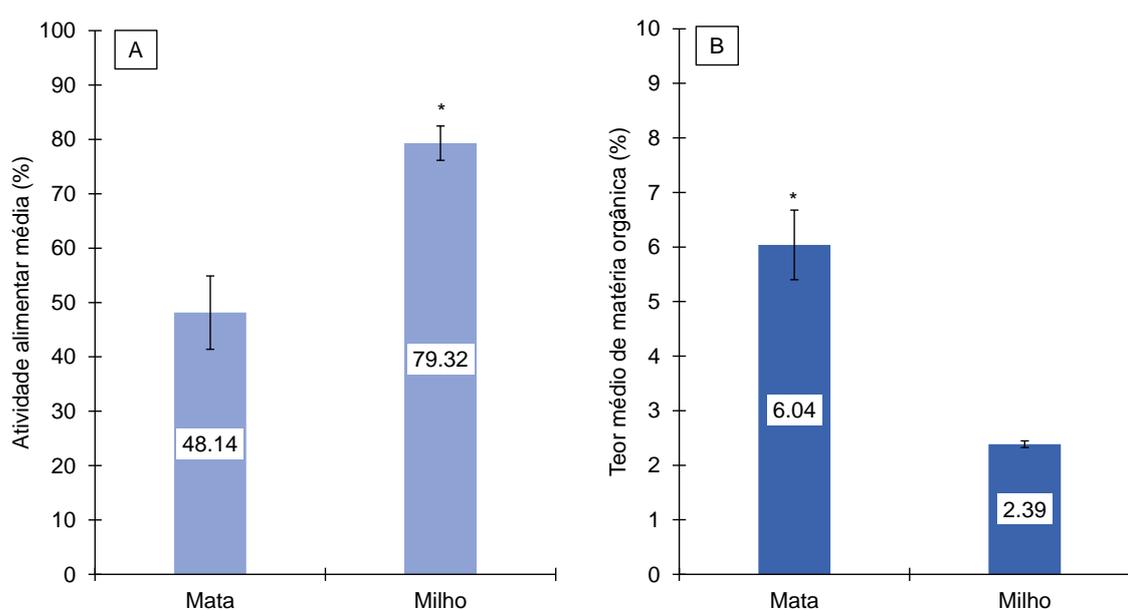


Figura 9 – Atividade alimentar média (%) da edafofauna [A] e teor médio de matéria orgânica (%) do solo [B] nas áreas de coleta de amostras (n = 16). Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. Março-Abril 2021.

Legenda: * significativo pelo teste T ($p < 0,05$).

A atividade alimentar média da fauna edáfica no milho foi cerca de 65% superior a verificada na mata, ao passo que o teor de matéria orgânica foi 2,5 vezes inferior.

Em linhas gerais, a atividade alimentar foi maior no local onde havia menor disponibilidade de matéria orgânica. De acordo com Silva et al. (2019), a fauna edáfica é responsável pela fragmentação dos resíduos orgânicos e pela produção de enzimas responsáveis pela quebra de biomoléculas complexas em compostos mais simples, auxiliando na formação dos húmus.

Para Peguero et al. (2019), a atividade da fauna do solo é essencial no controle da decomposição de material orgânico, sendo registrado níveis baixos de atividades enzimáticas quando ocorrem menores teores de substratos presentes no *habitat* e, essa atividade aumenta, na medida em que a disponibilidade de nutrientes no solo diminui.

5 Considerações Finais

A identificação da fauna edáfica, presente na área de produção sob sistema de cultivo agroecológico, encontra-se em níveis semelhantes aos da mata adjacente, indicando que o manejo adotado minorou os efeitos danosos, pois mesmo em um sistema modificado, quando comparado a área de mata, ainda condicionou a vida dos animais do solo a índices estatísticos muito próximos.

O fato de não terem sido identificados impactos negativos sobre as variáveis da diversidade da fauna edáfica no sistema de manejo de base ecológica, adotado para o cultivo de milho na Estação Experimental Cascata, é possível inferir que a utilização conjunta de práticas, como a adubação verde, manutenção da palhada na superfície, baixo revolvimento do solo pelo uso de mecanização e não utilização de agrotóxicos atenua eventuais efeitos sobre os organismos edáficos.

Quanto à atividade alimentar, houve uma relação inversa entre o consumo das iscas e o teor de matéria orgânica no solo. A atividade mais intensa dos organismos pressupõe um maior consumo da matéria orgânica e posterior disponibilização de minerais para as plantas. Contudo, isso também indica uma maior atenção à reposição de matéria orgânica na área para os cultivos subsequentes.

De modo geral, evidencia-se que os indicadores biológicos de qualidade do solo podem ser ótimos balizadores de práticas agrícolas sustentáveis, das quais promovem o mínimo de interferência no meio do qual são manejadas.

Referências

- ALCÂNTARA, F. A. de; MADEIRA, N. R. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2008. 12 p. (Circular Técnica 64).
- ALCÂNTARA, F. A. de. **Manejo Agroecológico do Solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. 28 p. (Documentos 314).
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 120 p.
- ALVES, P. R. L.; NIEMEYER, J. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Section I: Terrestrial Invertebrates as Experimental Models Chapter 1. **The Use of Non-standardized Invertebrates in Soil Ecotoxicology**. In: LARRAMENDY, M. L. (Org.). Issues in Toxicology. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2017. v. 1. p. 1-30.
- ANDRADE, G. C. B. de. **Entomofauna de solo como indicador para avaliar impactos ambientais da agricultura na região de Teresina, Piauí**. 2012. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2012.
- ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos: Transformando problemas em soluções**. 2. ed. Curitiba: SANEPAR, 2001. 288 p.
- ANDRÉ, A. I. D. **Ensaio de bait-lamina em comunidades epiedáficas de uma área mineira**. 2008. 52 f. Dissertação (Mestrado em Toxicologia e Ecotoxicologia) – Programa de Pósgraduação, Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O. et al.. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.
- ARAÚJO, J. F.; SANTOS, C. D. A. S. M. dos; LOPES, R. de C. **Manejo ecológico do solo e da água**. Salvador: EDUNEB, 2014. 40 p.
- ARAÚJO, P. H. H.; MANHAES, C. M. C.; AZEVEDO, G. de S.; MILHOMEN, A. E. N. et al. Diversidade da macrofauna edáfica em diferentes cultivos agrícolas na região sudeste do Tocantins. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 399-406, 2018.
- ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 29, p. 425-435, 2005.
- BALIN, N. M.; BIANCHINI, C.; ZIECH, A. R. D.; LUCHESE, A. V. et al. Fauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo do solo para produção de cucurbitáceas. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, Curitiba, p. 74-84, 2017.

BARAZA, E. R.; BOTA, J.; MUNAR, R. A.; NOGALES, B. Aplicación de la técnica Biolog™ ECO-plate para el estudio del perfil fisiológico de las comunidades microbianas del suelo agrícola. **Ecosistemas**, v. 28, n. 3, p. 46-53, 2019.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, À. L.; GATIBONI, L. C. (Eds.) Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, p. 141-192, 2011.

BLUM, W. H. Functions of soil for society and the environment. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 4, n. 3, p. 75–79, 2005.

BOHM, G. M. B.; CASTILHOS, D. D.; ROMBALDI, C. V. Manejo de soja transgênica com glifosato e imazetapir: efeito sobre a mesofauna e microbiota do solo. **Revista Thema**, v. 7, n. 2, p. 1-12, 2010.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 131-139, 2010.

BREVIK, E. C., CERDÀ, A., MATAIX-SOLERA, J., PEREG, L *et al.*. The interdisciplinary nature of soil. **Soil**, v. 1, p. 117-129, 2015.

BORROR, D. J.; WHITE, R. E. 2.ed. **Insects**: Peterson Field Guides. Boston: Houghton Mifflin Company. 1970. 416 p.

BROWN, G. G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, n. especial 2, p. 1-18, 2010.

BROWN, G. G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P. *et al.* Diversidad y rol funcional de la macrofauna epiedáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana**, Nueva Série, Xalapa, n. especial, p. 79-110, 2001.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, A. de A.; NADOLNY, H. S. *et al.* Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G. *et al.* **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa Floresta, 2015. p. 122-154.

BUUREN, S. V.; OUDSHOORN, K. G. Mice: Multivariate Imputation by Chained Equations. **Journal of Statistical Software**, v. 45, p. 1-67, 2011.

CAMPOLIN, A. I.; FREIDEN, A. **Metodologias Participativas em Agroecologia**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011. 14 p. (Documentos; 115).

CAMPOS, L. D. de. **Filogenia, tempos de divergência e evolução de Oecanthidae n. status (Insecta, Orthoptera, Grylloidea)**. 2022. 20 f. Tese (Doutor em Ciências Biológicas) – Programa de Pósgraduação do Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 221 p.

CARVALHO, J. C. de; GITIRANA Jr, G. de F. N.; MACHADO, S. L.; MASCARENHA, M. M. dos A.; SILVA FILHO, F. C. da. **Solos não saturados no contexto geotécnico**. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2015. 759 p.

CARVALHO, C. J. B. de; RAFAEL, J. A.; COURI, M. S.; SILVA, V. C. Diptera Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 701-743.

CARVALHO, W. S. de; SANTOS, L. R. da S.; OLIVEIRA, S. F. de; OLIVEIRA, F. M. P. de *et al.* Formigas como provedoras de serviços ecossistêmicos na Caatinga: Como informar a sociedade sobre pesquisas ecológicas. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 05, n. 03, p. 281-287, 2020.

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

CASARI, S. A.; IDE, S. Coleoptera Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 453-536.

CERETTA, C. A.; AITA, C. **Agricultura familiar e sustentabilidade: biologia do solo**. Santa Maria: UFSM, 2008. 180 p.

CHAO, A.; CHAZDON, R. L.; COLWELL, R. K.; SHEN, T. J. Abundance-Based Similarity Indices and Their Estimation When There Are Unseen Species in Samples. **Biometrics**, v. 62, n. 2, p. 361-371, 2006.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 46 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).

CORREIA, K. G. **Biota do solo e atividade microbiana de áreas em diferentes estágios sucessionais e aspectos sócio-econômicos no município de Santa Terezinha – PB**. 2010. 143 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação da serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Org.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto alegre: Gênese, p.197- 225, 1999.

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

_____. Importância da Fauna de Solo para a Ciclagem de Nutrientes. **Miolo_Biota**, p. 77-100. 2006.

COSTA, W. A. J. M. D.; SANGAKKARA, U. R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 111-133, 2006.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia**: alguns conceitos e princípios. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004. 24 p.

CUNHA, E. de Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. de B. *et al.* Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 35, p. 589-602, 2011.

CZEPAK, C.; Albernaz, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O. *et al.* First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013.

DALY, A. J.; BAETENS, J. M.; BAETS, B. de. Ecological Diversity: Measuring the Unmeasurable. **Mathematics**, v. 6, p. 1-28, 2018.

DIAS, C. **O solo é vivo e responsável pelos serviços ecossistêmicos necessários à vida**. Embrapa Solos, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/23945400/o-solo-e-vivo-e-responsavel-pelos-servicos-ecossistemicos-necessarios-a-vida>. Acesso em: 14 dez. 2021.

DHALIWALA, S. S.; NARESHB, R. K.; MANDALC, A.; RAVINDER, S. *at al.* Dynamics and transformations of micronutrients in agricultural soils asinfluenced by organic matter build-up: A review. **Environmental and Sustainability Indicators**, p. 1-14, 2019.

DOMINATI, E.; PATTERSON, M.; MACKAY, A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecological Economics**, v. 69, n. 9, p. 1858–1868, 2010.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society American, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).

DORAN, J. W. Soil Health and Global Sustainability: Translating Science into Practice. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 88, p. 119-127, 2002.

DORAN, J. W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais..** Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Marco referencial em agroecologia.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p.

_____. **Serviços Ambientais:** Sobre o tema. Embrapa Solos, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-servicos-ambientais/sobre-o-tema>. Acesso em: 13 jan. 2022.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 592 p.

FARIAS, P. M. de; ARELLANO, L.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; ORTIZ, S. L. Response of the copro-necrophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) assemblage to a range of soil characteristics and livestock management in a tropical landscape. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, p. 947–960, 2015.

FEIDEN, A. **Conceitos e Princípios para o Manejo Ecológico do Solo.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 21 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 140).

FERRAZ, J. M. G. **Agroecologia.** 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/politicas/agroecologia>. Acesso em: 17 jun. 2022.

FERREIRA, E. P. de B.; STONE, L. F.; DIDONET, C. C. G. M. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 22-31, 2017.

FLOWERS, M. D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. **Soil & Tillage Research**, v. 48, p. 21-35, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Why is climate-smart agriculture needed?** In: CLIMATE-SMART AGRICULTURE Sourcebook. 2013. Disponível em: <https://www.fao.org/climatechange/37491-0c425f2caa2f5e6f3b9162d39c8507fa3.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

FOOTTIT, R. F. ADLER, P. H. **Biodiversity of Dermaptera.** Biodiversity of Dermaptera. In *Insect Biodiversity*, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118945582.ch12>. Acesso em: 18 out. 2022.

GIL-SOTRES, F.; CEPEDA-TRASAR, C.; LEIRÓS, M. C.; SEOANE, S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 877-887, 2005.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p.

GÓES, Q. R. de; FREITAS, L. da R.; LORENTZ, L. H.; VIEIRA, F. C. B. *et al.* Análise da fauna epiedáfica em diferentes usos do solo no Bioma Pampa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 123-144, 2021.

GONÇALVES, T. S. Interações ecológicas e evolutivas entre: plantas, herbívoros e seus inimigos naturais. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 03, n. 03, p. 01-09, 2015.

GOMES, S. S.; GOMES, M. S.; GALLO, A. S.; MERCANTE, F. M. *et al* Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 114, p. 30-37, 2015.

GUIMARÃES, M. **Diversidade e afiliação filogenética de leveduras associadas á plantas de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivadas no Cerrado**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado em em Ciências Agrárias) - Programa de Pósgraduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João Del Rei, Sete Lagoas, 2016.

HALABURA, V. V.; HAIDUK, F. M. Avaliação da fauna epiedáfica como indicadora de qualidade do solo, sob diferentes condições de cultivo, no Planalto Norte de Santa Catarina. In: SOUSA, Carla da Silva; SABIONI, Sayonara Cotrim; LIMA, Francisco de Sousa (Org.). **Agroecologia**: métodos e técnicas para uma agricultura sustentável. v. 3. Guarujá: Científica Digital, 2021. p. 136-164.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2001.

HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. **Soil biology**: effects on soil quality. Boca Raton: CRC Press, 1993. 169 p.

HERRICK, J. E. Soil quality: An indicator of sustainable land management? **Applied Soil Ecology**, v. 15, p. 75-83, 2000.

HENDRIX, P. F.; BOHLEN, P.J. Exotic earthworm invasions in North America: ecological and policy implications. **BioScience**, v. 52, n. 9, p. 801–811, 2002.

HEWITT, A.; DOMINATI, E.; WEBB, T.; CUTHILL, T. Soil natural capital quantification by the stock adequacy method. **Geoderma**, v. 241–242, p. 107–114, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 18311:2016. **Soil quality — Method for testing effects of soil contaminants on the feeding activity of soil dwelling organisms — Bait-lamina test**. Soil quality, Subcommittee SC 4, Biological methods. Geneve, 2016.

JÄNSCH, S.; SCHEFFCZYK, A.; RÖMBKE, J. The bait-lamina earthworm test: a possible addition to the chronic earthworm toxicity test? **Euro-Mediterr Journal Environ Integr**, v. 2, v. 5, p. 4-11, 2017.

KAMAU, S.; BARRIOS, E.; KARANJA, N.; AYUKE, F. O. Soil macrofauna abundance under dominant tree species increases along a soil degradation gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 112, p. 35-46, 2017.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G. *et al.* Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

KLIMEK, B.; NIKLIŃSKA, M.; JAŻWA, M.; CHODAK, M. *et al.* Application of the bait-lamina method to measure the feeding activity of soil fauna in temperate forests. **Polish Journal of Ecology**, Warsaw, v. 63, n. 3, p. 291-300, 2015.

KINDT, R.; COE, R. **Tree diversity analysis**: a manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. Nairobi: World Agroforestry Centre, 2005. 196 p.

KOLLER, W. W.; CASTRO, L. C. S.; ALMEIDA, R. G. de. **Adaptações úteis em uma armadilha de queda**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2017. 8 p. (Comunicado Técnico, 123).

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W. de; BRAGA, R. F. Macrofauna. In: MOREIRA, M. S.; CARES, J. E. ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. **O ecossistema solo**. p. 219-137, 2018.

KRATZ, W. The bait-lamina test – general aspects applications and perspectives. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 5, p. 94–96, 1998.

LAWRENCE J. F Coleoptera (beetles). In: Naumann, I. (Ed.). *The Insects of Australia: a textbook for students and research workers* (CSIRO). New York, Cornell University Press, v. 2, p. 543-683, 1991.

LAVELLE, P.; DECAËNSB, T.; AUBERT, M.; BAROT, S. *et al.* Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, n. 1, p. S3-S15, 2006.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, v. 33, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem functions. **Advances Ecology Research**, v. 27, p. 93-132, 1997.

LI, W.; DOU, Z.; CUI, L. ZHAO, X. *et al.* Soil fauna diversity at different stages of reed restoration in a lakeshore wetland at Lake Taihu, China. **Ecosystem Health and Sustainability**, v. 6, n. 1, p. 2332-8878, 2020.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A. F. *et al.* Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 45-55, 2012.

LOPES, P. R. **A biodiversidade como fator preponderante para a produção agrícola em agroecossistemas cafeeiros sombreados no Pontal do Paranapanema**. 2014.172 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada - Interunidades) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

LOPES, P. R.; ARAÚJO, K. C. S.; SILVA, R. C. da; SILVA, J. P. da *et al.* Agroecologia e processos de transição no assentamento rural Santa Helena. **Retratos de assentamentos**, v. 20, n. 2, p. 125-148, 2017.

LOPES, P. R.; LOPES, K. C. S. A. Sistemas de produção de base ecológica – a busca por um desenvolvimento rural sustentável. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Araraquara, v. 4, n. 1, 2011.

MAIA, C. B. de F.; PARRON, L. M. **Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais**. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G. *et al.* Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília: Embrapa Floresta, 2015. p. 101-108.

MARASCA, I.; OLIVEIRA, C.; GUIMARÃES, E.; CUNHA, J.; ASSIS, R.; PERIN, A.; MENEZES, L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água em sistema de plantio direto na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 239-246, 2011.

MARINHO, W. R. C.; SANTOS, R. G.; CRUZ, L. S.; BORGES, I. C. V. *et al.* Simuliídeos (simuliidae: diptera) como objeto de estudo no Brasil e no mundo. **Nature and Conservation**, v. 14, n. 1, p. 12-23, 2021.

MATSUMOTO, L. S.; MARQUES, R. D. **Bioindicadores de qualidade do solo**, Cascavel – Paraná, p. 486-490, 2015.

MATTOS, L.; DIDONET, A. D.; BAGGIO, A. J.; MACHADO, A. R. *et al.* **Marco referencial em Agroecologia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p.

MATTOS, M. L T. Microbiologia do Solo. in: **Recurso Solo: Propriedades e Usos**. NUNES, Ramom Rachide; REZENDE, Maria Olímpia de Oliveira (Org.). São Paulo: Editora Cubo, 2015. p. 250-272.

MARAFELI, P. P. **Efeito do manejo da vegetação espontânea em cafezal sobre ácaros da mesofauna edáfica**. 2016. 102 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

MELO, A. S.; ALEGRE, P. O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 21–27, 2008.

MELO, F. V. de; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C. *et al.* A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Seção de Biologia do Solo, p. 38-43, 2009.

MENDES, I. de C.; HUNGRIA, M.; REIS Jr., F. B. dos; CHAER, F. M. *et al.* **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade?** Brasília: Embrapa Cerrados, 2009. 31 p. (Documentos 246).

MORRIS, E. K.; CARUSO, T.; BUSCOT, F.; FISCHER, M. *et al.* Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 18, p. 3514–3524, 2014.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras: EDITORA UFLA, 2006. 729 p.

MOREIRA, M. S.; CARES, J. E. ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. **O ecossistema solo**. Lavras: UFLA, 2018. 352 p.

OLIVEIRA, J. P. C. **A Agroecologia e as relações nãohegemônicas entre sociedade e natureza: A Cesta Camponesa e a Agricultura Sintrópica tomadas como exemplo de práticas agroecológicas**. 2020. 211 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de PósGraduação em Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

OLIVEIRA, M. A. de; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S. *et al.* Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 800-807, 2014.

PAULUS, G.; MULLER, A. M.; BARCELLOS, L. A. R. **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 86 p.

PEDROSA, M. V. B.; ALVES, L. P.; PASCHOA, R. P. da; AMARAL, A. A. do. Importância ecológica dos microrganismos do solo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 11, n. 22; p. 100-114, 2015.

PESSOTTO, M. D. F.; SANTANA, N. A.; JACQUES, R. J. S.; FREIBERG, J. A. *et al.* Relação do uso do solo com a diversidade e a atividade da fauna edáfica. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 397-402, 2020

PEGUERO, G.; SARDANS, J.; ASENSIO, D.; MARTÍNEZ, M. F. *et al.* Nutrient scarcity strengthens soil fauna control over leaf litter decomposition in tropical rainforests. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 286, n. 1910, p. 01-09, 2019.

PETRERE, V. G.; CUNHA, T. J. F. **Características dos solos cultivados com videira no Submédio do Vale do São Francisco**. Embrapa Semiárido. 2010.

Disponível em:

http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/manejo.html. Acesso em: 18 jun. 2021.

PIELOU, E. C. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. **Journal Theory Biology**, v. 10, p. 370-383, 1966.

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e manejo do solo. **Agriculturas**, v. 5, n. 3, p. 07-10, 2008.

_____. O solo na produção agrícola. 2000. I ENCONTRO DE PRODUTORES DA AGRICULTURA NATURAL DA ÁREA NORTE-NORDESTE. **Anais do..** 2000. p.09-12. Disponível em: <https://anamariaprimavesi.com.br/wp-content/uploads/2021/08/1-Encontro-de-Produtores-da-Agricultura-Natural-Cruz-das-Almas-Bahia.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2022.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, p. 810, 2012.

RASCHE, F.; CADISCH, G. The molecular microbial perspective of organic matter turnover and nutrient cycling in tropical agroecosystems. What do we know? **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 49, p. 251-262, 2013.

RASPLUS, J. Y.; VILLEMANT, C.; PAIVA, M. R.; DELVARE, G. *et al.* Hymenoptera. **Alien terrestrial arthropods of Europe**, v. 4, n. 2, p. 669–776, 2010.

REAL, R.; VARGAS, J. M. The probabilistic basis of jaccard's index of similarity. **Systematic biology**, v. 45, n. 3, p. 380–385, 1996.

REINECKE, A. J.; ALBERTUS, R. M. C.; REINECKE, S. A.; LARINK, O. The effects of organic and conventional management practices on feeding activity of soil organisms in vineyards. **African Zoology**, v. 43, p. 66-74, 2008.

RODRIGUES, H. J. B.; SÁ, L. D. de A.; RUIVO, M. de L. P.; COSTA, A. C. L. da *et al.* Variabilidade quantitativa de população microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropical úmida. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 629 - 638, 2011.

RÖMBKE, J.; HÖFER, H.; GARCIA, M. V.; MARTIUS, C. Feeding activities of soil organisms at four different forest sites in Central Amazonia using the bait-lamina method. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, n. 3, p. 313-320, 2006.

SALES, E. F.; BALDI, A.; QUEIROZ, R. B. Fauna epiedáfica em sistema agroflorestal e em monocultivo de café conilon. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 5, p. 200-209. 2018.

SANTOS, S. A. CRISPIM, S. M. A.; FILHO-COMASTRI, J. A CARDOSO, E. L. **Princípios de Agroecologia no Manejo das Pastagens Nativas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004. 35 p. (Documento 63).

SANTOS, C. F. dos; SIQUEIRA, E. S.; ARAÚJO, I. T. de; GUEDES, Z. M. A. Agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, n. 2, p. 33-52, 2014.

SANTOS, S. de S.; SILVA, C. H. V. da; SOUSA, J. I. de; SANTOS, M. D. *et al.* Use of pitfall traps in the survey of edaphic fauna in the rural area of Traipu - AL. **Revista Ambientale**, v. 12, n. 3, p. 41–49, 2020.

SCHIEDECK, G.; EICHOLZ, E. D.; MACHADO, J. de A.; EICHOLZ, M. D. *et al.* **Respostas produtivas de genótipos de milho cultivados sob práticas de manejo de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021. 12 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 349).

SCHIEDECK, G.; SCHIAVON, G. A.; MAYER, F. A.; LIMA, A. C. R. Percepção de agricultores sobre o papel das minhocas nos agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 856-859, 2009.

SILVA, M. de O. SANTOS, M. P. dos; SOUSA, A. C. da P.; SILVA, R. L. V. da *et al.* Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 6853-6875, 2021.

SILVA, M. de O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L.; OLIVEIRA, J. *et al.* Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020a.

SILVA, P. V. C.; AGUIAR, M. I. de; DANTAS, F. M. M.; ALMEIDA, M. V. R. de *et al.* Utilização de indicadores participativos de qualidade do solo em sistemas de produção agrícola familiar. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 5, p. 671-678, 2020b.

SILVA, R. A.; AGUIAR, AL das C.; REBÊLO, J. M. M.; SILVA, E. F. de F. e *et al.* Diversity of edaphic fauna in different soil occupation systems. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 3, p. 647-657, 2019.

SILVA, T. A. C. da; MELLONI, R.; MELLONI, E. F. P.; RAMOS, P. P. *et al.* Avaliação da qualidade de solo de área de lixão desativado: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 02, p. 630-640, 2020c.

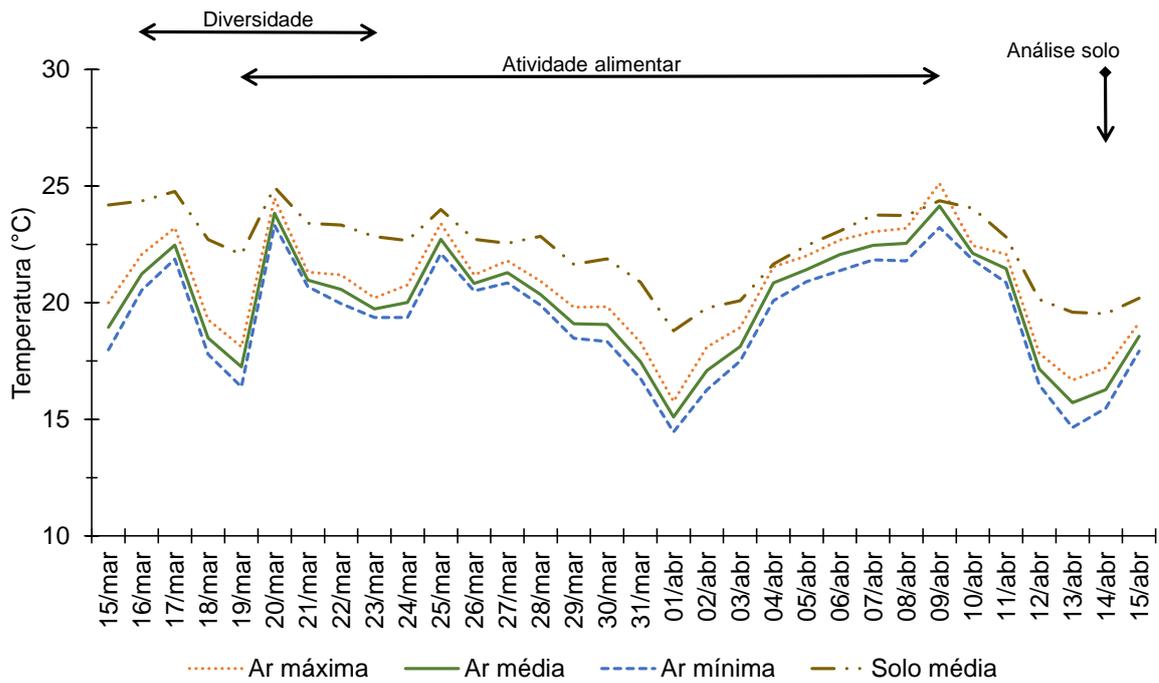
SIQUEIRA, F. F., RIBEIRO-NETO, J. D., TABARELLI, M., ANDERSEN, A. N. *et al.* Leaf-cutting ant populations profit from human disturbances in tropical dry forest in Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 33, n. 5, p. 337-344, 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Núcleo Regional Sul: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376 p.

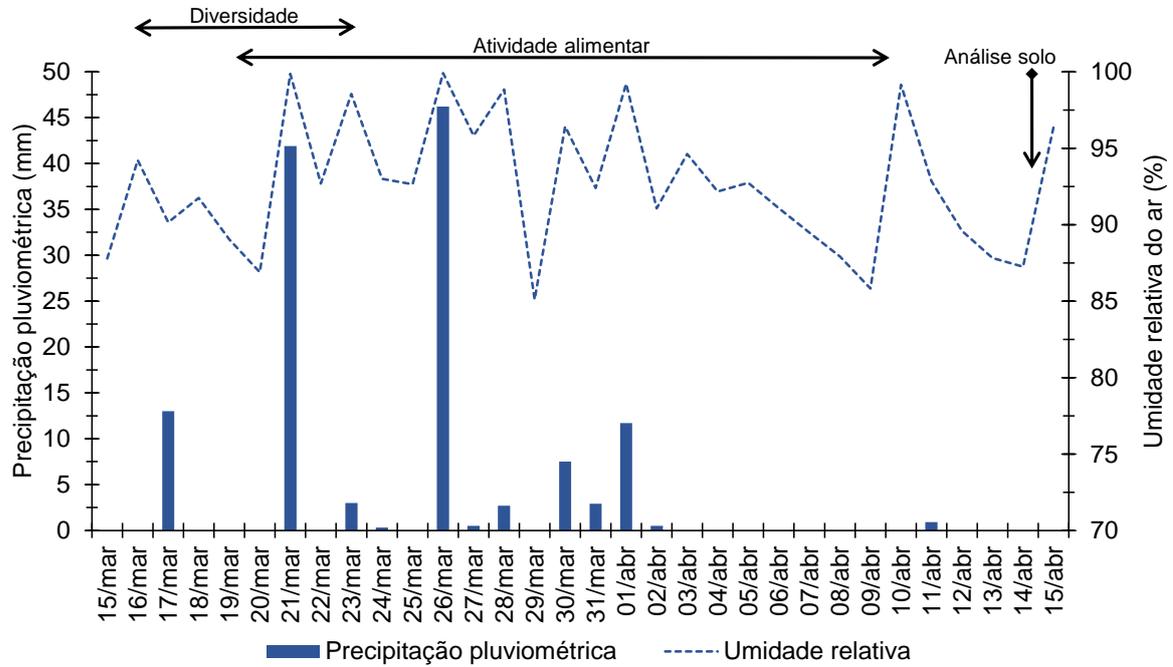
- SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 87, n. 2, p. 194–204, 2006.
- SNEATH, P. H., SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**: the principles and practice of numerical classification. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573 p.
- SOBUCKI, L.; RAMOS, R. F.; BELLÉ, C; ANTONIOLLI, Z. I. Manejo e qualidade biológica do solo: uma análise. **Revista Agronomia Brasileira**, Jaboticabal, v. 3, p. 1-4, 2019.
- STRINGHETA, P. C.; MUNIZ, J. N. **Alimentos orgânicos**: produção, tecnologia e certificação. Viçosa: UFV, 2003. 452 p.
- STÖCKER, C. M; MONTEIRO, A. B; BAMBERG, A. L; CARDOSO, J. H. *et al.* Bioindicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, Urcamp, Bagé, p. 01-12, 2017.
- SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas**. 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- SWINTON, S. M.; LUPI, F.; ROBERTSON, G. P.; LANDIS, D. A. Ecosystem services from agriculture: looking beyond the usual suspects. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 88, n. 5, p. 1160–1166, 2006.
- TILLING, S. M. **A key to the major groups of British terrestrial invertebrates**. 2.ed. Telford: Field Studies Council (FSC), 2014. 84 p.
- TÖRNE, E. V. Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests. **Pedobiologia**, v. 34, n. 2, p.89-101, 1990.
- TRENTINI, C. P.; VILLAGRA, M.; PÁMIÉS, D. G.; LABORDE, V. B. *et al.* Efeito da adição de nitrogênio e remoção de serapilheira na vegetação de sub-bosque, mesofauna do solo e decomposição de serapilheira em plantações de pinheirobravo na Argentina subtropical. **Forest Ecology and Management**, v. 429, p. 133-142, 2018.
- VALARINI P. J.; OLIVEIRA, F. R. A.; SCHILICKMANN, S. F.; POPPI, R. J. Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 485-491, 2011.
- VARGAS, R. J. de. **Controle estatístico de processo para avaliação de bioindicadores do solo submetido à irrigação com efluente industrial tratado de abatedouro de aves**. 2019. 71 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.
- VOROBICHNIK, E. L.; BERGMAN, I. E. Bait-lamina test for assessment of polluted soils: Rough vs. Precise scales. **Ecological Indicators**, v. 122, e107277, 2021.

Apêndices

Apêndice A – Temperatura (°C) do ar e do solo (10 cm) durante o período de realização do trabalho e indicação dos períodos da coleta de diversidade, de atividade alimentar e coleta de solo para análise química. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado.



Apêndice B – Umidade relativa média do ar (%) e precipitação pluviométrica (mm) durante o período de realização do trabalho e indicação dos períodos da coleta de diversidade, de atividade alimentar e coleta

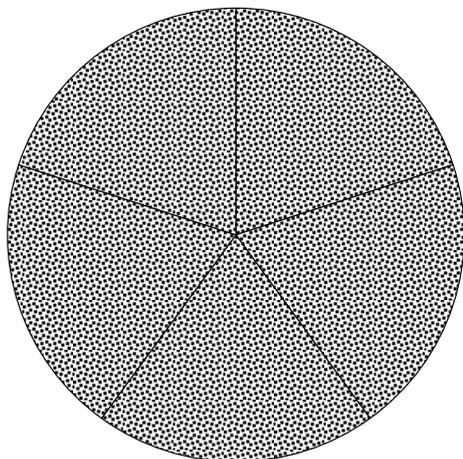


Apêndice C – Variáveis climáticas no período de execução do trabalho.

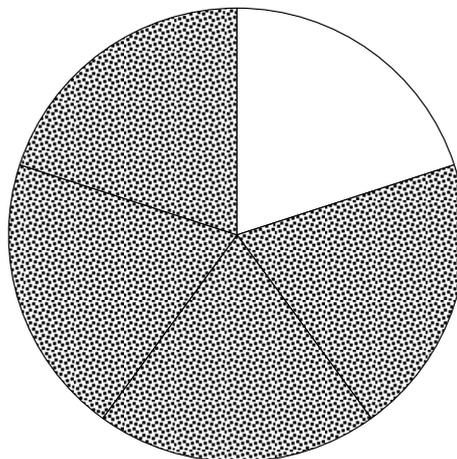
Data	Temperatura do ar			Umidade relativa do ar	Temperatura do solo a 10 cm	Radiação fotossinteticamente ativa		Precipitação pluviométrica
	Média (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Média (%)	Média (°C)	Média (W m ⁻²)	Total (E m ⁻²)	(mm)
15/mar	19.0	20.0	18.0	87.8	24.2	142.4	30.4	0.0
16/mar	21.2	22.1	20.5	94.2	24.4	114.9	24.6	0.0
17/mar	22.5	23.2	21.9	90.2	24.8	104.5	22.3	13.0
18/mar	18.5	19.3	17.8	91.7	22.7	92.7	18.3	0.0
19/mar	17.2	18.1	16.4	89.0	22.1	141.2	30.2	0.0
20/mar	23.8	24.5	23.3	86.9	25.0	155.4	33.2	0.0
21/mar	21.0	21.3	20.7	99.9	23.4	39.2	7.1	41.9
22/mar	20.6	21.2	20.0	92.7	23.3	111.7	23.9	0.0
23/mar	19.7	20.2	19.4	98.5	22.8	55.4	10.9	3.0
24/mar	20.0	20.8	19.4	93.0	22.7	103.7	20.5	0.3
25/mar	22.7	23.4	22.1	92.6	24.0	141.1	27.9	0.0
26/mar	20.8	21.2	20.5	99.9	22.7	34.5	6.3	46.2
27/mar	21.3	21.8	20.8	95.8	22.5	86.0	15.6	0.5
28/mar	20.4	20.9	19.9	98.8	22.8	63.8	12.6	2.7
29/mar	19.1	19.8	18.5	85.1	21.6	150.2	29.7	0.0
30/mar	19.1	19.8	18.3	96.4	21.9	115.1	22.7	7.5
31/mar	17.5	18.3	16.8	92.4	20.9	111.3	22.0	2.9
01/abr	15.1	15.8	14.5	99.2	18.8	69.5	12.6	11.7
02/abr	17.1	18.1	16.3	91.1	19.8	131.7	23.9	0.5
03/abr	18.1	18.9	17.5	94.6	20.1	95.9	17.4	0.0
04/abr	20.8	21.5	20.1	92.2	21.7	141.2	25.6	0.0
05/abr	21.4	22.0	20.9	92.7	22.4	108.2	19.6	0.0
06/abr	22.1	22.7	21.4	91.1	23.1	142.9	25.9	0.0
07/abr	22.5	23.0	21.8	89.5	23.8	143.4	26.0	0.0
08/abr	22.5	23.2	21.8	87.9	23.7	147.4	26.7	0.0
09/abr	24.1	25.1	23.2	85.8	24.4	120.5	21.8	0.0
10/abr	22.1	22.4	21.8	99.1	24.1	46.7	8.4	0.0
11/abr	21.5	22.1	20.9	92.8	22.8	60.2	10.9	0.9
12/abr	17.2	17.8	16.5	89.6	20.1	113.5	20.6	0.0
13/abr	15.7	16.7	14.7	87.8	19.6	140.8	25.5	0.0
14/abr	16.3	17.2	15.5	87.3	19.5	142.0	25.7	0.0
15/abr	18.6	19.1	17.9	96.4	20.2	63.5	11.5	0.0
Média	20.0	20.7	19.3	92.6	22.4	107.2	20.6	
Máxima	24.1	25.1	23.3	99.9	25.0	155.4	33.2	46.2
Mínima	15.1	15.8	14.5	85.1	18.8	34.5	6.3	
Total							660.2	131.1

Apêndice D – Gabarito da escala de notas utilizada para inferir o consumo alimentar em cada orifício da bait-lamina.

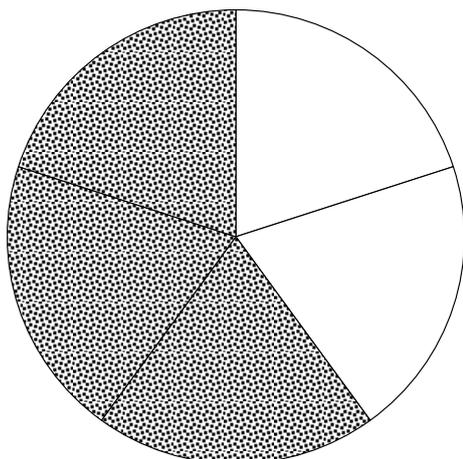
Nota 0 - Sem consumo (0%)



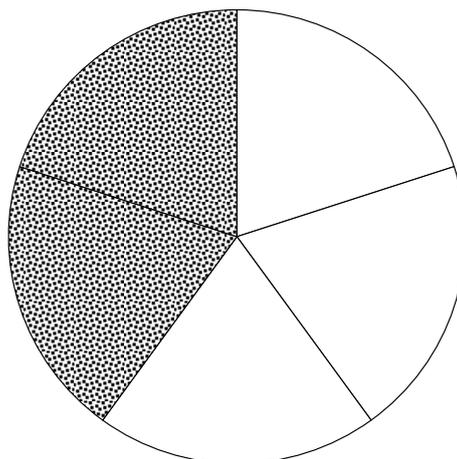
Nota 1 - Pouco consumo ($\pm 20\%$)



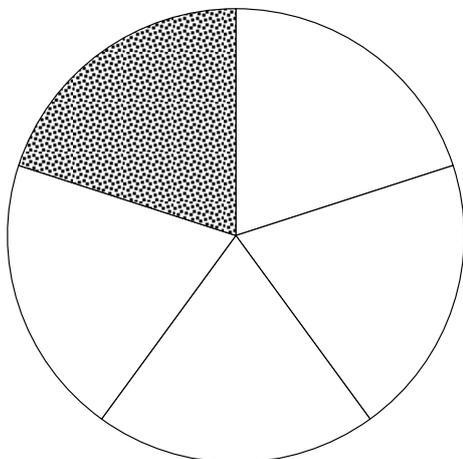
Nota 2 - Consumo médio ($\pm 40\%$)



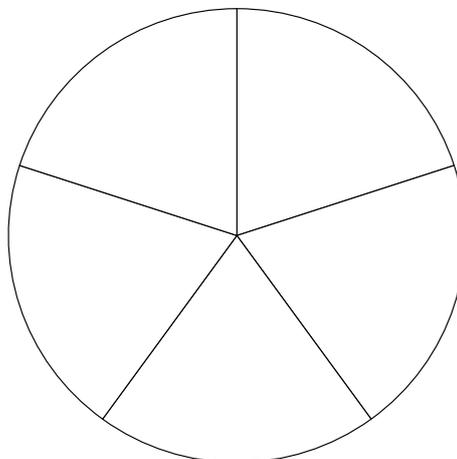
Nota 3 - Consumo médio ($\pm 60\%$)



Nota 4 - Bastante consumo ($\pm 80\%$)



Nota 5 - Consumo total (100%)



Anexos

Anexo A – Modelo esquemático e dimensões da bait-lamina conforme Kratz (1998).

