

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Iara Uliana Moraes Sampaio

Macrofauna edáfica em sistema de plantio direto de hortaliças em diferentes estações do ano
no cerrado.

Uberaba/MG

2023

Iara Uliana Moraes Sampaio

Macrofauna edáfica em sistema de plantio direto de hortaliças em diferentes
estações do ano no Cerrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Rodrigues
Torres

Coorientadora: Profa. Dra. Sandra Santana
de Lima

Uberaba/MG

2023

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

S183m Sampaio, Iara Uliana Moraes
Macrofauna edáfica em sistema de plantio direto de hortaliças em
diferentes estações do ano no cerrado / Iara Uliana Moraes Sampaio. -- 2023.
54 p. : graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) --
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2023
Orientador: Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres
Coorientador: Profa. Dra. Sandra Santana de Lima

1. Solos - Manejo. 2. Fauna. 3. Invertebrados do solo. 4. Irrigação.
5. Plantas. 6. Cobertura dos solos. I. Torres, José Luiz Rodrigues.
II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 631.544.7-049.2:631.468

IARA ULIANA MORAES SAMPAIO

MACROFAUNA EDÁFICA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE
HORTALIÇAS EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO NO CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 30 de agosto de 2023.

Banca Examinadora:
Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres
Orientador - IFTM/UFTM

Prof. Dr. Robson Thomaz Thuler
Membro Titular-IFTM

Dra. Priscila Silva Matos
Membro Titular-ICS



Documento assinado eletronicamente por **Priscila Silva Matos**, **Usuário Externo**, em 31/08/2023, às 09:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Luiz Rodrigues Torres**, **Usuário Externo**, em 31/08/2023, às 10:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **Robson Thomaz Thuler**, **Usuário Externo**, em 05/09/2023, às 10:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de](#)



junho de 2023.

A autenticidade deste documento
pode ser conferida no site
[http://sei.ufm.edu.br/sei/controlador_externo.php?
acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](http://sei.ufm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o
código verificador **1055093** e o código CRC **D3E59E99**.

Dedico esta dissertação à minha avó (Janete), que agora está em outro plano assistindo ao final dessa jornada e ao meu padraastro Beto, que foi tão forte este ano que também me deu forças para seguir em frente em momentos de dificuldade.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e seus companheiros, Affonso, Flávia, Ivanilza e Beto, por nunca, em nenhum segundo, duvidarem de minha capacidade mesmo quando outros (ou até eu mesma) duvidaram.

Aos meus irmãos por compreenderem minha ausência e por sempre terem fé em meu sucesso.

A minha avó Lisa por comemorar comigo cada conquista e ser um porto seguro para toda a família. Por fim, agradeço à minha avó Janete que foi luz tanto em vida quanto agora de longe, iluminando meus passos e me fazendo enxergar o futuro.

A realização deste projeto só foi possível com a participação dos alunos do Núcleo de Pesquisa em Manejo de Solo e Água (NUPEMASA) do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, agradeço a todos pelo compromisso e apoio total à execução do projeto.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres por ter me aceito como sua orientanda e aluna, por ter confiado em meu trabalho e me passado parte de seus conhecimentos.

Em especial à minha orientadora Prof. Dr^a. Sandra Santana de Lima por ter me acolhido nos momentos mais difíceis da minha vida até hoje, compreendido minhas dores, por ter me ensinado tanto em termos acadêmicos, mas também em lições para a vida, além de ser para mim, um exemplo de bióloga, mulher e pesquisadora.

Ao Prof. Dr. Robson Thomaz Thuler por toda a paciência e pelos ensinamentos na identificação laboratorial.

Aos meus amigos, especialmente ao Roni, Paola, Elem e Larissa que acompanharam de perto esta caminhada, me apoiando por todo o tempo e não me deixando abalar pelas adversidades que passei, vocês quatro foram e são verdadeiros irmãos de jornada!

À Universidade Federal do Triângulo Mineiro e ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental pela oportunidade de formação acadêmica e a FAPEMIG pelo amparo financeiro que, sem ele, não teria sido possível.

A TODOS, MEU MUITO OBRIGADO!

RESUMO

As práticas de manejo afetam diretamente os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com isso a quantificação da fauna invertebrada se tornou uma importante ferramenta para avaliar qualidade do solo, pois são sensíveis as mudanças causadas pelo sistema de manejo adotado. Neste estudo objetivou-se avaliar a influência dos resíduos da cobertura vegetal e da sazonalidade na diversidade da macrofauna edáfica, em áreas cultivadas em sistema de plantio direto de hortaliças irrigadas, em duas épocas do ano, em Uberaba, MG. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, onde foram avaliadas duas áreas com duas coberturas vegetais: 1 – Milheto; 2 – Crotalária e; 3 - Mata nativa (Fragmento de mata em regeneração natural há mais de 20 anos); em duas épocas do ano: 1 – Período seco (maio/junho); 2 – Período chuvoso (novembro/dezembro), todos com 5 repetições. Fez-se coleta de solos a 10 cm de profundidade para identificação da macrofauna, utilizando a metodologia *Tropical Soil Biological and Fertility* (TSBF). Os dados foram calculados quanto à riqueza total, índices de Shannon e diversidade de Pielou, além de análise de variância, não-paramétrica e a análise dos componentes principais (ACP) dos dados. Para os grupos taxonômicos, tanto na serapilheira como no solo, os resíduos de milho e crotalária promoveram melhores condições para o aumento da densidade populacional dos organismos em relação à mata nativa, nas duas épocas do ano; Os valores de Riqueza e os índices de Shannon e Pielou, não foram influenciados em relação aos períodos de coleta, tanto para serapilheira, quanto para o solo em ambos os tratamentos; em relação aos tratamentos, ambos favoreceram a diversidade da macrofauna invertebrada, contudo no que se refere aos períodos de coleta o período chuvoso favoreceu melhores condições para o desenvolvimento da fauna. A maior densidade populacional de organismos na serapilheira ocorreu no período seco do ano, enquanto no solo ocorreu no período chuvoso.

Palavras-chave: manejo conservacionista; fauna do solo; áreas irrigadas; plantas de cobertura.

ABSTRACT

Management practices directly affect the physical, chemical, and biological attributes of the soil, with this, the quantification of invertebrate fauna has become an important tool to assess soil quality, as the changes caused by the adopted management system are sensitive. This study aimed to evaluate the influence of vegetation cover residues and seasonality on the diversity of edaphic macrofauna, in areas cultivated in a no-tillage system of irrigated vegetables, in two seasons of the year, in Uberaba, MG. The experimental design used was randomized blocks, where two areas with two vegetation covers were evaluated: 1 – Pearl millet; 2 – Sunn hemp and 3 – Native Forest (Fragment of forest undergoing natural regeneration for more than 20 years); at two times a year: 1 – Dry period (May/June); 2 – Rainy season (November/December), all with 5 repetitions. Soils were collected at a depth of 10 cm to identify the macrofauna, using the Tropical Soil Biological and Fertility (TSBF) methodology. The data were calculated regarding total richness, Shannon indices, and Pielou diversity, in addition to analysis of variance, non-parametric, and principal components (PCA) of the data. For the taxonomic groups, both in the litter and the soil, pearl millet and sunn hemp residues promoted better conditions for increasing the population density of organisms in the native forest, at both times of the year; The Richness values and the Shannon and Pielou indices were not influenced about the collection periods, both for litter and soil in both treatments; about treatments, both favored the diversity of invertebrate macrofauna, however about collection periods, the rainy season favored better conditions for the development of fauna. The highest population density of organisms in the litter occurred in the dry period of the year, while in the soil it occurred during the rainy period.

Keywords: conservation management; soil fauna; irrigated areas; cover crops.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de temperatura (°C) e pluviometria (mm), a partir de dados disponíveis do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 2022. Fonte: INMET (2023).....	23
Figura 2. Triagem dos organismos na serapilheira (A) e nas amostras de solo (B) coletadas a 10cm de profundidade.....	25
Figura 3. Frequência relativa (%) dos grupos, na serapilheira, no período seco (mai/jun), em Uberaba, MG.....	28
Figura 4. Abundância de indivíduos na serapilheira (período seco).....	28
Figura 5. Frequência relativa (%) dos grupos, no solo, no período seco (mai/jun), em Uberaba, MG.....	30
Figura 6. Abundância total de indivíduos no solo (período seco).....	31
Figura 7. Frequência relativa (%) dos grupos, na serapilheira, no período chuvoso (nov/dez), em Uberaba, MG.....	33
Figura 8. Abundância de indivíduos na serapilheira (período úmido).....	33
Figura 9. Frequência relativa (%) dos grupos, no solo, no período chuvoso (nov/dez), em Uberaba, MG.	35
Figura 10. Abundância total de indivíduos (período úmido).....	36
Figura 11. Análises de Componentes Principais (ACP) dos grupos da macrofauna invertebrada na serapilheira e solo na coleta realizada no período seco, em Uberaba, MG.....	37
Figura 12. Análises de Componentes Principais (ACP) dos grupos da macrofauna invertebrada na serapilheira e solo na coleta realizada no período chuvoso, em Uberaba, MG.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Densidade de indivíduos (Ind m ⁻²), riqueza total, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da macrofauna invertebrada na serapilheira nas áreas com resíduos vegetais de diferentes coberturas, no período seco, em Uberaba, MG.	27
Tabela 2. Densidade de indivíduos (Ind m ⁻²), riqueza total, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da macrofauna invertebrada no solo nas áreas com resíduos vegetais de diferentes coberturas, no período seco, em Uberaba, MG.....	29
Tabela 3. Densidade de indivíduos (Ind m ⁻²), riqueza total, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da macrofauna invertebrada na serapilheira nas áreas com resíduos vegetais de diferentes coberturas, no período chuvoso, em Uberaba, MG.....	32
Tabela 4. Densidade de indivíduos (Ind m ⁻²), riqueza total, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da macrofauna invertebrada no solo nas áreas com resíduos vegetais de diferentes coberturas, no período chuvoso, em Uberaba, MG.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
3.1 O CERRADO BRASILEIRO.....	16
3.2 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO.....	17
3.3 FAUNA INVERTEBRADA.....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	22
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	23
4.3 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES.....	23
4.4 AMOSTRAGEM DA MACROFAUNA INVERTEBRADA.....	24
4.5 CÁLCULO DOS ÍNDICES DE SHANNON E PIELOU.....	25
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
5 RESULTADOS.....	26
6 DISCUSSÃO.....	38
7 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior produção agrícola mundial, que lidera a exportação de vários produtos agrícolas (OECD/FAO, 2021), contudo, ainda apresenta problemas alarmantes como insegurança alimentar, fome e desmatamento de áreas que deveriam estar preservadas, pois na produção de alimentos em larga escala usa-se intensivamente agroquímicos e algumas práticas de manejo que são prejudiciais ao ambiente, como plantio de monoculturas e descartes irregulares de agroquímicos (IPEA, 2021).

Diante deste cenário é comum ocorrer à quebra da homeostase ambiental, acarretando perda de serviços ecossistêmicos, mudança nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, diminuição da biodiversidade e variabilidade genética, aumento do aquecimento global, dentre tantos outros problemas (BORIN; MEIRELES, 2020).

Contudo, com o avanço das tecnologias, a busca incessante de equilibrar a produção alimentícia com sustentabilidade ambiental tem aumentado, para que isto ocorra é imprescindível que haja uma relação mais harmônica entre os seres humanos e a natureza, permitindo que sejam atingidos os objetivos econômicos, sociais e ecológicos das gerações atuais, sem que se prejudiquem as gerações futuras (SINGH; MISHRA, 2019).

É importante ressaltar que o Brasil é um dos maiores exportadores de *commodities* do mundo e o agronegócio possui um papel de elevada importância para a economia brasileira como gerador de empregos e renda, além de colocar o país em destaque cenário do comércio internacional e aumentar o produto interno bruto (PIB) brasileiro (ASSAD; MARTINS; PINTO, 2012). O mercado e as novas tecnologias de monocultura vêm crescendo e o governo, a partir da relevância econômica do agronegócio para o país, investe cada vez mais no setor (GOMES, 2019), contudo, este crescimento carrega consigo grande impacto e responsabilidade frente à degradação do meio ambiente (CEPEA, 2021).

A dinâmica dos ecossistemas agrícolas varia de acordo com o sistema de manejo adotado, neste contexto, o sistema de plantio convencional se destaca por ser baseado no uso intensivo de máquinas, onde o revolvimento do solo e a incorporação dos resíduos vegetais degrada os atributos físicos, químicos e diminui significativamente a diversidade de organismos presentes no solo (IBPES, 2019). Este sistema de plantio é um dos núcleos responsáveis por gerar elevados impactos ambientais, pois é uma atividade que modifica as estruturas do solo, estabelece grandes zonas de desmatamento, transfigura ambientes naturais em áreas cultivadas, altera a disponibilidade de matéria orgânica no solo e promove intensificação dos processos de erosão e compactação (SILVA et al., 2018). Devido à essas modificações do habitat, alteram-

se as relações dos indivíduos e diminui, ou até mesmo extingue, a serapilheira do solo, dificultando o retorno de nutrientes na via solo-planta-solo, afetando diretamente a fauna invertebrada e a vegetação (NASCIMENTO et al., 2018).

No modelo de agricultura sustentável, é imprescindível a adoção de práticas de manejo conservacionista como sistema de plantio direto (SPD), que tem como premissa básica a ausência ou mínimo de revolvimento do solo, rotação de culturas, manutenção dos resíduos culturais sobre o solo e redução na utilização de máquinas agrícolas (MOTTER; ALMEIDA, 2015; ANDRADE, 2018).

O aporte contínuo de matéria orgânica no SPD proporciona melhorias nos atributos do solo, afetando diretamente a fauna invertebrada tanto do solo quanto da serapilheira, desta forma, este grupo pode ser considerado um indicador de qualidade do solo (BALIN et al., 2017).

Esta fauna invertebrada inclui uma diversidade abrangente de organismos, dentre eles a macrofauna, grupo de indivíduos que vivem no solo e na serapilheira e que possuem diâmetro corporal maior que 2mm (ANDERSON, 1988; BRONW et al., 2015). A macrofauna forma uma complexa teia alimentar que possui grande importância, pois modula a velocidade e magnitude de processos importantes para o meio ambiente, como a ciclagem de nutrientes, mineralização e degradação de detritos vegetais, e reestruturação da porosidade do solo (BRONW et al., 2015). A caracterização da macrofauna é uma importante ferramenta que pode auxiliar na compreensão da dinâmica ecológica dos ambientes onde esses organismos estão inseridos, assim como nas alterações que ocorrem na população destes organismos devido à introdução dos diferentes sistemas de manejo nas áreas produtivas.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a influência dos resíduos da cobertura vegetal sobre a comunidade da macrofauna edáfica, em áreas cultivadas em sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH) irrigadas, em Uberaba, MG.

2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar e quantificar a macrofauna nos grandes grupos taxonômicos nas áreas de estudo;
- Determinar o número de indivíduos por metro quadrado, a riqueza, os índices de diversidade e equitabilidade nas com diferentes plantas de coberturas (crotalária e milho);

- Relacionar a diversidade de organismos do solo com as plantas de coberturas em cada estação (seca e chuvosa) da região.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. O CERRADO BRASILEIRO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, que abrange pouco mais de 20% do território nacional e estendendo-se por mais de dois milhões de km² (BATISTA; CUNHA, 2022). O clima do cerrado é caracterizado como tropical quente – inverno seco e verão chuvoso (BECK et al., 2018), mas, devido à sua extensão, sabe-se que assim como a topografia e o solo, o clima também difere nos limites com outros biomas (RICKLEFS, 2010; IBGE, 2017) e pode apresentar três diferentes climas dependendo da região, podendo ser semiárido, semiúmido e úmido e é primordialmente caracterizado com a fitofisionomia savana, que ocupa cerca de 60% de seu território (TAVARES, MOURA; AMORIM, 2022).

Considerado a formação savânica mais biodiversa do mundo e com expressiva quantidade de organismos endêmicos (KLINK; MACHADO, 2005; BATISTA; CUNHA, 2022), este bioma tem grande importância para biodiversidade e variabilidade gênica, porém, segundo o Terra Brasilis, uma plataforma desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), entre agosto de 2020 e julho de 2021, 8.531,44Km² foram desmatados, sendo quase 802km² apenas no estado de Minas Gerais (INPE, 2021).

As degradações ambientais, geradas por atividades antrópicas, como mineração, queimadas, desmatamento e manejo intensivo do solo, geram o declínio da biodiversidade, de modo a afetar diretamente a sustentabilidade e o ecossistema do Cerrado (BARETTA, 2007), levando-o a ser considerado um dos *hotspots* no mundo, além de ser o bioma mais afetado em relação à perda da vegetação natural (MITTEREIER et al., 2011).

A cada ano, maior é a demanda por commodities, desta forma, mais áreas de vegetação nativa são transformadas em áreas de cultivo (SANTANA, 2021). O desenvolvimento do setor agrícola é importante economicamente, mas mostra necessidades de ser reformulado e atender a necessidades sustentáveis, visto que a crescente do agronegócio vem sendo acompanhado por impactos ambientais em relação a exorbitantes utilização de fertilizantes e agrotóxicos, prejudicando corpos d'água e o solo, além de gasto de água excessivos, desmatamento e queimadas, de modo a suprimir e impactar vegetações nativas (ASSAD; MARTINS; PINTO,

2012). Esses problemas ambientais impactam o microclima dos ambientes, a estrutura do solo e a qualidade da matéria orgânica da rizosfera e da serapilheira, conseqüentemente, causam efeitos negativos em todas as comunidades, incluindo a fauna invertebrada do solo (NUNES et al., 2019).

A região do triângulo mineiro é responsável pela maior produção de cana de açúcar do estado, sendo apenas em 2020 colhidas mais de 53 milhões de toneladas (IBGE, 2022). Uberaba não foge desta característica em sua região, principalmente por estar em um local estratégico de distribuição de *comodities*, pois está a um raio médio de 500 km de grandes polos consumidores (Brasília/DF, Campinas/SP, São Paulo/SP, Belo Horizonte/MG, Uberlândia/SP, Ribeirão Preto/SP e Goiânia/GO).

Além de possuir intensa atividade sucroenergética, principalmente desde 2000 devido à instalação de duas usinas de cana de açúcar e ampliação de outras três usinas em cidades vizinhas (SILVA; VINHA, 2020). Juntamente com essa expansão do agronegócio açucareiro, a cidade apresenta expressivas atividades relacionadas à pecuária bovina de corte na cidade (SANTOS, 2018). Apesar de economicamente viável o crescimento do agronegócio, de modo a gerar empregos e movimentando o capital interno de Uberaba, o crescimento desenfreado do plantio de monocultura sem adoção de técnicas sustentáveis, acrescidos à intensificação da urbanização, apesar de ter tornado esta cidade um polo dinâmico do agronegócio no país, acarretou também na intensificou a supressão de vegetação nativa desta região.

3.2. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

O sistema de plantio convencional é uma técnica já ultrapassada em questões sustentáveis e de melhoria do solo (IPBES, 2019) e, comparando este sistema com o sistema de plantio direto (SPD), como apresentado em diversas literaturas com estudos de longo prazo, o SPD melhora as condições do solo, minimizando a degradação acarretada por técnicas convencionais, além de ser um potencial redutor dos custos destes processos agrícolas (CHEN et al., 2017; BELLÉ; SCHENATTO; GUADAGNIN, 2023).

O Sistema de Plantio direto (SPD) surgiu em 1950 na Inglaterra e nos Estados Unidos como uma forma de manejo conservacionista do solo, que prevê ausência ou mínimo de revolvimento do solo, rotação de culturas, cobertura com palhada, que melhora os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (SOARES et al., 2019), além da redução na utilização de máquinas agrícolas.

No Brasil essa técnica começou com os agricultores do Paraná há quase 50 anos na tentativa de amenizar o grande problema de erosão que assolava o estado (MOTTER; ALMEIDA, 2015; ANDRADE, 2018). Esta prática conservacionista mostrou ser promissora no controle da erosão e como um sistema de produção mais sustentável, com isso começou expandir pelas regiões brasileiras a partir da década de 1970, acompanhando a modernização que introduzia novas técnicas na agricultura (LEVANDOSKI, 2018), e atualmente atinge cerca de 33 milhões de hectares no país (FEBRAPDP, 2022).

Nos últimos anos observa-se um grande aumento do SPD nas áreas de cultivadas na região norte do país (FEBRAPDP, 2021), acompanhado também de uma crescente na produção de alimentos no país. É observado na literatura que o SPD favorece de diversas formas o solo, desta forma, a fauna invertebrada do solo e da serapilheira tendem a mostrar-se mais abundantes e diversa, sendo um importante fator para a manutenção do solo de diversas maneiras (ROBERTSON et al., 1994; LIMA et al., 2019).

Este sistema reúne diversas abordagens que visam minimizar o impacto do solo e a perda da matéria orgânica, desta forma, é, em potencial, uma técnica para recuperar solos degradados (ANDRADE et. al, 2018). Além disso, ao SPD tende a aumentar a diversidade da fauna invertebrada do solo que estabiliza as características químicas e físicas do substrato (MOTTER; ALMEIDA, 2015; SILVA et al., 2022), favorece a conservação de água no solo (SILVA et al., 2022), estimula a fixação de nitrogênio, reduz o impacto térmico sob o solo – principalmente devido à palhada orgânica – e aumenta a umidade (BRUNO et. al, 2017; SILVA et al., 2022) e auxilia na redução de insumos sintéticos (LIMA et al. 2014, NICHOLLS et al. 2019).

Quanto a serapilheira, uma das características do SPD, ao entrar em decomposição passa a transferir os nutrientes para o solo de modo a protegê-lo e também fornece matéria orgânica para os organismos vegetais e animais do solo. É importante que se estude o sistema de plantio direto juntamente à macrofauna, pois, a partir dos nutrientes advindos da palhada, a fauna do solo promove diversas alterações químicas, físicas e biológicas, podendo promover melhoras a este substrato (LIU et al., 2017)

No que se refere a estudos mais recentes sobre Sistema de Plantio Direto em hortaliças (SPDH), apesar de ainda insuficientes, a tendencia dos pesquisadores é indicarem este sistema conservacionista tendo em vista o consumo final do alimento pelos seres humanos, visto que as altas taxas de pesticidas e agrotóxicos utilizadas em sistemas convencionais são comprovadamente prejudiciais à saúde (BELLÉ; SCHENATTO; GUADAGNIN, 2023).

Estudar o solo e prezar por sua conservação é essencial quando se refere a subsistência alimentar, mas também na emissão de gases, visto que é o maior reservatório de carbono da terra (CHENU et al., 2019). Implementar o SPD é também importante pois pode aumentar os estoques de carbono do solo (TORRES et al., 2019) e aumentar a biomassa microbiana (BARBIERI et al., 2019), além de evitar processos de compactação, erosão e lixiviação, frequentes em sistemas de plantio convencional onde há revolvimento do solo, intensa utilização de máquinas e solo descoberto (BARETTA et al., 2006, FIGUEIREDO et al., 2017).

Corroborando com os benefícios do SPD citados anteriormente, um relato de experiência realizado com brócolis e couve-flor em SPDH na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, demonstrou que o sistema de plantio direto em hortaliças é viável para aumentar o estoque de carbono do solo, além de ter se mostrado um sistema de proteção quanto a erosão comum da área, redução do consumo de água e da necessidade de agroquímicos em comparação ao plantio convencional. Ademais, não apenas os pesquisadores perceberam o potencial do SPDH, como também os agricultores locais, observando que houve uma produção comercial viável (ALMEIDA et al., 2020).

3.3. FAUNA INVERTEBRADA

O solo é habitat de milhões de organismos, entre os quais a fauna invertebrada é considerada um grupo extremamente importante para os processos de decomposição, mineralização e ciclagem de nutrientes. Fauna do solo é o termo utilizado para denominar os invertebrados que vivem por pelo menos um estágio de vida no solo e na serapilheira (AQUINO; MENEZES; QUEIROZ, 2006).

Estes organismos são sensíveis às alterações no solo e reagem de formas diferentes em diferentes tipos de manejo e formas de uso do solo (CASARIL et al., 2019) então, da mesma forma que podem promover melhorias nas propriedades do solo, são influenciadas pelas alterações do mesmo (FERREIRA et al., 2019). Desta forma, este grupo é um bioindicador de qualidade do solo e, quanto maior sua quantidade e diversidade, melhor a qualidade e/ou manejo do solo (NUNES et al., 2019).

Os invertebrados do solo são classificados por táxons e/ou grupos funcionais (SILVA et al., 2019). Estes grupos podem ser classificados a partir da atividade que realizam e diâmetro corporal, setorizando a fauna invertebrada em três grandes grupos: microfauna, que são os organismos menores do que 0,2 mm de diâmetro, mesofauna, entre 0,2 mm e 2 mm de diâmetro

e a macrofauna, organismos maiores do que 2 mm de diâmetro, podendo chegar a metros de comprimento) (ANDERSON, 1988; BROWN et al., 2015).

A microfauna, como os protozoários, rotífera e nematoides (SWIFT et al., 1979), regula as populações de bactérias e fungos devido à fragmentação de detritos (BENAZZI, 2013) e ingestão dos mesmos (MARION, 2011), desta forma, auxiliam na ciclagem de nutrientes (NUNES, 2019). Esta microfauna pode capturar e imobilizar nutrientes na biomassa microbiana, além de modular a intensidade do processo de mineralização, alterando indiretamente a composição e estrutura do solo (CORREIA; OLIVEIRA, 2000; NEHER. WEICHT; BARBERCHECK, 2012).

A mesofauna, representadas pelos ácaros, proturos, colêmbolos e pequenos insetos (SWIFT et al., 1979; CORREIA; OLIVEIRA, 2000), são organismos capazes de fragmentar detritos, até mesmo definindo o tamanho das partículas do solo em certos locais, também regulam as populações de microfauna e fungos, a partir da ingestão destes, direta ou indiretamente, por sua alimentação. Podem alterar a ciclagem de nutrientes e promover fragmentação de detritos vegetais e habitam em poros no solo, porém, apesar de serem capazes de gerar bioporos, não são hábeis para criar galerias próprias, (SWIFT et al., 1979; CORREIA; OLIVEIRA, 2005), desta forma são diretamente afetados por mudanças no solo, como compactação e erosão (HEISLER; KAISER, 1995, AQUINO; MENEZES; QUEIROZ, 2006)

De acordo com a classificação de Swift et al. (1979), a macrofauna é composta por oligochaeta, gastrópode, insecta, aracnídeos, malacostraca, myriapoda, diplopoda e chilopoda (SOUZA, et al., 2015). Estes grupos possuem um papel fundamental na qualidade edáfica e no funcionamento de todo o microecossistema do solo, pois através de sua alimentação e escavação eles fragmentam detritos do solo, criam galerias subterrâneas realizam associação simbiótica com microrganismos, controlando a população destes (COYLE et al., 2017).

A macrofauna abrange mais de 20 grupos taxonômicos, entre eles estão as minhocas, cupins, formigas, centopeias, piolhos de cobra, baratas, aranhas, tesourinhas, grilos, caracóis, escorpiões, percevejos, cigarras, tatuzinhos, traças, larvas de mosca e de mariposas, larvas e adultos de besouros, e outros animais, que podem ser consumidores de solo (geófagos), partes vivas das plantas (fitófagos), matéria orgânica do solo (humívoros), serapilheira (detritívoros), madeira (xilófagos), raízes (rizófagos), outros animais (predadores, parasitas, necrófagos) e fungos (fungívoros) (BROWN et al., 2015).

A fauna invertebrada do solo, além de atuar como controle biológico de fungos e bactérias (BERUDE et al., 2015), exerce funções na ciclagem de nutrientes e também

transformação da matéria orgânica, de modo a alterar as características físico-químicas do solo (LAVELLE et al., 1997; LAVELLE et al., 2006). Também influenciam na agregação do solo (BARETTA et al., 2011), modulam atividades hidráulicas e de trocas gasosas, isto é, este grupo é um fator de reestabelecimento de solos degradados e um importante fator para manutenção da qualidade do solo (LAVELLE; SPAIN, 2001; SNYDER; HENDRIX, 2008).

O presente estudo foi realizado no Cerrado Mineiro, sendo que esta é uma área que está em permanente declínio de sua diversidade vegetal, devido ao crescimento das áreas para produção agrícola e pastagens, onde predominam solos com baixo teor de matéria orgânica, que tende diminuir mais ainda dependendo do manejo do solo utilizado, desta forma, a abundância e a diversidade da fauna invertebrada são diretamente afetadas, prejudicando o substrato e dificultando seu uso, seja para reestabelecimento florestal a partir de sucessões ou para plantio ou replantio (PESSOTTO et al., 2020). Sabe-se que a fauna invertebrada é diretamente influenciada pelo tipo de manejo utilizado (FERREIRA et al., 2019), entretanto, sabe-se também que o sistema de plantio direto promove melhorias nos atributos do solo, devido ao aporte contínuo de matéria orgânica ao sistema, que é a principal fonte de alimentos deste organismos, com isso a quantidade e a diversidade de organismos do solo é afetada diretamente.

Neste contexto, estudar os sistemas de manejo e associar a fauna edáfica presente no solo pode gerar informações importantes sobre a qualidade do solo decorrente do manejo utilizado, com isso a fauna edáfica pode ser utilizada como um indicador da qualidade do solo, na busca de um sistema de manejo mais sustentável.

4. MATERIAL E MÉTODOS

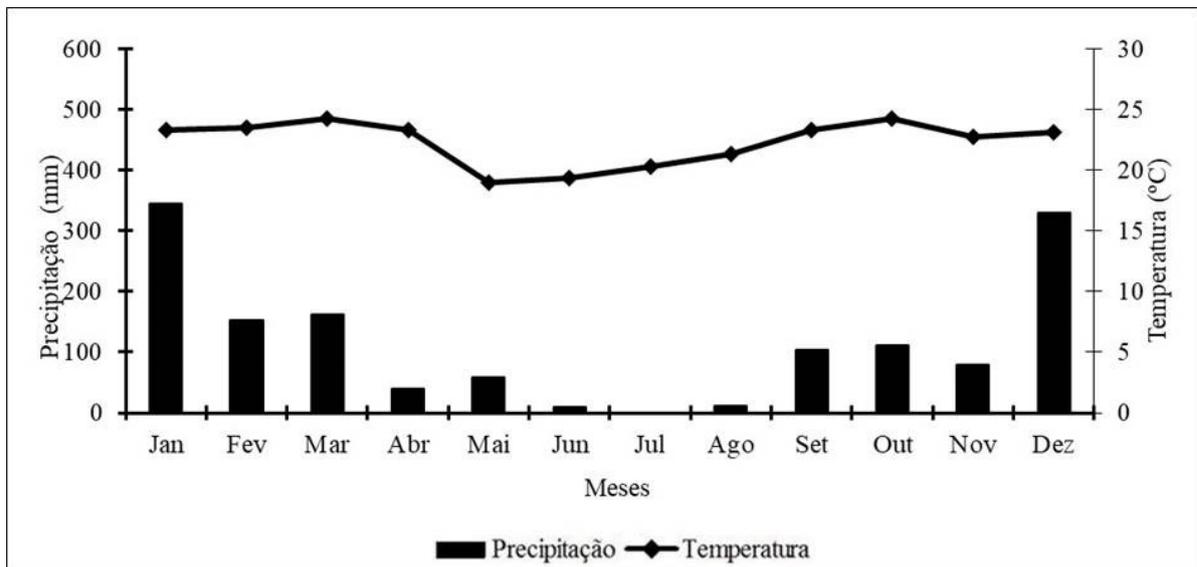
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado na área experimental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) *Campus* Uberaba (MG), que fica localizado entre as coordenadas geográficas 19°39'42" de latitude Sul, de longitude oeste 47°57'55" e na altitude é aproximadamente 797 m. As amostras para quantificação da macrofauna foram coletadas entre final de maio e junho (período seco) (1ª coleta) e entre novembro/dezembro (período chuvoso) (2ª coleta), no ano de 2022, quando a área experimental estava no quarto ano sob o sistema de plantio direto de hortaliça (SPDH).

Nesta área experimental no segundo semestre de 2022, antes de implantar o estudo em questão, haviam sido cultivadas sete diferentes coberturas vegetais, sendo elas: braquiária (B), milho (M), crotalária (C), B+M, B+C, M+C e B+M+C). Após terem sido manejadas (dessecadas quimicamente) foram transplantadas as mudas de brócolis para as covas confeccionadas sobre os resíduos vegetais destas coberturas, com quatro diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. Logo após a colheita das brassicas foram realizadas as coletas de serapilheira e solo utilizadas para quantificação da macrofauna.

O clima da região é caracterizado como Aw, tropical quente, caracterizado pelo verão quente e úmido e o inverno frio e seco, segundo a classificação Koppen atualizada (BECK et al., 2018). A precipitação pluviométrica acumulada dos meses de maio e junho (1ª coleta) e de novembro e dezembro (2ª coleta) foi de 68 e 408,2 mm e, a temperatura média no mesmo período de 19 e 23 °C, respectivamente (INMET, 2022) (Figura 1).

Figura 1. Gráfico de temperatura (°C) e pluviometria (mm), a partir de dados disponíveis do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 2022. Fonte: INMET (2023).



O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (SANTOS et al., 2008), textura franco arenosa, apresentando na camada arável de 0 a 20 cm: 210 g kg⁻¹ de argila, 720 g kg⁻¹ de areia e 70 g kg⁻¹ de silte, 5,9 de pH em H₂O; 14,7 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1); 112 mg dm⁻³ de K⁺; 1,1 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 0,4 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 1,7 cmol_c dm⁻³ de H+Al e 10,34 g kg⁻¹ de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica de 3,49 cmol_c dm⁻³, soma de bases (SB) de 1,78 cmol_c dm⁻³ e a saturação por bases (V%) de 51%.

4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, onde foram avaliadas três áreas com diferentes coberturas vegetais: 1 – Milheto ADR 500 (M) (*Pennisetum glaucum*); 2 - Crotalária (C) (*Crotalaria spectabilis*); 3 – Mata nativa (Fragmento de mata em regeneração natural há mais de 20 anos); em duas épocas do ano: 1 – Período seco (maio/junho); 2 – Período chuvoso (novembro/dezembro), com 5 repetições.

4.3. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Na área experimental antes da coleta de amostras para quantificação da macrofauna havia sido cultivadas duas coberturas vegetais para produção de palhada, sendo elas: milheto ADR 500 (M) (*Pennisetum glaucum*) e crotalária (C) (*Crotalaria spectabilis*) em cultivo

isolado, semeadas com a semeadora marca Semina 2, com 5 linhas espaçadas de 0,20 m, com 50, 20 e 50 sementes por metro nas plantas em cultivo isolada.

Estas plantas foram cultivadas por aproximadamente 100 dias, quando mais de 50% destas plantas havia atingido o máximo florescimento. Ao atingir este estágio de desenvolvimento, estas plantas foram manejadas quimicamente, utilizando-se o princípio ativo Sal de Amônio de Glifosato 792.5 g kg⁻¹ (nome comercial Roundup WG), Sal de dimetilamina do ácido diclorofenoxiacético 840 g L⁻¹ (nome comercial 2,4-D ®), na dose de 2 kg ha⁻¹ e 2 L ha⁻¹ do produto comercial, respectivamente.

Após terem sido manejadas, foi feito o coveamento em toda a área, a seguir as mudas de brócolis foram transplantadas sobre os resíduos vegetais, com quatro diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura.

Antes da implantação das plantas de cobertura e do cultivo de brócolis, foi realizada a correção do solo com calcário dolomítico, aplicando-se 550 kg ha⁻¹ de calcário com a seguinte composição química: 36,4% de óxido de cálcio, 44% de óxido de magnésio, 99,87% de poder de neutralização (PN) e 90,28% de poder relativo de neutralização total (PRNT), para elevar a saturação de bases (V%) a 70%, de acordo com Ribeiro et al. (1999).

4.4. AMOSTRAGEM DA MACROFAUNA INVERTEBRADA

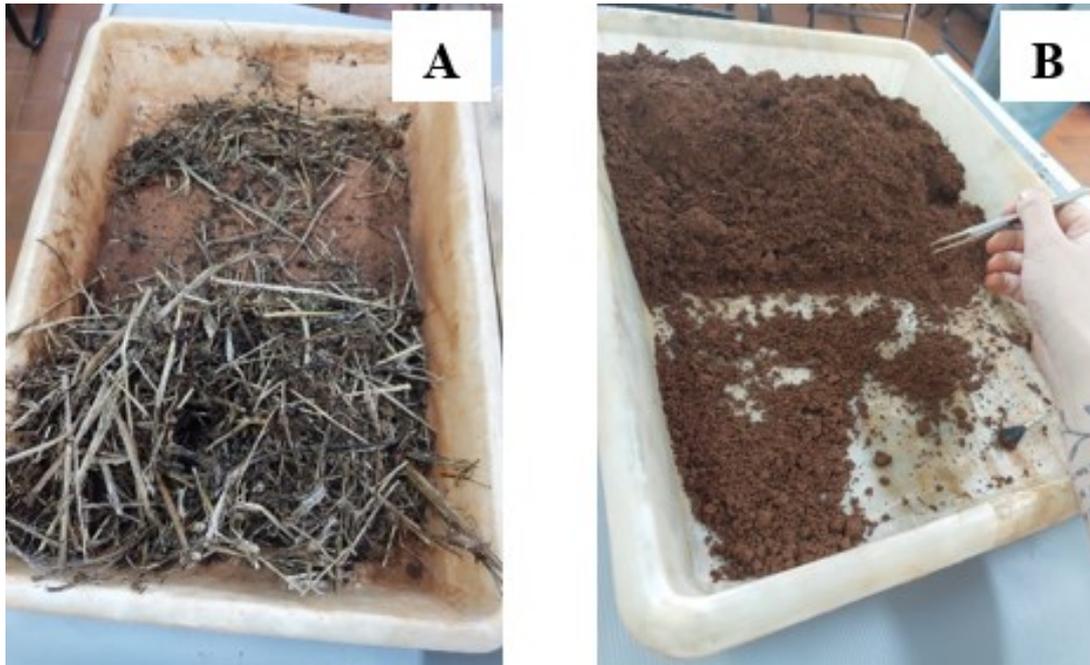
A amostragem para identificação da macrofauna invertebrada do solo foi realizada utilizando a metodologia proposta pelo programa *Tropical Soil Biological and Fertility* (TSBF), descrita por Anderson e Ingram (1993) e adaptada por Aquino (2001), que consiste na retirada de monólitos de solo, para a captura manual dos invertebrados.

Em cada área de estudo, no período seco e no chuvoso, foi coletada toda a serapilheira existente na superfície do solo em uma área amostral de 50 x 50 cm, a seguir, neste mesmo local, foram coletadas amostras de solo em uma área amostral delimitada por um gabarito metálico de 25 x 25 cm, na profundidade de 10 cm, sempre no período da manhã, entre 8:00 e 9:00 horas.

A serapilheira foi colocada em bandejas de plástico brancas, onde foi feito a catação manual da fauna a olho nu (Figura 2A), mesmo procedimento feito para as amostras de solo (Figura 2B), ambos realizados no Laboratório da área de Manejo e conservação do solo. Os indivíduos foram coletados e conservados em solução de álcool 70% (AQUINO, 2001), posteriormente foram levados para Laboratório de Entomologia do IFTM, onde foi utilizado o

microscópio estereoscópio binocular para auxiliar a identificação dos organismos ao nível de grandes grupos taxonômicos, em geral de classe e ordem, de acordo com as descrições fornecidas por Borror e DeLong (1988) e Pereira et al. (2018).

Figura 2. Triagem dos organismos na serapilheira (A) e nas amostras de solo (B) coletadas a 10cm de profundidade.



4.5. CÁLCULO DOS ÍNDICES DE SHANNON E PIELOU

A densidade da fauna foi definida a partir do número de indivíduos coletados por metro quadrado (Ind m^{-2}). Para comparação das comunidades das áreas foi determinada a riqueza total, que representa o número de grupos presentes em cada área, a riqueza média que determina o número médio de grupos presentes em cada amostra.

Foi calculado o índice de diversidade de Shannon (H), o qual será utilizado para comparar a diversidade entre os grupos taxonômicos, é calculado pela seguinte equação 1.

$$\text{Índice de Shannon (H)} = \sum \text{pi} \cdot \text{Log pi}, \text{ em que } \text{pi} = \text{ni}/\text{N}. \quad \text{Equação 1}$$

Onde o: ni = densidade de cada grupo; N = Somatório dos números de indivíduos de cada grupo (m^{-2})

Também foi calculado o índice de equitabilidade ou índice de Pielou pela equação 2, que mostrará se há diferença na abundância entre os grupos taxonômicos, sendo que: e = 1

representa a máxima diversidade, ou seja, os grupos de invertebrados do solo são igualmente abundantes nas áreas de estudo, de acordo com Odum (1988).

$$e = H/\log R$$

Equação 2

Sendo:

R = riqueza, representada pelo número de grupos taxonômicos;

H = índice de Shannon.

4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram testados quanto à normalidade dos resíduos e a homocedasticidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. As variáveis que não atenderam aos pressupostos da análise de variância foram submetidas a análise não-paramétrica, a qual foi realizada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Além disso, foram realizadas análises de componentes principais (ACP) com base na matriz de correlação de Pearson a partir dos dados avaliados, para os dois compartimentos e períodos de coletas.

As análises estatísticas foram realizadas pelo Software R (R Core Team, 2020) com auxílio dos pacotes “*Openxlsx*” e “*ExpDes.pt*”. A análise de componentes principais (ACP) por meio do pacote “*Ggplot2*”.

5 RESULTADOS

Na coleta de serapilheira nas áreas de plantio que ocorreu no período seco, a densidade de organismos foi de 2295,7 Ind m⁻², destes 1297,3 Ind m⁻² foram observados na área com resíduos de crotalária, 841,4 Ind m⁻² na área de milho e 157 Ind m⁻² na de mata nativa, que estavam distribuídos em 17 grupos (Tabela 1).

Ao analisar os índices calculados da serapilheira a partir da densidade populacional para o período seco, observou-se que a área com resíduos de crotalária apresentaram valores de riqueza total, índice de Shannon e Pielou de 30, 34 e 21% e o milho de 40, 51 e 33% superiores aos índices obtidos da mata nativa, respectivamente. Esta mata nativa, onde predominaram os grupos Formicidae e Heteroptera, apresentou densidade de organismos no solo inferior às outras áreas avaliadas.

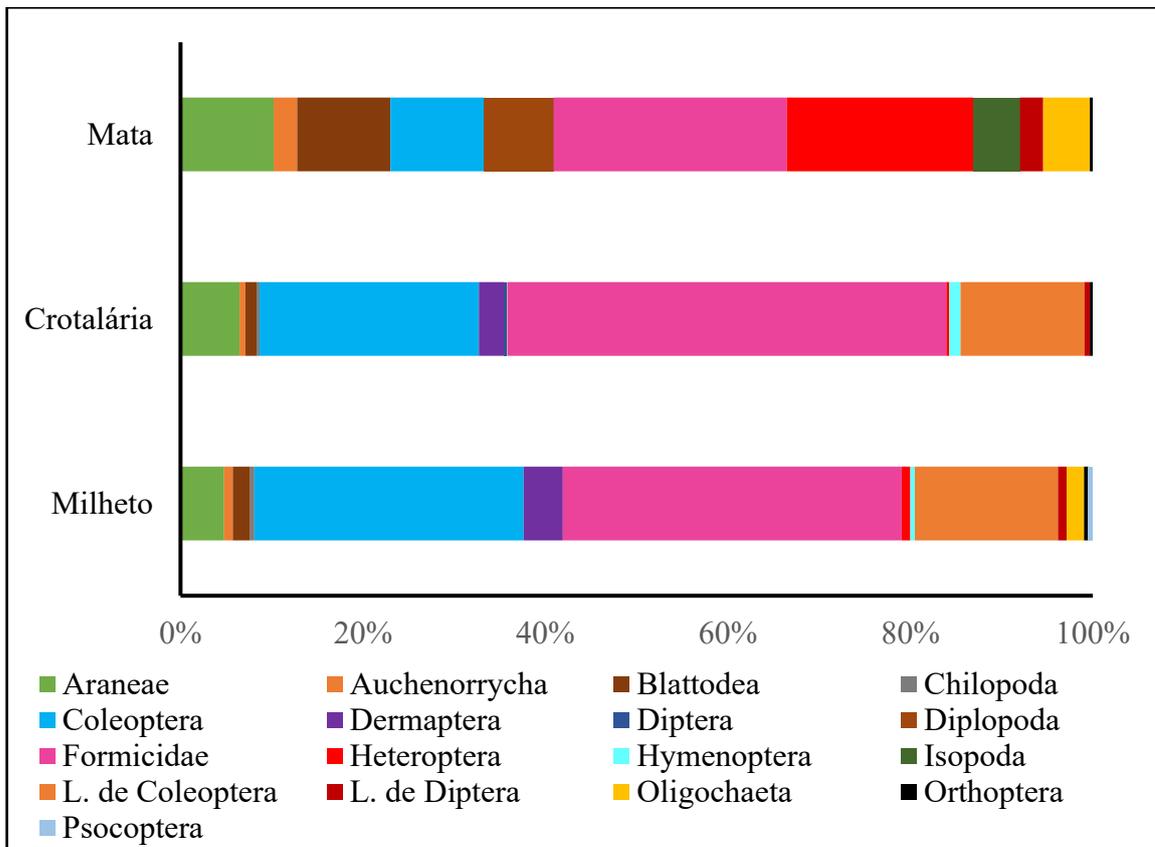
Tabela 1. Densidade de indivíduos (Ind m⁻²), riqueza total, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da macrofauna invertebrada na serapilheira nas áreas com resíduos vegetais de diferentes coberturas, no período seco, em Uberaba, MG.

Grupos	Serapilheira		
	Crotalária	Milheto	Mata nativa
Ind m ⁻²		
Araneae	84,1±12	40,1±21	16,1±6
Auchenorrycha	8,1±8	8,1±8	4,1±4
Blattodea	16,1±6	16,1±11	16,1±9
Chilopoda	4,1±4	4,1±4	--
Coleoptera	312,1±25	248,1±50	16,1±11
Dermaptera	36,1±15	36,1±8	-
Diplopoda	--	--	12,1±8
Diptera	4,1±4	--	--
Formicidae	624,1±456	312,1±148	40,1±25
Heteroptera	4,1±4	8,1±5	32,1±6
Hymenoptera	16,1±6	4,1±4	--
Isopoda	--	--	8,1±8
L. de Coleoptera	176,1±50	132,1±50	--
L. de Diptera	8,1±5	8,1±5	4,1±4
Oligochaeta	--	16,1±6	8,1±8
Orthoptera	4,1±4	4,1±4	--
Psocoptera	--	4,1±4	--
Total	1297,3±599	841,4±328	157±89
Riqueza total	13,00	14,00	10,00
Shannon	2,14	2,40	1,59
Pielou	0,58	0,64	0,48

*Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste kruskal-wallis (p<0,05). L.= Larva.

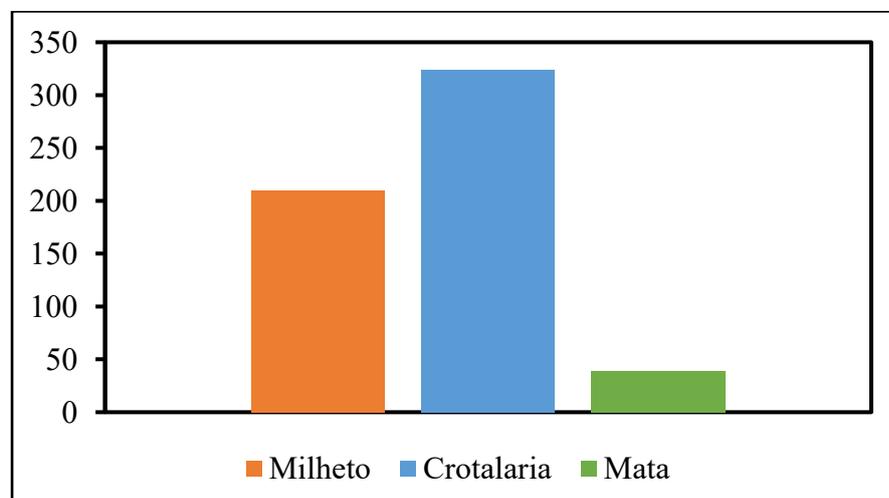
Ao analisar a frequência relativa dos grupos de organismos na serapilheira para o tratamento milho observou-se três grupos destacaram-se: Formicidae (37%), Coleoptera (29%) e Larva de Coleóptera (15%). No tratamento com crotalária os mesmos grupos se destacaram, porém, com uma frequência relativa de 48, 24, e 13% respectivamente, sendo que o grupo Larva de Coleoptera e Dermaptera foram observados somente nas áreas com resíduos de milho e crotalária. Enquanto na Mata, os grupos que se destacaram foi Formicidae (25%), Heteroptera (20%) e Coleóptera (10,26%) (Figura 3).

Figura 3. Frequência relativa (%) dos grupos na serapilheira, no período seco (mai/jun), em Uberaba, MG.



Quanto a abundância, foi quantificado 534 indivíduos da macrofauna nos tratamentos, sendo 210 no milho e 324 na crotalaria e, na mata foi observado um total de 39 indivíduos, sendo que Diplopoda e Isopoda foram observados apenas na área de referência (Figura 4).

Figura 4. Abundância de indivíduos na serapilheira (período seco).



Com relação a densidade de organismos coletados no solo no período seco, observou-se um total de 1608 Ind m⁻², sendo que 776 Ind m⁻² na área com resíduos de crotalária, 768 Ind m⁻² na área de milho e 64 Ind m⁻² na de mata nativa, que estavam distribuídos em 12 grupos taxonômicos (Tabela 2). Observou-se que, ainda que não tenha havido diferença com relação à densidade entre milho e crotalária, com exceção do Oligochaeta, o qual foi verificado apenas na serapilheira do Milho, as áreas de tratamento mostraram densidades superiores aos valores observados na mata nativa.

Tabela 2. Densidade de indivíduos (Ind m⁻²), riqueza total, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da macrofauna invertebrada no solo nas áreas com resíduos vegetais de diferentes coberturas, no período seco, em Uberaba, MG.

Grupos	Solo		
	Crotalária	Milho	Mata nativa
Ind m ⁻²		
Araneae	16,0 _{±6}	16,0 _{±11}	16,0 _{±9}
Blattodea	8,0 _{±8}	8,0 _{±5}	--
Coleoptera	112,0 _{±28}	116,0 _{±32}	8,0 _{±5}
Dermaptera	40,0 _{±21}	16,0 _{±4}	--
Formicidae	280,0 _{±97}	300,0 _{±90}	36,0 _{±36}
Heteroptera	4,0 _{±4}	--	4,0 _{±4}
Hymenoptera	--	4,0 _{±4}	--
L. de Coleoptera	136,0 _{±29}	148,0 _{±26}	--
L. de Diptera	12,0 _{±8}	32,0 _{±13}	--
L. de Lepidoptera	8,0 _{±8}	4,0 _{±4}	--
Oligochaeta	160,0 _{±62}	120,0 _{±46}	--
Orthoptera	--	4,0 _{±4}	--
Total	776 _{±271}	768 _{±235}	64 _{±54}
Riqueza	10,00	11,00	4,00
Shannon	2,44	2,42	1,59
Pielou	0,73	0,70	0,80

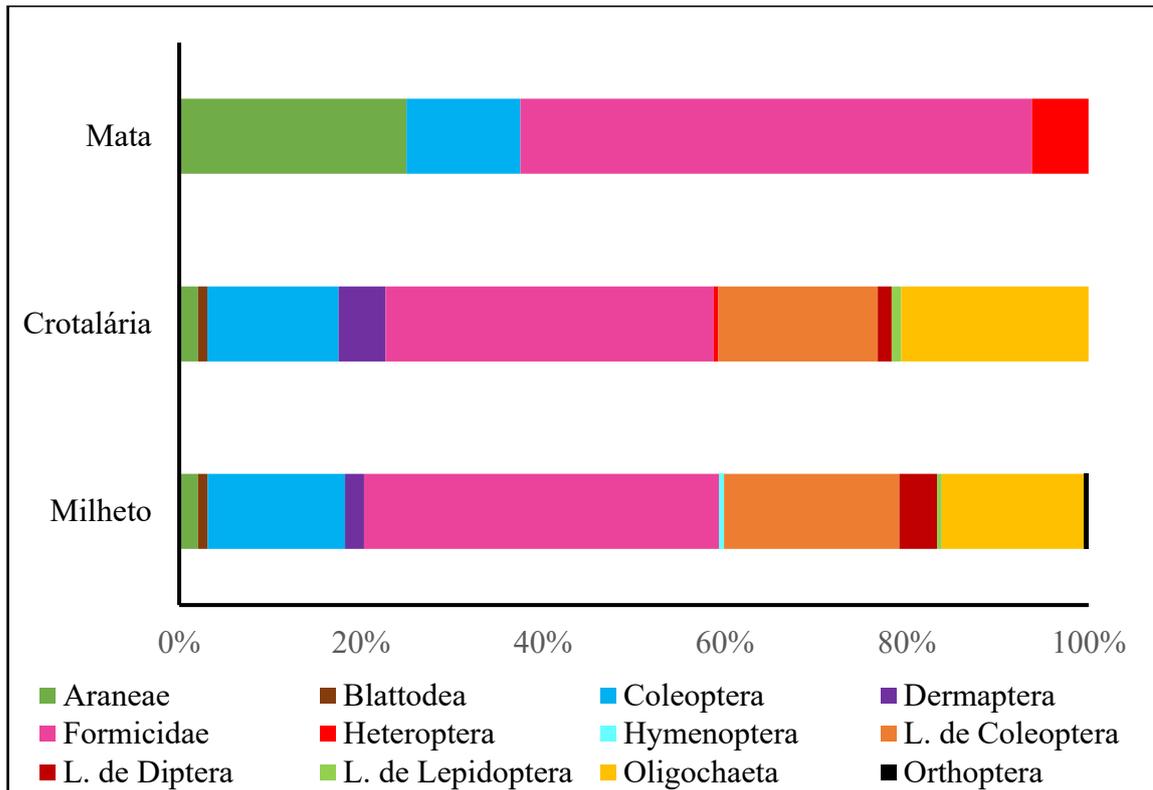
*Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste kruskal-wallis (p<0,05). L.= Larva.

Ao analisar os índices calculados da serapilheira a partir da densidade populacional para o período seco, observou-se que a área com resíduos de crotalária apresentaram valores de riqueza total, índice de Shannon e Pielou de 150 e 53% superior e 9% inferior e para o milho foi de 175 e 52% superior e 12% inferior aos índices obtidos da mata nativa, respectivamente.

Com relação a frequência relativa dos grupos de insetos no solo das três áreas em estudo no período seco, a maior ocorrência foi observada no grupo Formicidae, com um valor de mais de 35% em ambos os tratamentos, sendo no milho a segunda maior frequência representada pelo grupo Larva de Coleoptera (19%) e em terceiro lugar Oligochaeta (15%). Enquanto na

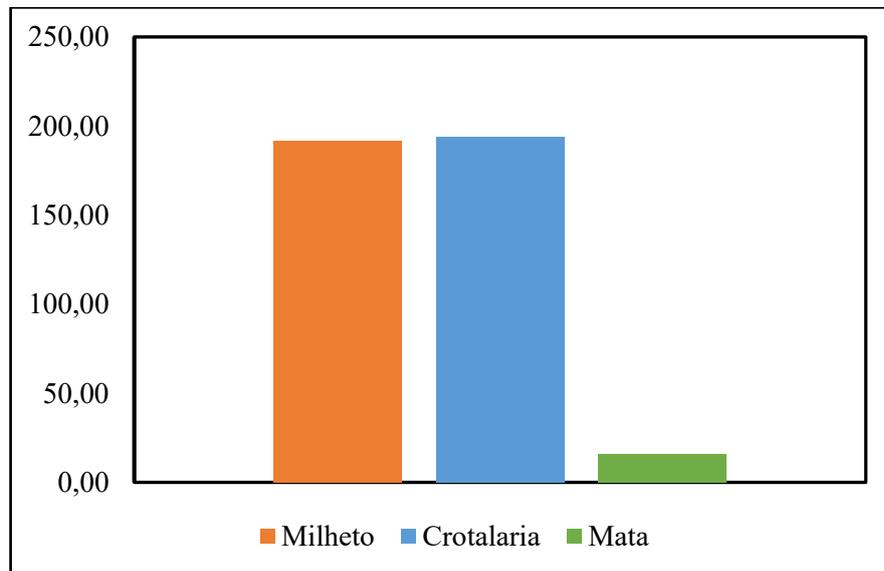
crotalária a segunda maior frequência diz respeito ao grupo Oligochaeta (20%) e em terceiro L. de Coleóptera (17%). Em relação a mata o grupo Formicidae foi o que apresentou maior frequência relativa (56%), seguido de Araenae (25%) e L. de Coleóptera (12%) (Figura 5).

Figura 5. Frequência relativa (%) dos grupos, no solo, no período seco (mai/jun), em Uberaba, MG.



Quanto a abundancia total de organismos nesta coleta da macrofauna invertebrada no solo das áreas de plantio, que ocorreu no período seco, foram observados um total de 386 organismos nas áreas de plantio, sendo 192 no milho e 194 para crotalária e em relação a coleta de solo da Mata neste mesmo período foram observados 16 organismos e vale ressaltar que grupo Oligochaeta não foi coletado em nenhum ponto da Mata neste período, mas foi observado nas áreas de plantio, 30 organismos no milho e 40 na crotalária, totalizando respectivamente mais de 15% e 20% do total para cada tratamento (Figura 6)

Figura 6. Abundância total de indivíduos no solo (período seco).



Nas coletas realizadas no período chuvoso, o número total de organismos contabilizados na serapilheira foi de 2021 Ind m⁻², sendo que 1132 Ind m⁻² foram verificados na área com resíduos de crotalária, 732 Ind m⁻² na área de milho e 276 Ind m⁻² na de mata nativa, que estavam distribuídos em 17 grupos taxonômicos e novamente não houve diferença entre os valores médios dos grupos nos tratamentos no período chuvoso (Tabela 3).

Os valores de riqueza total e os índices Shannon e Pielou calculados da serapilheira a partir da densidade de indivíduos para o período chuvoso, evidenciaram que a área com resíduos de crotalária apresentou o valor 180, 198 e 141% e o milho de 180, 453 e 236% superiores, quando comparados aos índices obtidos da mata nativa, respectivamente.

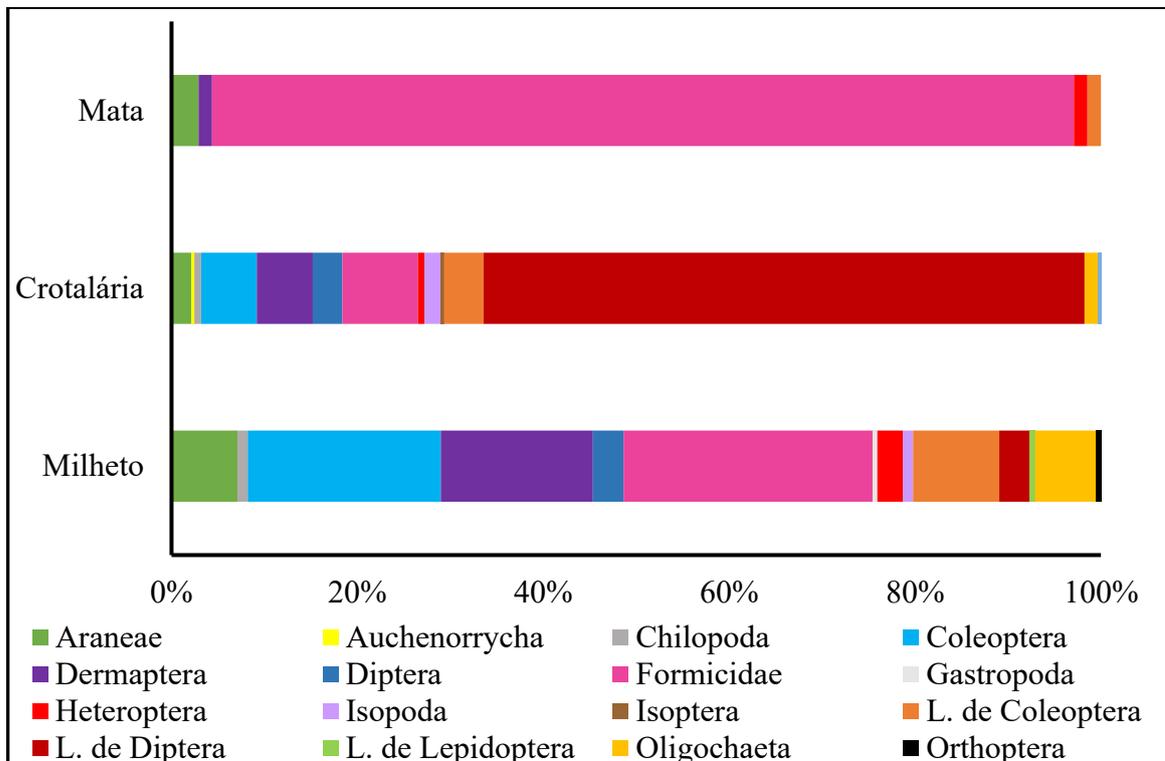
Ao analisar a frequência relativa dos grupos de insetos na serapilheira para crotalária três grupos se destacaram, Formicidae (26%), Coleóptera (21%) e Dermaptera (16%), enquanto para o tratamento milho as maiores frequências relativas foram observadas em L. de Diptera (66%), Formicidae (8%) e Dermaptera (6%). Quanto a mata a maior frequência também foi do grupo Formicidae (93%) (Figura 7).

Tabela 3. Densidade de indivíduos (Ind m⁻²), riqueza total, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da macrofauna invertebrada na serapilheira nas áreas com resíduos vegetais de diferentes coberturas, no período chuvoso, em Uberaba, MG.

Grupos	Serapilheira		
	Crotalária	Milheto	Mata nativa
Ind m ⁻²		
Araneae	24,0±10,3	52,0±30,9	8,0±4,6
Auchenorrycha	4,0±4,0	--	--
Chilopoda	8,0±8,0	8,0±8,0	--
Coleoptera	68,0±12,0	152,0±65,5	--
Dermaptera	68,0±23,9	120,0±36,1	4,0±4,0
Diptera	36,0±21,0	24,0±10,3	-
Formicidae	92,0±50,3	196,0±99,6	256,0±256,0
Gastropoda	--	4,0±4,0	--
Heteroptera	8,0±4,6	20,0±15,1	4,0±4,0
Isopoda	20,0±20,0	8,0±4,6	--
Isoptera	4,0±4,0	--	--
L. de Coleoptera	48,0±20,7	68,0±36,6	4,0±4,0
L. de Diptera	732,0±678,8	24,0±10,3	--
L. de Lepidoptera	--	4,0±4,0	--
Oligochaeta	16,0±9,2	48,0±37,5	--
Orthoptera	--	4,0±4,0	--
Psocoptera	4,0±4,0	--	--
Total	1132,0±870,8	732,0±366,5	276±272,6
Riqueza total	14,00	14,00	5,00
Shannon	2,03	2,82	0,51
Pielou	0,53	0,74	0,22

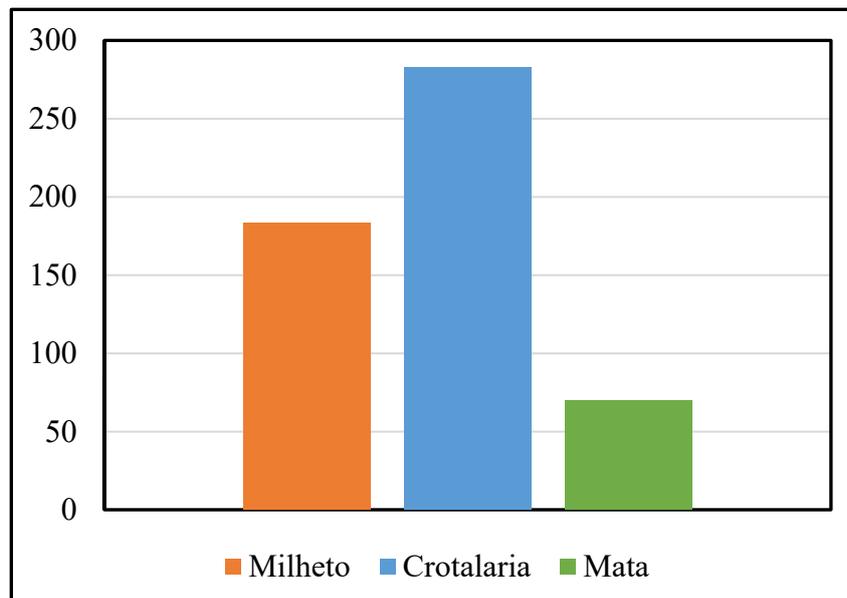
*Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste kruskal-wallis (p<0,05). L.= Larva.

Figura 7. Frequência relativa (%) dos grupos, na serapilheira, no período chuvoso (nov/dez), em Uberaba, MG.



No que se refere a abundância total da serapilheira que no período chuvoso, foram observados um total de 466 organismos nas áreas de plantio, sendo 183 no milho, 283 para crotalária e um total de 70 indivíduos na mata nativa (Figura 8)

Figura 8. Abundância de indivíduos na serapilheira (período úmido).



A densidade de organismos no solo nas coletas realizadas no período chuvoso totalizou 1892 Ind m⁻², sendo que 892 Ind m⁻² foram observados na área com resíduos de crotalária, 832 Ind m⁻² na área de milho e 168 Ind m⁻² na de mata nativa, que estavam distribuídos em 16 grupos taxonômicos (Tabela 4).

Tabela 4. Densidade de indivíduos (Ind m⁻²), riqueza total, índice de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou dos grupos da macrofauna invertebrada no solo nas áreas com resíduos vegetais de diferentes coberturas, no período chuvoso, em Uberaba, MG.

Grupos	Serapilheira		
	Crotalária	Milho	Mata nativa
Ind m ⁻²		
Araneae	20,0±7,7	12,0±7,7	4,0±4,0
Archaeognatha	4,0±4,0	--	--
Blattodea	--	4,0±4,0	--
Chilopoda	4,0±4,0	8,0±4,6	--
Coleoptera	56,0±27,3	92,0±27,2	--
Dermaptera	60,0±16,5	68,0±16,5	4,0±4,0
Diplopoda	4,0±4,0	--	4,0±4,0
Diptera	12,0±7,7	4,0±4,0	--
Formicidae	240,0±147,2	316,0±152,8	4,0±4,0
Heteroptera	32,0±9,2	20,0±12,0	--
Hymenoptera	4,0±4,0	4,0±4,0	--
Isopoda	--	--	144,0±114,26
L. de Coleoptera	172,0±39,40	192,0±64,3	4,0±4,0
L. de Diptera	172,0±172,0	--	--
Oligochaeta	112,0±23,5	112,0±32,7	--
Scorpionida	--	--	4,0±4,0
Total	892,0±466,5	832,0±329,8	168±134,3
Riqueza total	13,00	12,00	8,00
Shannon	2,83	2,56	1,39
Pielou	0,76	0,71	0,46

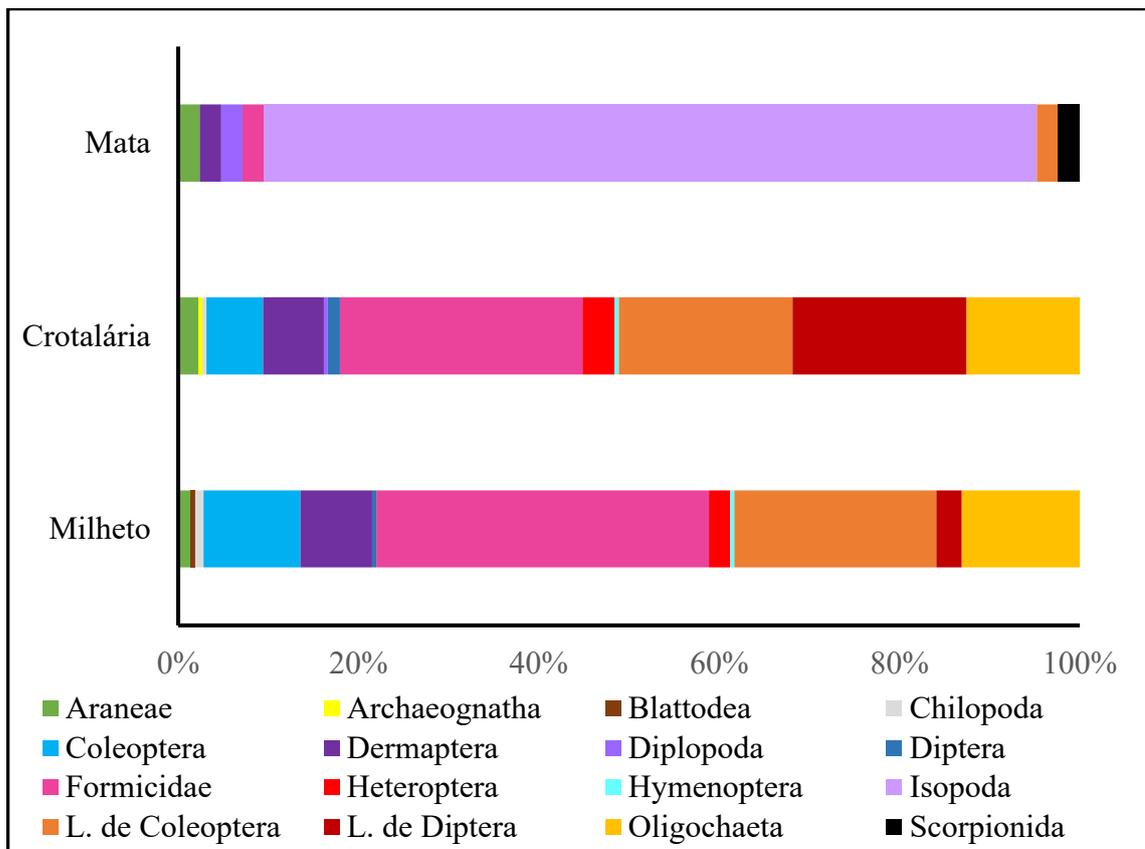
*Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste kruskal-wallis (p<0,05). L.= Larva.

Os valores de riqueza total, diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou calculados do solo a partir da densidade de indivíduos para o período chuvoso, mostraram que a área com resíduos de crotalária apresentou o valor 62, 104 e 65% e o milho de 50, 84 e 54% superiores, quando comparados valores obtidos da mata nativa, respectivamente.

A análise da frequência relativa dos organismos na coleta de solo realizada no período chuvoso, mostrou o grupo Formicidae destacou-se em ambos os tratamentos, representando 36% no milho e 26% na crotalária. Em relação ao milho a segunda maior frequência é referente ao grupo L. de Coleóptera (22%) e em terceiro lugar o grupo Oligochaeta (14%)

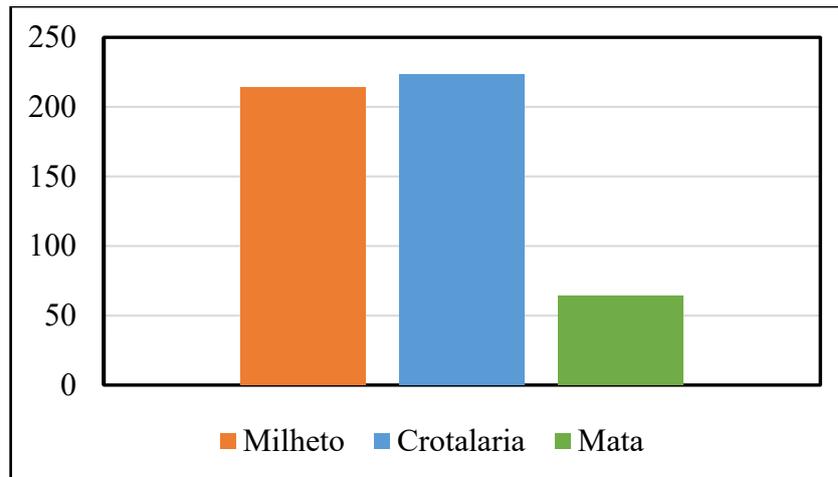
(Figura 9). Quanto a crotalária os outros dois grupos que se destacaram quanto a frequência foi L. de Diptera e L. de Coleóptera, representando 19% cada. Quanto a Mata foi observada uma abundância expressiva de Isopodas, grupo que aparece apenas nesta área durante essa coleta, totalizando 36 organismos que representam uma frequência relativa de mais de 85% dos indivíduos na área de referência (Figura 9).

Figura 9. Frequência relativa (%) dos grupos, no solo, no período chuvoso (nov/dez), em Uberaba, MG.



Quanto a abundância, foi contabilizado o total de 437 indivíduos nos tratamentos, sendo 214 no milho e 223 para crotalária e na coleta do solo da área de referência, a mata, foram observados 64 organismos. É importante ressaltar que foram verificados 28 indivíduos do grupo Oligochaeta no tratamento crotalária e também 28 no tratamento milho, totalizando 56 Oligochaetas em ambos os tratamentos para área de plantio na coleta de solo do período chuvoso, enquanto este grupo não foi observado na mata (Figura 10).

Figura 10. Abundância total de indivíduos (período úmido).



Por fim, embora não tenha sido observado diferenças entre os valores de Riqueza total, diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou, alguns organismos apresentaram níveis de abundância, densidade e frequência relativa significativos, além de serem de extrema importância para o solo, são eles: Formicidae, Coleóptera, Larva de Coleóptera, Oligochaeta e Larva de Diptera, bem com outros que, apesar de menos abundantes, também importantes, como: Araneae, Chilopoda, Diplopoda e Isopoda.

Por meio das análises de componentes principais (ACP) nos compartimentos serapilheira e solo, é possível verificar um padrão oposto no posicionamento das áreas de milho e crotalaria entre os períodos de amostragem com base nos organismos da macrofauna presentes. Na coleta do período seco, as áreas ficam agrupadas no mesmo quadrante (superior direito) para os organismos da serapilheira (Figura 11; Serapilheira 1 B); enquanto para os organismos do solo, as áreas encontram-se separadas ao longo do eixo principal (PC 44.4%) nos quadrantes superior direito para milho e inferior direito para crotalaria (Figura 11; Solo 1 B).

Já na coleta realizada no período chuvoso, o padrão se inverte, na qual as áreas de milho (quadrante superior direito) e crotalaria (quadrante inferior direito) estão separadas pelo eixo de maior relevância (PC 54.4%) com base na macrofauna da serapilheira (Figura 11; Serapilheira 2 B); em contrapartida, as mesmas áreas estão alocadas próximas no quadrante inferior direito por meio dos organismos do solo (Figura 11; Solo 2 B).

Figura 11. Análises de Componentes Principais (ACP) dos grupos da macrofauna invertebrada na serrapiheira e solo na coleta realizada no período seco, em Uberaba, MG.

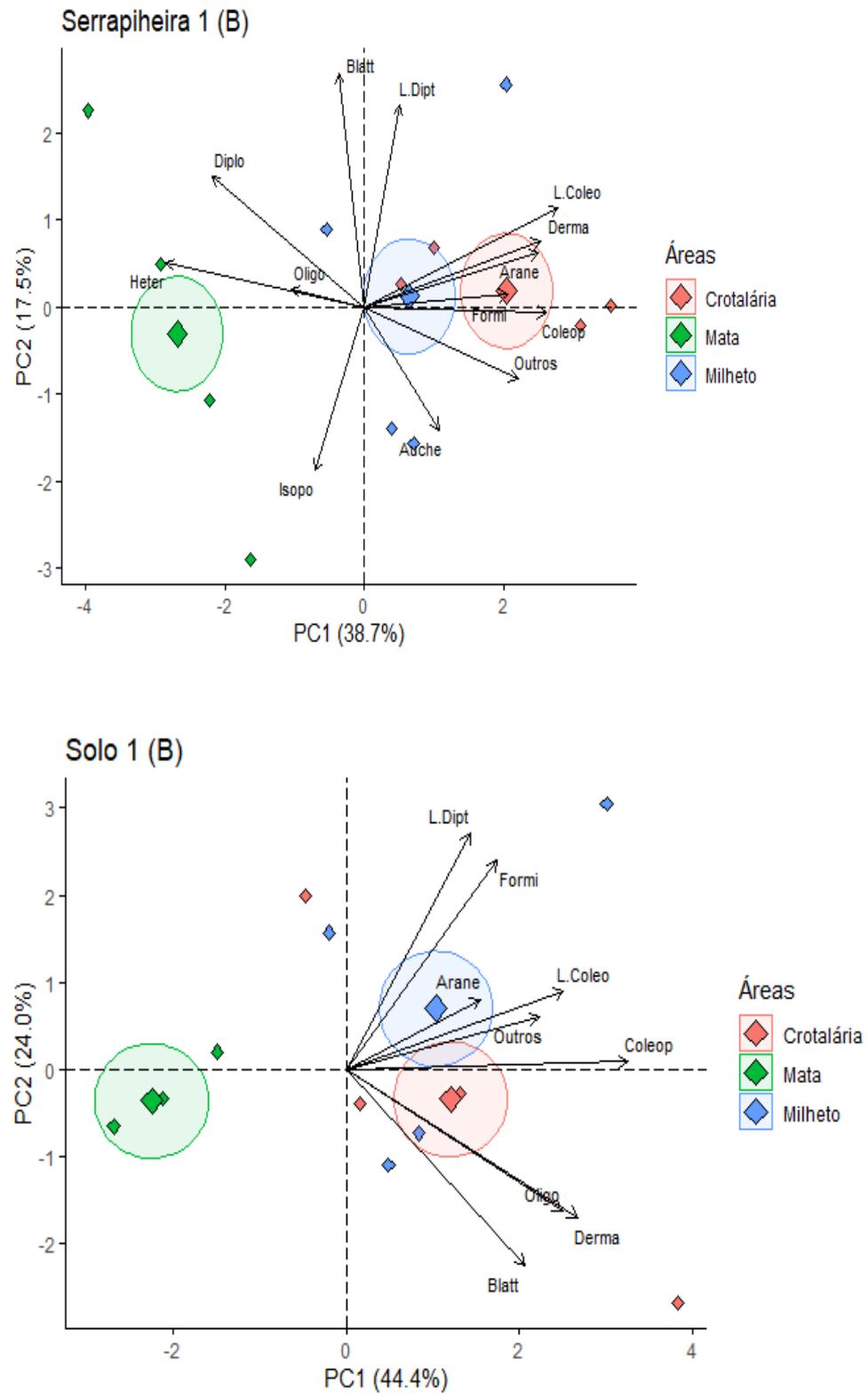
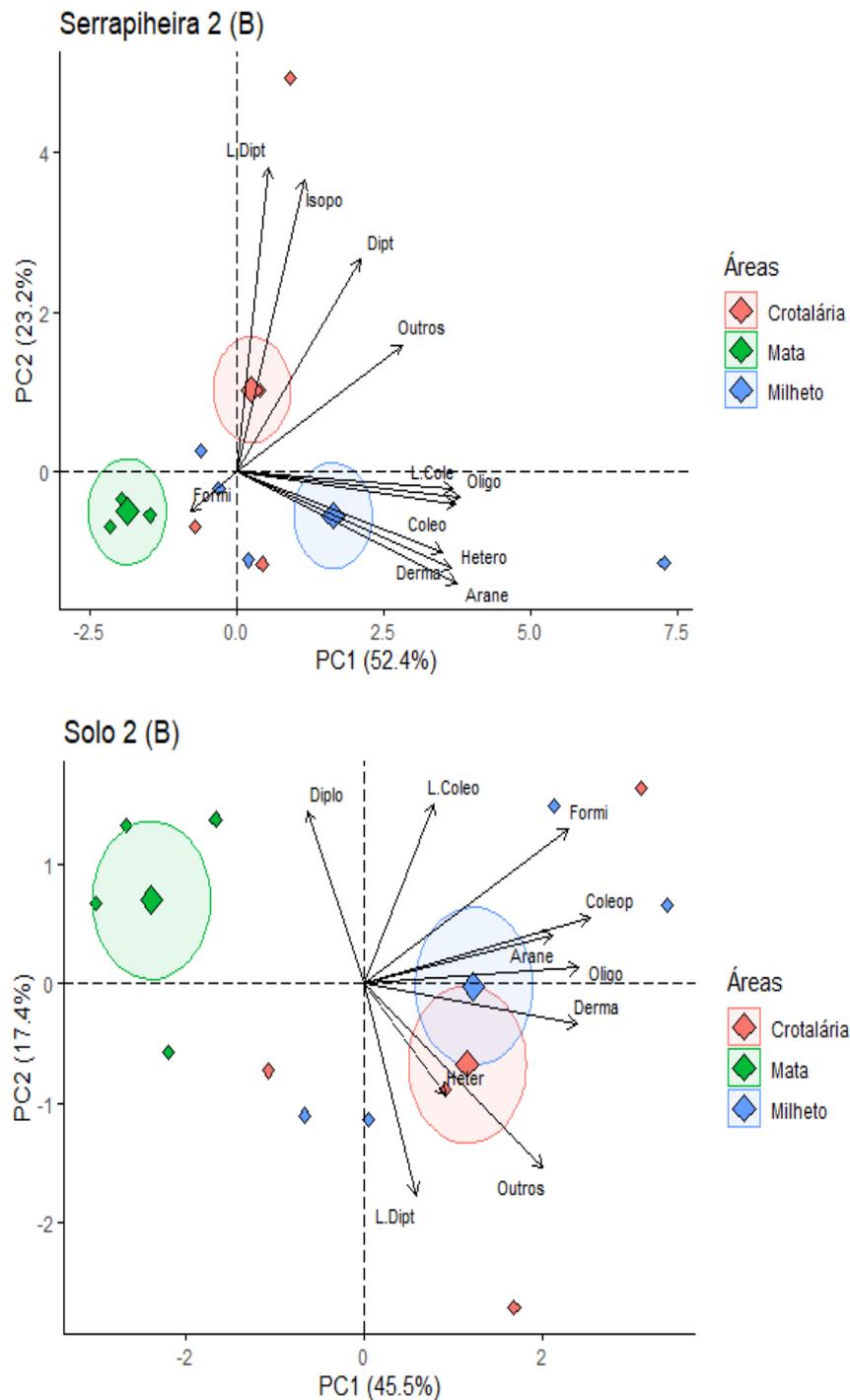


Figura 12. Análises de Componentes Principais (ACP) dos grupos da macrofauna invertebrada na serapilheira e solo na coleta realizada no período chuvoso, em Uberaba, MG.



6 DISCUSSÃO

A quantificação e identificação da macrofauna na serapilheira no período seco, nos tratamentos com plantas de cobertura, para o manejo do plantio direto, indicou que a crotalária

favoreceu a abundância de organismos neste período. Em relação ao milho foi verificado o grupo Oligochaeta, que não ocorreram na crotalaria, resultados semelhantes foram verificados por Vendruscolo et al. (2021) e Silva et al. (2019). A ocorrência desse grupo apenas na serapilheira do Milho, permite inferir que embora a coleta tenha ocorrido no período seco, o manejo com a irrigação, bem como as condições na serapilheira deste tratamento, favoreceu ao grupo.

Os Oligochaetas são considerados engenheiros do solo (MOREIRA et al., 2013; SOUZA et al., 2015), por atuarem em processos físicos e químicos do solo, como a quebra de agregados e a produção de excrementos ricos em nutrientes bem como são também influenciados pelas condições do solo. Ademais, os Oligochaetas participam da decomposição da serapilheira (LAVELLE et al., 2016) e considerando sua ocorrência apenas no milho, este fato pode estar relacionado as características da cultura, visto que o milho vem sendo amplamente utilizado no Cerrado, devido sua baixa demanda hídrica, deste modo, permitindo que o solo fique mais úmido, além de ser um bom produtor de massa seca e exigir baixa demanda nutricional, fatores que podem ter contribuído para a ocorrência de Oligochaeta na serapilheira deste tratamento (CARVALHO et al., 2022).

Ainda sobre a coleta de serapilheira no período seco, o grupo Formicidae, o qual foi observado em abundância em ambos os tratamentos (Tabela 1), de acordo com Lavelle et al. (2006) também faz parte do grupo funcional “engenheiros do solo” deste modo, são de extrema importância para diversos processos nos compartimentos serapilheira-solo (AQUINO; MENEZES; QUEIROZ, 2006; AMAZONAS et al., 2018).

Em seu estudo, Balin et al. (2017) e Santos (2018) também verificaram a abundância deste grupo independente da época do ano e tipos de manejo, e o trabalho de Amaral et al., (2019) constata que as formigas estão presentes em áreas com manejo que tendem a perturbar menos o ambiente e a serem mais preservados, assim pode-se considerar o manejo com Sistema de Plantio Direto. Vale ainda ressaltar que a constante abundância em quase todas as coletas, pode estar relacionado as condições do bioma Cerrado, que é considerado quente, e o fato do grupo Formicidae ser tolerante a temperaturas altas comparando com outros organismos do solo (LIMA et al., 2020).

No que se refere a Mata, área de referência, tanto na serapilheira como no solo, os valores observados de densidade, riqueza total, Shannon e Pielou foram menores do que nas áreas de plantio direto, podem indicar melhorias nas condições da qualidade do solo no SPD.

Porém, a ocorrência dos grupos e Diplopoda e Isopoda apenas na Mata na coleta do período seco é muito positivo, dada a importâncias desses grupos.

Os Diplopodas popularmente chamados de gongolos ou piolhos-de-cobra, são organismos detritívoros, sendo um dos principais decompositores da serapilheira (BUENO-VILLEGAS, 2012). Desta forma, ambientes mais preservados tendem a ter maior quantidade de serapilheira em decomposição, deixando o local propício para a ocorrência de fauna da serapilheira, como os Diplopodas, que se alimentam da serapilheira, atuando como agentes essenciais para a fertilização do solo (COSTA NETO, 2007).

Neste sentido, a diversidade e riqueza de plantas, bactérias e fungos são reguladores da população de Diplopodas e outros organismos da serapilheira, propiciando um ambiente mais favorável para o grupo, deste modo a mata nativa onde ocorreu o estudo, por estar em processo de regeneração natural há quase 24 anos propicia um ambiente mais conservado para tais organismos (BEZERRA; ANDRADE, 2021).

Os Isopodas são crustáceos verdadeiramente terrestres, sem carapaça denominados popularmente tatuzinho-de-jardim (AQUINO; MENEZES; QUEIROZ, 2006). Os Isopodas também são detritívoros (BROWN et al., 2001) e considerados decompositores primários (CORREIA; AQUINO; AGUIAR-MENEZES, 2008; DIXIE; WHITE; HASSALL, 2015), logo, estão intrinsicamente ligados a quantidade e qualidade da matéria orgânica (PEY et al., 2019), além de serem considerados como bioindicadores de qualidade, pois para além de sua relação com a matéria orgânica, são sensíveis a alterações climáticas (WOOD et al., 2012; CHÁVEZ-SUÁREZ, 2021).

Por terem uma alimentação baseada nos detritos vegetais estes organismos necessitam de um ambiente rico em matéria orgânica, desta forma, a Mata em regeneração natural se mostrou mais favorável para a ocorrência desse grupo, fato que corrobora com outros estudos, como de Menezes (2009), que observara que em ambientes florestais mais avançados os Isopodas tendem aparecer com maior frequência.

Na coleta da macrofauna invertebrada do solo realizada no período seco, observou-se uma redução na abundância de organismos comparando a serapilheira desta coleta, assim como no trabalho de Santos et al. (2018) que também observou maior abundância de organismos na serapilheira de diferentes tipos de manejo ao comparar com o solo. Porém, diferentemente deste mesmo trabalho o presente estudo não registrou diferenças entre os índices de diversidade, riqueza total ou grande distinção dos grupos funcionais ao comparar o solo e a serapilheira.

O grupo Oligochaeta não foi coletado em nenhum ponto do solo da Mata durante a coleta da macrofauna do solo no período seco, mas foi observado como o segundo mais abundante nas áreas de plantio. Coelho (2020) que observou o grupo Oligochaeta em maior quantidade na Mata, neste esmo local de estudo e, visto que o presente estudo foi realizado após dois anos do de Coelho, pode-se inferir que houve uma melhora na área de cultivo quanto a matéria orgânica e umidade do solo.

O grupo Oligochaeta tende a não sobreviver a solos muito secos pois na maioria das espécies os mecanismos de retenção de água para esse grupo são pouco eficientes ou desenvolvidos (LAVELLE; SPAIN, 2001) e, em contrapartida, no presente estudo foi verificada a maior densidade do grupo na coleta de solo no período seco (Tabela 2), caracterizado por uma precipitação média de 1,3 mm, ficando abaixo da média climatológica do período segundo os dados do IPMET de 1981 a 2022, fato que pode ser explicado devido a implantação do Sistema de Plantio Direto com irrigação, favorecendo o aumento da umidade do solo mesmo em períodos secos.

Comumente os Oligochaetas são conhecidos como minhocas, são organismos geógrafos e detritívoros (BROWN et al, 2001). Esse grupo são exigentes quanto a temperatura, umidade e teores de matéria orgânica do solo, em comparação ao grupo mais abundante. As minhocas têm sido observadas em abundância em Sistemas de Plantio Direto e outros sistemas conservacionistas (BROWN et al., 2015), pois são sistemas que preservam a umidade, mantem temperaturas mais amenas e tendem a ter um maior teor de matéria orgânica. Este grupo tem sido utilizado de maneira ampla como bioindicadores de qualidade, por serem sensíveis a alterações químicas e físicas do solo (MASSON et al., 2010; LIMA et al., 2021).

Em relação a coleta do período chuvoso, a serapilheira do tratamento crotalária no período chuvoso, as condições deste período favoreceram o grupos Larva de Díptera com maior frequência total (

Figura 8. Abundância de indivíduos na serapilheira (período úmido).). De acordo com Camara et al. (2019) o grupo Díptera é negativamente afetado pela remoção ou degradação da serapilheira, mostrando sua interdependência com a palhada, desta forma, a serapilheira formada após o tratamento com crotalária foi favorável a esses organismos.

No presente trabalho a maior frequência de larva corrobora com o autor acima citado, e indica que as condições da serapilheira favoreceram o grupo ainda em estágio larval, bem como afirmado pelos autores Santos et al (2008), que verificou que a crotalária foi a palhada mais favorável para a macrofauna, incluindo a Larva de Díptera. Adicionalmente, na crotalária os

menores índices de diversidade em relação ao Milheto, que pode estar relacionado essa alta frequência do grupo Larva de Díptera na crotalária (Figura 7)

O grupo Díptera engloba organismos detritívoros, predadores e parasitas (BROWN et al., 2001) e de acordo com Perdigão, Ricalde e Araujo (2019), as espécies de crotalária podem favorecer a abundância do grupo. É relevante observar grande quantidade destes indivíduos na crotalária, por serem considerados bioindicadores de qualidade, uma vez que os dípteras estão intrinsecamente correlacionados a serapilheira e umidade do solo, além de que algumas famílias são extremamente sensíveis a alterações ambientais (OLIVEIRA et al., 2014; RUEDA-RAMIREZ; VARELA, 2016; CHÁVEZ-SUÁREZ, 2021).

Assim como a coleta de serapilheira no período seco, no período chuvoso também foi registrado que a segunda maior densidade foi do grupo Coleóptera (Tabela 3). A crotalária promoveu melhores condições para a maior abundância (Figura 8). A crotalária tende a apresentar altos teores de nitrogênio (N) e alta eficiência na produção da palhada seca independente da época do ano (VENDRUSCOLO et al., 2021), bem como é capaz de fixar biologicamente o N e incorporá-lo ao solo, além de ter um crescimento rápido e eficiente (SILVA et al., 2019), neste sentido, a palhada pode servir de base para a alta densidade que ocorreu no período seco, época menos favorável para a abundância da macrofauna invertebrada devido à baixa umidade.

Ainda na serapilheira da coleta realizada no período chuvoso, os valores Riqueza, assim como os índices ecológicos de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou, registraram valores médios muito próximos, possivelmente está relacionado as melhores condições edafoclimáticas do período, que favoreceu a diversidade de grupos, bem com a quantidade de indivíduos equilibrada, entre os mais e menos abundantes. Outros autores observaram melhores índices no período chuvoso em sistemas conservacionistas, como Coelho (2020), que observou que a sazonalidade influencia na fauna edáfica, também observando maior abundância no período chuvoso nesta mesma área.

Na coleta de solo realizada no período chuvoso, a mata, área de referência, apesar de serem observados menor quantidade de organismos, a densidade de Isopoda destacou o grupo dos demais. Os Isopoda, representantes da macrofauna, pertencem ao grupo funcional dos saprófagos, que estão associados a ciclagem de nutrientes no solo (BROWN et al, 2015) e indicam qualidade ambiental da mata, visto que Isopoda é um expressivo decompositor fragmentando a serapilheira de modo a contribuir com a decomposição, movimentação da matéria orgânica do solo (FAO, 2020). Considerando que o SPD se trata de um tipo de manejo

sustentável, há sempre alterações no solo para qualquer tipo de manejo e os Isopodas são sensíveis a modificações desta matéria orgânica no solo (CORREIA; OLIVEIRA, 2008). Contudo, a ausência desse grupo nas áreas de cultivo pode estar relacionada a maior diversidade florística na área de mata em processo de regeneração natural. Apesar de ser em outro Bioma, Ferreira (2020) também observou, em Seropédica no Rio de Janeiro, que o grupo Isopoda tende a aparecer em maior frequência em locais de plantas espontâneas e, a mata por estar em regeneração natural, apresenta esse padrão, diferentemente das áreas com diferentes plantas de cobertura.

Adicionalmente, sobre esta coleta, o grupo Larva de Coleóptera a segunda maior abundância, tem sido utilizado como bioindicador, além disso, foram também registrados em todas as áreas de coleta entre os cinco mais abundantes, fato que pode estar relacionado altos índices de matéria orgânica, somado a um solo estruturado e capaz de ofertar nichos (COELHO, 2020).

Outros grupos da macrofauna que se destacaram em termos de abundância, estando sempre entre os cinco mais frequentes nas áreas cultivo foram os grupos Dermaptera, Araneae. Os Dermapteras enquadram-se no grupo funcional dos predadores e também decompositores/detritívoros (BROWN et al., 2015), logo, se beneficiam quando a disponibilidade de recurso alimentar esta alta (CASARIL et al., 2019). Já o grupo Araneae representa um importante grupo predador, de acordo com Silva, Donadio e Carlos (2020) os indivíduos que compõem este grupo estão presentes em maior abundância em sistemas mais conservados, neste sentido, pode-se considerar que a positiva ocorrência do grupos em todas as áreas de ambos os tratamentos e períodos de coleta, mais abundantes na serapilheira do que no solo.

Por sua vez, os Chilopodas frequentes nas áreas de cultivo em ambos os períodos, porém não nas áreas de referência, o que, apesar da baixa abundância do grupo, é um bom indicador de qualidade das áreas de SPD, pois são de extrema importância para o sistema edáfico, sendo predadores relevantes para a cadeia alimentar (LIMA et al., 2021), capazes de controlar a população de outros organismos (BROWN, 2001; MOREIRA et al., 2013) e representantes da macrofauna (AQUINO, 2001; SILVA; JUCKSCH; TAVARES et al., 2013). Os Chilopodas, também podem indicar que outros grupos de predadores podem estar presentes nas áreas de SPD, além de serem bioindicadores de qualidade do solo o SPD por estarem associados a locais com alto teor de nitrogênio (LIMA et al., 2021).

De maneira geral, os índices de Shannon e Pielou, que consideram a diversidade juntamente a riqueza e a distribuição da abundância dos grupos, podem ser considerados como valores bons nos tratamentos, tanto na serapilheira como no solo, de acordo com a literatura, sendo os menores valores de Pielou decorrente da maior frequência de um grupo em detrimento a outros (SOUTO et al., 2008; MARTINS et al., 2019; MUNHOZ, 2021), como o que foi observado na serapilheira no período seco.

Na coleta do período chuvoso o mesmo padrão de valores acima de 2,5 mantidos nos compartimentos, estão possivelmente relacionados ao manejo das plantas em ambos os tratamentos, aliado as condições climáticas do período que favoreceu o aumento da diversidade e densidade de grupos, elevando assim os valores de Pielou.

Comumente no período chuvoso são observados melhores valores dos índices ecológicos de fauna do solo independentemente do tipo de plantio ou solo, assim como Lima et al. (2010) verificou em sistemas conservacionista a abundância de fauna edáfica também se dá no período chuvoso, bem como Pinheiro et al. (2014) que observou no bioma Caatinga que o período mais úmido favorece a fauna edáfica, com maiores valores de diversidade, uniformidade, riqueza e abundância no período chuvoso. Coelho (2020) observou que os maiores valores de riqueza, abundância e dos índices se deu na coleta de serapilheira também no período chuvoso, nessas mesma áreas de estudo.

As análises de componentes principais, evidenciaram a distribuição dos grupos da macrofauna na serapilheira e solo, dos quais pode-se observar claramente a distribuição dos grupos da macrofauna, em virtude da densidade e ocorrência diferenciando entre os compartimentos do solo. Tanto para o primeiro período de coleta, quanto para o segundo observa-se que por meio da análise dos componentes principais (ACP) que as áreas de cultivo se assemelham, enquanto a área de referência manteve-se diferenciada. Neste sentido, pode-se afirmar que para essas condições o SPD com irrigação favoreceu o desenvolvimento da comunidade de organismos da macrofauna.

Adicionalmente por meio da ACP é possível fazer inferência entre períodos de coleta, sobre os quais indicam que na áreas de manejo embora sob a mesma condição de irrigação, o período chuvoso os fatores edafoambientais promoveram melhores condições para o desenvolvimento da comunidade da macrofauna invertebrada em ambos compartimentos e tratamentos.

Outros autores, como LIMA et al., 2020, também utilizam as análises multivariadas como ferramenta para compreender a distribuição de fauna edáfica em diversas situações de

manejo, como Bussinger (2018) que observou que no Cerradão as áreas naturais e/ou mais conservadas, como o sistema de integração Floresta-Lavoura-Pecuária, permitiam maior riqueza de fauna edáfica, bem como Portilho (2011), em oposição a este trabalho que observou maior riqueza de invertebrados do solo nas áreas de cultivo, observou em seu trabalho, a partir da ACP, que fragmentos de floresta nativa no Cerrado favoreceram a biodiversidade invertebrada do solo.

7 CONCLUSÕES

Foram identificados e quantificados os organismos da macrofauna para os grupos taxonômicos e, tanto na serapilheira como no solo, os resíduos de milho e crotalária promoveram melhores condições para o aumento da densidade e abundância dos organismos em relação a mata nativa, nas duas épocas do ano.

Os valores de Riqueza e os índices de Shannon e Pielou, não influenciaram em relação aos períodos de coleta, tanto para serapilheira, quanto para o solo em ambos os tratamentos.

Em relação aos tratamentos, ambos favoreceram a diversidade da macrofauna invertebrada, contudo no que se refere aos períodos de coleta o período chuvoso favoreceu melhores condições para o desenvolvimento da fauna.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. P.; MODESTO, J. C. V.; MODOLO, A. J.; FREITAS, J. P. X.; MADEIRA, N. R. Implantação de um sistema plantio direto de hortaliças orgânico: desafios e possibilidades. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 2020.
- AMARAL, G. C. D.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Efeitos de atributos ambientais na biodiversidade de formigas sob diferentes usos do solo. *Ciência Florestal*, v.29, n.2, p. 660-672, 2019.
- AMAZONAS, N. T.; VIANI, R. A. G.; REGO, M. G. A.; CAMARGO, F. F.; FUJIHARA, R. T.; VALSECHI, O. A. Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*; vol. 78, n. 3, 2018.
- ANDERSON, J. M. Invertebrate-mediated transport process in soils. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 25, p. 5-14, 1988.
- ANDERSON, Jonathan Michael; INGRAM, John SI. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. *Soil Science*, v. 157, n. 4, p. 265, 1994.
- ANDRADE, A. T.; TORRES, J. L. R.; PAES, J. M. V.; TEIXEIRA, C. M.; CONDÉ, A. B. T. Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado. *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, v. 39, n. 302, p. 18-26, 2018.
- AQUINO, A. M. Manual para macrofauna do solo. Seropédica: Embrapa, Agrobiologia. 21p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 130), 2001
- AQUINO, A. M.; MENEZES, E. L. A. A., QUEIROZ, J. M. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“pitfall-traps”). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p. 8, 2006.
- ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; PINTO, H. P. Sustentabilidade no agronegócio brasileiro. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2012.
- BALIN, N. M.; BIANCHINI, C.; ZIECH, A. R. D.; LUCHESE, A. V.; ALVES, M. V.; CONCEIÇÃO, P. C. Fauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo do solo para produção de cucurbitáceas. *Scientia Agraria*, v. 18, n. 3, p. 74-84, 2017.
- BARBIERI, M., et al. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, n. 1, p. 122-134, 2019.
- BARETTA, D. Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com Araucaria angustifolia no Estado de São Paulo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 158p. (Tese de Doutorado), 2007.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; BERTOL, I.; ALVES, M. V.; MANFOIS, A. F.; BARETTA, C. R. D. M. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no

- planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.2, p. 108-117, 2006.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E.V.; FILHO, L.C.I.O. ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciências do Solo**, 7:119-170, 2011.
- BATISTA, M. L. D.; CUNHA, H. F. da. A abordagem do bioma Cerrado nos livros didático. **Revista Sapiência**, Iporá, v. 11, p. 16-34, 2022.
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 1, p. 1-12, 2018.
- BELLÉ, D.; SCHENATTO, F. J. A.; GUADAGNIN, C. A. Adoção de inovações tecnológicas no cultivo de hortaliças em sistema de plantio direto: uma revisão integrativa da literatura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 3, p. e258684, mar. 2023.
- BENAZZI, E. dos S.; BIANCHI, M. de O.; CORREIA, M. E. F.; LIMA, E.; ZONTA, E. Impactos dos métodos de colheita da cana-de-açúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo – Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 34, n. 6Sup11, p. 3425–3442, 2013.
- BERUDE, M.; GALOTE, J. K.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A MESOFAUNA DO SOLO E SUA IMPORTÂNCIA COMO BIOINDICADORA. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 11, n. 22, 2015.
- BEZERRA, C. W. F.; ANDRADE, L. DE M. Interaction of macroinvertebrates in leaf litter in forest ecosystems: a review. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 2, p. 153–166, 2021.
- BORIN, C. P. F.; MEIRELES, E. O capital na contramão das vítimas. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 1, p. 1097-1101, 2020.
- BORROR, D.; DELONG, D. M. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1988. 653 p.
- BROWN, G. G. et al. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M. et al. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa. cap. 10, p. 121-154, 2015.
- BROWN, G. G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P.; PATRÓN, J. C.; BUENO, J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V. & RODRÍGUEZ, C. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)**, n. especial 1, p. 79-110, 2001.
- BRUNO, C. L. da SILVA; COSTA, L. H. M.; MONTALLI, M. H.; CARVALHO, J. P; SILVA R. de A. da. Plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, MS, v. 14, n. 1, 2017.

BUENO-VILLEGAS, J. Diplópodos: los desconocidos formadores de suelo. **Biodiversitas**, v. 102, p. 2-5, 2012.

BUSSINGER, A. P. Efeito de diferentes usos do solo no cerrado sobre a composição da fauna edáfica. 2018. xii, 107 f., il. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

CAMARA, R.; SILVA, V. D.; CORREIA, M. E. F.; VILLELA, D. M. Impacto da remoção de serapilheira sobre a comunidade de artrópodes edáficos em plantios abandonados de *Corymbia citriodora*. **Ciencia Florestal**, v. 29, n. 1, p. 14–26, 2019.

CARVALHO, M. L.; CARVALHO, M. L.; VANOLLI, B. S.; CHEBELBEIN, B. E.; DA LUZ, D. A. B. F. B.; CARDOSO, G. M.; BORTOLO, L.; SOUZA; MAROSTICA, M. E. M.; SOUZ, V. S. **Guia Prático de Plantas de Cobertura: Aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. [s.l.] Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2022.

CASARIL, C. E.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. 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.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). Volume e faturamento com exportações do agro em 2020 são recordes. Cepea, Piracicaba, 2021.

CHÁVEZ-SUÁREZ, L. et al. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma, Cuba. **Pastos y Forrajes**, v. 44, 2021

CHEN, G., KOLB, L., LESLIE, A., HOOKS, C. R. R. Using reduced tillage and cover crop residue to manage weeds in organic vegetable production. *Weed Technology*, Champaign, v. 31, n. 4, p. 557-573, 2017.

CHENU, C.; ANGERS, DA; BARRÉ, P.; DERRIEN, D.; ARROUAYS, D.; BALEDENT, J. Aumento dos estoques orgânicos em solos agrícolas: lacunas de conhecimento e potenciais inovações. *Soil and Tillage Research*, v. 188, p. 41-52, 2019.

COELHO, V. O. **Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em áreas sob diferentes sistemas de manejo no cerrado**. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações Pós-Graduação Setricto Sensu, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação: Universidade Federal do Triângulo Mineiro - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, 18 nov. 2020.

CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E. de L. Aspectos ecológicos dos isópoda terrestres. Embrapa Agrobiologia - Documentos (INFOTECA-E), 2008.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. Importância da Fauna de Solo para a Ciclagem de Nutrientes. *In*: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (org.). *Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p. 77-99, 2005.

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

COSTA NETO, E. M. The perception of Diplopoda (Arthropoda, Myriapoda) by the inhabitants of the county of Pedra Branca, Santa Teresinha, Bahia, Brazil. **Acta biológica colombiana**, v. 12, n. 2, p. 123–134, 2007.

COYLE, D. R. et al. Soil fauna responses to natural disturbances, invasive species, and global climate change: Current state of the science and a call to action. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 110, p. 116-133, 2017.

DIXIE, B; WHITE, H; HASSALL, M.. Effects of microclimate on behavioural and life history traits of terrestrial isopods: implications for responses to climate change. *ZooKeys*, 2015.

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

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (FEBRAPDP). Evolução do plantio direto no Brasil. Disponível em:
<http://www.febrapdp.org.br/arquivos/EvolucaoAreaPDBr72A06.pdf>.

FERREIRA, C. dos S. AVALIAÇÃO DA FAUNA EPÍGEA SOB A FITOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA EM PROPRIEDADE ORGÂNICA. Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma, no curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2020.

FERREIRA, C. R.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. S., ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Diversity of the edaphic macrofauna in areas managed under no-tillage for different periods. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 40, n. 2, p. 599-610, 2019.

FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J.; CHEN, S.; FERNANDES, A. M.; TANAMATI, F. Y.; DJABOU-FONDJO, A. S. M. Efeitos das opções de preparo do solo nas propriedades físicas do solo e partição mandioca-seca. **Field Crops Research**, v. 204, p. 191-198, 2017.

GOMES, C. S. IMPACTOS DA EXPANSÃO DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO NA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS. **Cadernos do Leste**, [S. l.], v. 19, n. 19, 2019.

HEISLER, C.; KAISER, E. A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. *Biology and Fertility of Soils*, v. 19, n. 2/3, p. 159-165, 1995.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Meio Ambiente. Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil: 2018/2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial brasileira. Agência Notícia IBGE, Rio de Janeiro, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Avisos meteorológicos.** Brasília: INMET, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Coordenação Geral de Observação da Terra. Programa de Monitoramento da Amazônia e de Outros Biomas. Editais: Bioma Cerrado.

IPBES - INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVIC. **The global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: Summary for policymakers.** Bonn: IPBES, 2019.

IPEA, FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA (org.). Atlas da Violência 2021. Brasília: Rio de Janeiro: São Paulo: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2021.

KLINK, C. A. and; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, 2005.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 33, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; DECAENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MOTA, P.; ROSSI, J-P. Soil invertebrates as ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 42, 2006.

LAVELLE, P.; SAPIN, A. V. Soil Ecology. New York: Kluwer Academic Publishers, 2001. 654p.

LEVANDOSKI, D. **História do Sistema de Plantio Direto na agricultura: O norte do Rio Grande do Sul (1980-2015).** 2018. 134 f. Dissertação. (Mestrado em História) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2018.

LIMA, C. de S.; DALZUCHIO, M. S.; SILVA, E. F da.; PÉRICO, E. Macrofauna edáfica e sua relação com sazonalidade em sistema de uso do solo, bioma cerrado. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.2, p.1-13, 2020.

LIMA, C.; CASTRO, J.; MADEIRA, N.; FONTENELLE, M.. Avaliação de impactos ambientais com o Ambitec-Agro: estudo de caso do Sistema de Plantio Direto de Hortaliças. p. 24, 2014.

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

LIMA, S. S.; BENAZZI, E. S.; OLIVEIRA, N. C. R.; LEITE, L. F. C. Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido. *Revista Agrarian*, Dourados, MS, v. 12, n. 45, p. 328-337, 2019.

- LIMA, S. S.; BIASI, D.; FERREIRA, C. dos S.; MATOS, P. S.; ROCHA, L. V.; PEREIRA, M. G.; ZONT, E. Epigeal fauna and soil attributes in a cover-cropped organic vegetable system. **Ciência Rural**, c. 51, n. 8, p. e20200842, 2021.
- LIU, W.; QINPU, L.; HONGJIAN, L.; JUNEN, W.; WENPING, D.. The effect of litter layer on controlling surface runoff and erosion in rubber plantations on tropical mountain slopes, SW China, v. 149, p. 167-175, 2017.
- MARION, L. F. Avaliação da qualidade do solo em propriedades agrícolas familiares em sistema de cultivo convencional e de bases ecológicas, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. 2011. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2011.
- MARTINS, E. W.; SILVA, E. R.; CAMPELLO, E. F.; LIMA, S. S.; NOBRE, C. P.; CORREIA, M. E.; RESENDE, A. S. O uso de sistemas agroflorestais diversificados na restauração florestal na Mata Atlântica. v. 29, n. 2, 2019.
- MASSON, M.; DESROSIERS, M.; PINEL-ALLOUI, B.; MARTEL, L. Relating macroinvertebrate community structure to environmental characteristics and sediment contamination at the scale of the St Lawrence River. **Hydrobiologia**, 647 (1), p. 35-50, 2010.
- MENEZES, C. E. G.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BATISTA, I.; RODRIGUES, K. M.; COUTO, W. H.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, I. P. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual e pastagem mista em pinheiral (RJ). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 647-1656, 2009.
- MITTERMEIER, R. A. et al. Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. **Biodiversity Hotspots**, n. 2363, p. 1–22, 2011.
- MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STURMER, S. L.; O Ecossistema Solo: Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na produção Vegetal. UFLA, Lavras, MG, 2013.
- MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. Contexto histórico do surgimento do plantio direto no Brasil. In: MOTTER, P.; ALMEIDA, H.G. de (coord.). Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, v. 1, p. 10-14, 2015.
- MUNHOZ, A. Alterações na comunidade de invertebrados do solo de uma área de campo natural convertida em área agrícola na região do Vale do Rio Pardo, RS. 2021.
- NASCIMENTO, A. F. J.; SILVA, T. O.; ARAÚJO FILHO, R. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEDROTTI, A.; GONZAGA, M. I. S.; PISCOYA, V. C. Produção e aporte de carbono, nitrogênio e fósforo na serapilheira foliar do Parque Nacional Serra de Itabaiana. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 35-46, 2018.
- NEHER, D. A.; WEICHT, T. R.; BARBERCHECK, M. E. Ligando comunidades de invertebrados à taxa de decomposição e disponibilidade de nitrogênio em solos de florestas de pinheiros. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 54, p. 14-23, 2012.
- NICHOLLS C I et al. 2019. Sistema de plantio direto de hortaliças: princípios de transição para sistemas de produção ecológicos e redesenho de propriedades familiares. In: FAYAD JA

et al. (Ed.). Sistema de plantio de hortaliças-Método de transição para um novo modo de produção. Florianópolis: Epagri. p.57-66

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO, A. S. F.; PESSOA, M. M. C.; SOUSA, R. S.; SILVA, J. D. C.; MATOS-FILHO, C. H. A. Edaphic fauna in a vegetation gradient in the Sete Cidades National Park. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 1, p. 45-51, 2019.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988, 434p.

OECD/FAO Agricultural Outlook 2021-2030, Paris: OECD Publishing, 2021.

OLIVEIRA, M. A.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; DELLA LUCIA, T. M. C. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres [online]**, v. 61, n. suppl. p. 800-807, 2014.

PERDIGÃO, C. N. V.; RICALDE, M. P.; ARAUJO, C. R.. Parasitoides De Ovos Associados a Consorciação De Milho Com Diferentes Espécies De Crotalária. Repositório Institucional da EMBRAPA (Repository Open Access to Scientific Information from EMBRAPA - Alice), 2019.

PEREIRA, M. G.; CABREIRA, W. V.; LIMA, S. S.; ROCHA, J. E.; SANTOS, R. N.; SILVA, R. G. Manual de coleta e identificação da fauna edáfica. **Seropédica**, RJ: Marcos Gevásio Pereira, 2018.

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

PEY, B. et al. Nutritive value and physical and chemical deterrents of forage grass litter explain feeding performances of two soil macrodetritivores. **Applied soil ecology: a section of Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 133, p. 81–88, 2019.

PINHEIRO, F. J.; MARTINS, C. M.; FIALHO, J. S.; CORREIA, M. E. F.; CASCON, P. **CARACTERIZAÇÃO DA MACROFAUNA EDÁFICA NA INTERFACE SOLO-SERAPILHEIRA EM UMA ÁREA DE CAATINGA DO NORDESTE BRASILEIRO**, 2014.

PORTILHO, I. I. R.; BORGES, C. D.; COSTA, A. R.; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Resíduos da cultura da cana-de-açúcar e seus efeitos sobre a fauna invertebrada epigéica. **Semina: Ciências Agrárias, [S. l.]**, v. 32, n. 3, p. 959–970, 2011

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2010.

ROBERTSON, L. N.; KETTLE, B. A.; SIMPSON, G. B. The influence of tillage practices on soil macrofauna in a semi-arid agroecosystem in northeastern Australia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 48, p. 149-156, 1994.

- RUEDA-RAMIREZ, D. M.; VARELA, A. Distribución espacial, composición y densidad de edafofauna en hojarasca de bosque y cafetal (montenegro, colombia). **Acta biol.Colomb.**, Bogotá, v. 21, n. 2, p. 399-412, 2016.
- SANTANA, Jéssica Cauana de Oliveira. Diversidade e conservação da flora em uma fronteira agrícola no Cerrado do Brasil. 2021. 183 f., il. Tese (Doutorado em Botânica) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
- SANTOS, D. P.; SCHOSSLER, T. R.; SANTOS, I. L.; MELO, N. B.; SANTOS, G. G. Soil macrofauna in a Cerrado/Caatinga ecotone under diferente crops in Southestern Piauí State, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, n. 10, e20160937, 2017.
- SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; DA; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115–122, jan. 2008.
- SANTOS, H. F. dos. A dinâmica do agronegócio e a consolidação de uma agricultura científica globalizada no município de Uberaba (MG). **Caminhos de Geografia (UFU Online)**, Uberlândia, v. 18, n. 1, p. 200-218, 2018.
- SILVA, A. K. A.; SAMPAIO, H. N.; SANTOS, D. N.; ALMEIDA, R. E. M.; RAMOS, M. R. MANEJO DO MILHETO (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.) E DA CROTALÁRIA (*Spectabilis*) EM ÁREA DE PLINTOSSOLOS PÉTRICOS CONCRECIONÁRIOS, 2019.
- SILVA, D. A. X; VINHA; J. F. S. C. Os desafios da soberaria alimentar e a produção de alimentos em Uberaba (MG). III Congresso Regional de Grupos de Pesquisas em Geografia – GIDS/UFCG, p. 119-136 2022
- SILVA, J. A. A. da; DONADIO, L. C.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde em citros. **Boletim Citrícola**. Jaboticabal, n. 9, jun. 1999.
- SILVA, V.R.; TORRES, J.L.R.; COSTA1, D.D.A.; SILVEIRA, B.S.; VIEIRA, D.M.S.; LEMES, E.M. Soil Physical Attributes in Long-Term Soil Management Systems (Tillage and No-till). **Journal of Agricultural Science**, v.12, n.4, p.194-207, 2020.
- SILVA, J.; JUCKSCH, I.; TAVARES, R. C. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 112-125, 2012.
- SILVA, M. A. et al. Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e376111335568, 2022.
- SILVA, R. A.; AGUIAR, A. C. F.; REBÊLO, J. M. M.; SILVA, Ê. F. F.; SILVA, G. F.; SIQUEIRA, G. M. Diversity of edaphic fauna in different soil occupation systems. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 3, p. 647-657, jul./set. 2019.
- SILVA, R. F.; PORTILHO, I. I. R.; AQUINO, A. M.; OTSUBO, A. A.; GALLO, A. S.; GUIMARÃES, M. F. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema plantio direto no Cerrado. **Acta Iguazu, [S. l.]**, v. 7, n. 1, p. 60–74, 2018

- SILVA, S. I. A.; SOUZA, T.; LUCENA, E. O.; LAURINDO, L. K.; SANTOS, D. Influência de sistemas de cultivo sobre a comunidade da fauna edáfica no nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 829-855, 2022.
- SINGH, P.; MISHRA, R. Environmental sustainability in libraries through green practices/services. **Library Philosophy and Practice**, [Nebraska], 2312, 2019.
- SNYDER, B. A.; HENDRIX, P. F. Current and potential roles of soil macroinvertebrates (earthworms, millipedes and isopods) in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 16, n. 4, p. 629-636, 2008.
- SOARES, D. S.; RAMOS, M. L. G.; MARCHÃO, R. L.; MACIEL, G. A.; OLIVEIRA, A. D.; MALAQUIAS, J. V.; CARVALHO, A. M. de. Como a diversidade de resíduos culturais em sistemas de plantio direto de longo prazo afeta as propriedades químicas e microbiológicas do solo. **Soil and Tillage Research**, v. 194, art.104316, 2019.
- SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, 2008.
- SOUZA, M. H.; VIEIRA, B. C. R.; OLIVEIRA, A. P. G.; AMARAL A. A. Macrofauna do Solo. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 11 n. 22; p. 2015.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems, Volume 5**. [s.l.] University of California Press, 1979.
- TAVARES, K. S. R.; MOURA, R. S.; AMORIM, R. R. Caracterização geossistêmica do domínio do cerrado: subsídios a análise da paisagem. **Espaço em Revista**, Goiânia, v. 24, p. 218-238, 2022.
- TORRES, J. L. R.; MAZETTO JÚNIOR, J. C.; SILVA JÚNIOR, J.; VIEIRA, D. M. S.; SOUZA, Z. M.; ASSIS, R. L.; E. M. LEMES, E. M. Soil physical attributes and organic matter accumulation under no-tillage systems in the Cerrado. **Soil Research**, Victoria, Austrália, v. 57, p. 712-718, 2019.
- VENDRUSCOLO, E. P.; CAMPOS, L. F. C; ARRUDA, E. M.; GARCIA, A. A.; CUNHA, P. S. J.; SELEGUINI, A.. Plantas de cobertura do solo para cultivo de alface em sucessão, sob sistema de plantio direto. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2021.
- WOOD, C. T.; SCLINDWEIN, C. C. D.; SOARES, G. L. G.; ARAUJO, P. B. Feeding rates of *Balloniscus sellowii* (Crustacea, Isopoda, Oniscidea): the effect of leaf litter decomposition and its relation to the phenolic and flavonoid content. **ZooKeys**, 2012.