

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO CIÊNCIAS RURAIS
CAMPUS CURITIBANOS
CURSO DE AGRONOMIA

Andrei Munhoz

**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**

Curitibanos

2021

Andrei Munhoz

**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**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Agronomia do Centro de Curitibanos da Universidade
Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção
do Título de Bacharel em Agronomia.
Orientadora: Prof. Dra. Júlia Carina Niemeyer
Coorientadora: MSc. Fernanda Benedet de Santo

Curitibanos

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Munhoz, Andrei

ALTERAÇÕES NA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DO SOLO DE UMA
ÁREA DE CAMPO NATURAL CONVERTIDA EM ÁREA AGÍCOLA NA REGIÃO
DO VALE DO RIO PARDO, RS / Andrei Munhoz ; orientador,
Júlia Carina Niemeyer , coorientador, Fernanda Benedet de
Santo, 2021.

48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2021.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Biologia do solo. 3. Macrofauna. 4.
Qualidade do Solo. 5. Mesofauna. I. Niemeyer , Júlia
Carina . II. Santo, Fernanda Benedet de . III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. IV. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Guimarães km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitiba/SC - SC
TELEFONE (049) 3721-2176 E-mail: agronomia_csa@ufsc.br

ANDREI MUNHOZ

**ALTERAÇÕES NA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DO SOLO DE UMA ÁREA
CONVERTIDA EM LAVOURA DE SOJA NA REGIÃO DO VALE DO RIO PARDO, RS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitiba, 28 de abril de 2021.



Documento assinado digitalmente
Samuel Luiz Fioreze
Data: 20/04/2021 13:24:40-0300
CPF: 032.703.000-00
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Júlia Carina Niemeyer
Data: 20/04/2021 13:23:03-0300
CPF: 008.091.000-00
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Júlia Carina Niemeyer
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Luis Carlos Inês Oliveira Filho

Prof. Dr. Luis Carlos Inês Oliveira Filho
Membro da banca examinadora
Universidade do Estado de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Karine Santos
Data: 20/04/2021 13:13:34-0300
CPF: 026.623.093-00
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Karine Santos
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que permitiu com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudo.

Ao meu pai Giovani e minha mãe Josete, por tudo o que fizeram por mim. Sem eles nada seria possível.

À minha família que sempre me apoiou e me incentivou em todos esses anos.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Júlia Carina Niemeyer pela oportunidade incrível de ser seu orientado, pelos ensinamentos, confiança, apoio, carinho e, principalmente, pela sua amizade.

À minha coorientadora MSc. Fernanda Benedet de Santo pela amizade, ensinamentos e apoio desde o primeiro semestre de faculdade e pesquisa.

À minha namorada Ana por todo apoio, carinho e ajuda durante a escrita e correção desse trabalho.

A todos meus amigos de faculdade, principalmente ao Luan, Gustavo, Aline, Beatriz, Leonardo, Arthur, James, Mariele e Matheus pela amizade, festas e dores de cabeça durante os trabalhos da faculdade.

À Prof^a. Dr^a. Karine Louise dos Santos pela oportunidade de integrar seu grupo de pesquisa nos primeiros anos de faculdade, que me proporcionou amadurecimento e experiência para seguir minha jornada.

Ao produtor Sr. Luciano Franke que cedeu a área de estudo e possibilitou que esse trabalho fosse realizado.

Ao grupo NECOTOX, e todos os integrantes, que de alguma forma contribuíram para minha formação.

Aos professores da UFSC – Campus Curitibanos, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

A toda equipe de servidores e técnicos da UFSC - Campus Curitibanos pelos serviços, estrutura e ensino.

Às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica.

Muito obrigado!

RESUMO

A soja (*Glycine max* L.) é o carro-chefe do agronegócio brasileiro e transformou o modelo agrícola e o sistema de produção, com uso de técnicas, como o plantio direto, que levam ao adequado manejo do solo. Além de suportarem a produção agrícola, os solos são fonte de uma ampla diversidade de funções e serviços ecossistêmicos essenciais, que, em sua maioria, são realizados por organismos invertebrados. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações sofridas pela comunidade de invertebrados de solo durante a mudança no uso da terra (de campo natural para lavoura de soja, no verão, e pastagem plantada, no inverno) e a relação dos grupos com a qualidade do solo. O estudo foi conduzido no município de Vale Verde - RS, entre julho/2018 e julho/2019. As amostragens foram realizadas utilizando diferentes metodologias: armadilhas tipo *pitfall*, anéis de mesofauna, monólitos (método TSBF) e *bait lamina*. Além disso, foram coletadas amostras para obtenção dos parâmetros físico-químicos do solo. Os organismos foram identificados e classificados, e a comunidade foi avaliada em relação à riqueza, abundância, diversidade pelo índice de Shannon-Weaver, dominância pelo índice de Simpson e uniformidade pelo índice de Pielou. A maior riqueza foi encontrada na primeira coleta (campo natural), tanto para macro (16 Ordens), como para mesofauna (12 Ordens), enquanto a taxa de consumo dos *bait laminas* (15,5%) foi a mais baixa. A segunda coleta (lavoura de soja) apresentou redução na riqueza (8 Ordens para macro e 7 Ordens para meso), com a maior taxa de consumo de *bait laminas* (60,1%). Já na terceira coleta (pastagem de inverno) houve aumento na riqueza da macrofauna (9 Ordens), mas redução na riqueza de mesofauna (6 Ordens), enquanto o consumo de *bait laminas* permaneceu semelhante ao período anterior (59,2%). Durante o período amostrado, houve perda das Ordens Diplura, Isopoda, Opiliones, Protura, Pulmonata e Tylenchida, que possuem grande importância na ciclagem de nutrientes, construção de pequenas galerias e atuação no controle populacional de microrganismos. O estudo mostrou que o ecossistema não foi resiliente dentro do período abrangido (1 ano), sendo dominado por alguns grupos e perdendo diversidade e uniformidade durante e após o cultivo de soja. No entanto, nosso estudo avaliou apenas as alterações ocorridas no primeiro ano de conversão, apresentando a necessidade de pesquisa e acompanhamento da área por um período mais longo, avaliando o estabelecimento do sistema e o comportamento dos invertebrados do solo ao decorrer de vários anos.

Palavras chaves: Biologia do solo. Macrofauna. Mesofauna. Qualidade do Solo.

ABSTRACT

Soy (*Glycine max* L) is the flagship of Brazilian agribusiness and has transformed the agricultural model and the production system, using techniques such as direct planting, which lead to correct soil management. In addition to supporting agricultural production, soils are the source of a wide range of essential ecosystem functions and services, which are mostly carried out by invertebrate organisms. The objective of the work was to evaluate the changes undergone by the soil invertebrate community during the change in land use (natural field for soybean crops in the summer, and planted pasture in the winter), and the relationship of the groups with the quality of the soil. only. The study was conducted in the municipality of Vale Verde - RS, between July / 2018 and July / 2019. Sampling was performed using different methodologies: pitfall traps, mesofauna rings, monoliths (TSBF method) and bait blade. In addition, they were collected for parameters of the physical-chemical parameters of the soil. The organisms were identified at the order level, and the community was assessed for wealth, abundance, diversity by the Shannon-Weaver index, dominance by the Simpson index and uniformity by the Pielou index. The greatest wealth was found in the first collection (natural field), both for macro (16 Orders) and for mesofauna (12 Orders), while the rate of consumption of bait blades (15.5%) was the lowest. The second collection (soybean crop) shows a reduction in wealth (8 Orders for macro and 7 Orders for meso), with the highest rate of consumption of bait blades (60.1%). In the third collection (winter pasture), there was an increase in the macrofauna richness (9 Orders), but a reduction in the mesofauna richness (6 Orders), while the consumption of bait slides remained similar to the previous period (59.2%). During the sampled period, there was a loss of the Orders Diplura, Isopoda, Opiliones, Protura, Pulmonata and Tylenchida, which are of great importance in the cycling of nutrients, construction of small galleries and performance in the population control of microorganisms. The study revealed that the ecosystem was not resilient within the period covered (1 year), being dominated by some groups and losing diversity and uniformity during and after soybean cultivation. However, our study evaluated only changes that occurred in the first year of conversion, such as the need for research and monitoring the area for a longer period, evaluating the establishment of the system and behavior of soil invertebrates over the course of several years.

Key words: Soil biology. Macrofauna. Mesofauna. Soil Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cultura da soja em fase reprodutiva.	14
Figura 2 - Apresentação da área nos três momentos de amostragem.	23
Figura 3 - Croqui da área de estudo com os métodos de amostragem utilizados.....	24
Figura 4 - Escavação do monólito para a amostragem da abundância de minhocas.....	25
Figura 5 - Armadilhas utilizadas para a amostragem da comunidade de invertebrados do solo: pitfall (a) e anéis de mesofauna (b).	26
Figura 6 - Grupo de 8 <i>bait laminas</i> instalados durante o cultivo da soja em 18/12/2018.	27
Figura 7 - Número de minhocas coletadas por monólito antes da implantação da cultura da soja (1º coleta), durante o cultivo da soja (2º coleta) e após a cultura da soja (3º coleta).	31
Figura 8 - Dados meteorológicos referentes a temperatura média e pluviosidade total em cada mês no município de rio pardo (rs), durante o período de julho de 2018 a julho de 2019.....	36
Figura 9 - Atividade alimentar da fauna do solo antes da implantação da cultura da soja (1º coleta), durante o cultivo da soja (2º coleta) e após a cultura da soja (3º coleta), representada pela taxa de consumo das iscas após 40 dias de exposição.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Alguns dos principais representantes da fauna do solo e suas principais funções no agroecossistema.	20
Tabela 2 – Relação dos agrotóxicos utilizados no ciclo da soja na área de estudo: produto comercial, classe, dose e ingrediente ativo.....	22
Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos analisados em cada uma das coletas.....	30
Tabela 4 - Total de invertebrados em cada coleta conforme a amostragem utilizada (armadilhas <i>pitfall</i> ou anéis de mesofauna), seguido dos valores de abundância, riqueza, índice de Shannon, Simpson e Pielou.	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo geral.....	12
1.2.2	Objetivos específicos	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	A CULTURA DA SOJA.....	14
2.1.1	Características gerais	14
2.1.2	Surgimento mundial	14
2.1.3	Soja no brasil	15
2.1.4	Importância econômica para o país	16
2.1.5	Plantio direto x plantio convencional	17
2.2	INVERTEBRADOS DO SOLO E OS SERVIÇOS ECOSSITÊMICOS	18
2.2.1	Definição geral	18
2.2.2	Importância dos invertebrados de solo para a manutenção dos serviços ecossistêmicos	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1	DESCRIÇÃO DO LOCAL	21
3.2	DELINEAMENTO AMOSTRAL	23
3.3	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO	25
3.4	AMOSTRAGEM DE MINHOCAS POR MONÓLITOS	25
3.5	AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DO SOLO.....	26
3.6	ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA DO SOLO PELO METODO DE <i>BAIT-LAMINA</i>	27
3.7	ANÁLISE DOS DADOS	28
4	RESULTADOS	30
4.1	CARACTERÍSTICAS QUÍMICO-FÍSICAS DO SOLO.....	30
4.2	ABUNDANCIA DE MINHOCAS POR MONÓLITO	31
4.3	AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DO SOLO.....	32
4.4	ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA DO SOLO POR <i>BAIT-LAMINA</i>	39
5	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, há um aumento na demanda mundial por alimentos, fazendo com que a agricultura brasileira cresça e evolua rapidamente, expandindo suas fronteiras (OLIVEIRA JR., 2011) e gerando destaque na contribuição para o PIB nacional. Carro-chefe do “novo” modelo agrícola brasileiro, com produção acima de 100 milhões de toneladas (RODRIGUES *et al.*, 2017), a cultura da soja (*Glycine max* L.) é umas das principais fontes de proteína vegetal, tanto como componente essencial na fabricação de rações para a produção animal, quanto para a alimentação humana. A oleaginosa é a cultura que mais cresceu no país nas últimas décadas, chegando a 49% do total da área plantada com grãos no país (BRASIL, 2014), que é um dos grandes produtores mundiais devido à disponibilidade de diversas tecnologias (MIELE *et al.*, 2011). A modernização da agricultura brasileira ao longo do tempo gerou consequências nas formas de produção, como a necessidade de maximizar o uso dos fatores de produção, como a área, ou seja, aumentar a eficiência produtiva, obtendo maiores níveis de produtividade e rentabilidade no sistema produtivo em geral, maximizando o uso do solo (VIANA; SILVEIRA, 2008).

Os solos além de suportarem grande parte dos sistemas de produção, são fonte de uma ampla diversidade de funções e serviços ecossistêmicos essenciais, possuindo como principais responsáveis os invertebrados de solo, cujas ações são pouco exploradas, especialmente levando-se em conta o tamanho de seus grupos taxonômicos (LAVELLE *et al.*, 2006). Além disso, estes organismos também são conhecidos como bioindicadores da qualidade do solo, uma vez que sua presença, ausência ou abundância e processos desenvolvidos, podem indicar relação entre o estado de conservação ou degradação de um solo (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

A fauna edáfica é composta por organismos que passam toda ou parte do seu ciclo de vida no solo, onde são responsáveis por desenvolver funções fundamentais para a manutenção da vida (PAZ-FERREIRO; FU, 2016). Os invertebrados do solo exercem papel fundamental na fragmentação e decomposição de material orgânico, sua distribuição no solo e na regulação de populações de microrganismos (BARETTA *et al.*, 2011; BROWN *et al.*, 2015). Além disso, promovem alterações substanciais nos parâmetros físicos, tais com porosidade e agregação do solo (GARDI *et al.*, 2009), apresentando uma contribuição direta e indiretamente para diversos serviços essenciais no funcionamento sustentável e resiliente dos ecossistemas terrestres (LAVELLE *et al.*, 2006).

As práticas de manejo do solo exercem enorme influência sobre os atributos biológicos, que respondem mais rapidamente do que outros atributos químicos e físicos, atuando, como bioindicadores que respondem às alterações no solo (BARETTA *et al.*, 2014). Nesse sentido, o conhecimento da fauna edáfica e suas relações ecológicas são muito importantes, principalmente quando se trata da avaliação da qualidade do solo e para o entendimento da dinâmica e interações que ocorrem nos sistemas de produção (BARETTA *et al.*, 2011).

Nesse sentido, a hipótese do nosso estudo é que a fauna edáfica irá responder a mudança de uso da terra de campo natural para cultivo de soja, alterando a abundância e diversidade dos organismos edáficos, através da diminuição populacional de alguns grupos e crescimento populacional de outros, respondendo ao manejo e a cobertura vegetal presente no sistema.

1.1 JUSTIFICATIVA

Apesar do robusto conhecimento de como os invertebrados do solo são afetados pelas formas de uso e manejo do solo e sua importância para mostrar a qualidade do solo pela comunidade científica (BARETTA *et al.*, 2003; ALVES *et al.*, 2006; BARTZ *et al.*, 2013; ROSA *et al.*, 2015; ZORNOZA *et al.*, 2015; POMPEO *et al.*, 2016), ainda são escassas as informações existentes acerca da resposta inicial desses organismos à mudança no uso da terra.

Nesse sentido, o presente trabalho traz como justificativa a importância de conhecer e entender os atributos de qualidade biológica e química do solo e como eles são afetados pela mudança de uso da terra. Sendo que são escassas as informações acerca da resposta inicial da comunidade da fauna edáfica à mudança no uso da terra.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações sofridas pela comunidade de invertebrados de solo durante a mudança no uso da terra (de campo natural para lavoura de soja, no verão, e pastagem plantada, no inverno) e a relação dos grupos com a qualidade do solo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a abundância de minhocas coletadas em monolitos antes, durante e depois da implantação da cultura da soja no sistema;

- Determinar a riqueza, abundância, diversidade, uniformidade e dominância de Ordens de macro e mesofauna edáfica antes, durante e depois da implantação da cultura da soja no sistema;
- Mensurar a atividade alimentar da fauna do solo antes, durante e depois da implantação da cultura da soja no sistema.
- Avaliar os componentes químicos do solo ao longo da mudança no uso da terra;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA SOJA

2.1.1 Características gerais

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta herbácea, pertencente à família Fabaceae (Figura 1). Possui caule híspido, com ramificação variada – conforme o ambiente e material genético da cultivar -, além de uma raiz pivotante com muitas ramificações. Seu primeiro par de folhas é composto por folhas simples, mas o restante da planta possui folhas trifolioladas (EMBRAPA, 2007). É uma planta autógama, com coloração de flores variando do branco ao roxo, fruto do tipo vagem contendo entre 1 e 4 sementes, elípticas ou globosas, cujo crescimento pode ser indeterminado (sem racemo terminal), determinado (com racemo terminal) ou semi-determinado (intermediário) (EMBRAPA, 2007).

Figura 1 - Cultura da soja em fase reprodutiva.



Fonte: Autor.

2.1.2 Surgimento mundial

A soja tem como centro de origem o leste asiático, sendo uma das primeiras plantas a ser cultivada pelo homem. Os primeiros registros de cultivo dessa oleaginosa datam de 2838

a.C.¹. Como era uma planta importante para o povo da região da China, também foram encontrados manuais de cultivo da planta, contendo época de sementeira, manejo, informações sobre solos e recomendações de colheita e armazenamento do grão. As recomendações mais antigas são do ano de 2207 a.C. (EMBRAPA, 1987).

A partir do século II a.C. ela foi levada a Coreia e de lá para o Japão. Naquela época a soja era um dos pilares da agricultura e alimentação chinesa, dividindo o cenário com o arroz, trigo, cevada e milho. Por muito tempo essa planta ficou restrita ao continente asiático, somente sendo levada para a Europa a partir de 1739 d.C.² para fins ornamentais em jardins botânicos da França, Inglaterra e Alemanha (PIROLLA; BENTO, 2008; EMBRAPA, 1987).

No continente europeu, entretanto, a planta não teve boa adaptabilidade devido ao clima (PIROLLA; BENTO, 2008). Já na América, há relatos do cultivo dessa planta a partir do ano de 1804 no estado da Pensilvânia, Estados Unidos. Porém, seu cultivo só se expandiu a partir de 1880, por meio de incentivos do governo americano, colocando o país entre os maiores produtores e exportadores do grão (EMBRAPA, 1987).

2.1.3 Soja no Brasil

No Brasil, o cultivo dessa oleaginosa iniciou no ano de 1882, quando as primeiras variedades oriundas dos Estados Unidos da América chegaram e foram semeadas no estado da Bahia, onde não tiveram boa adaptabilidade. Da Bahia, foi levada para o estado de São Paulo e, somente em 1914, chegou ao Rio Grande do Sul, estado que apresentou melhores condições edafoclimática para a implantação da cultura, principalmente fotoperíodo, devido à similaridade com o clima do sul dos Estados Unidos (FREITAS, 2011).

Até a década de 50, a soja era produzida quase exclusivamente no estado do Rio Grande do Sul, e a produção consumida por suínos nas mesmas propriedades (GAZZONI; DALL'AGNOL, 2018). A cultura teve grande expansão no sul do Brasil no fim da década de 60, quando passou de 171 mil ha - em 1960 - para 906 mil ha cultivados - em 1969. Nesta época, a produtividade média do grão era de, aproximadamente, 1.089 kg ha⁻¹, porém, no ano de 2019, a média brasileira passou para 3.206 kg ha⁻¹, apresentando um aumento de produtividade de 200% em 50 anos (GAZZONI; DALL'AGNOL, 2018).

A sua boa adaptação no Rio Grande do Sul, os bons preços de comercialização, além da alta procura no mercado internacional, impulsionaram programas de melhoramento genético, que visavam a criação de variedades com período juvenil longo - o florescimento

¹ a.C. – antes de Cristo

² d.C. – depois de Cristo

atrasado, mesmo em condições de fotoperíodo indutor, possibilitando a expansão da cultura para os estados de menor latitude, o que foi chamado de “tropicalização” da soja. (FREITAS, 2011; PIROLLA; BENTO, 2008). Com isso, o Brasil tornou-se o único grande produtor da cultura em áreas tropicais e subtropicais, com tecnologias desenvolvidas no próprio país (GAZZONI; DALL’AGNOL, 2018).

Na década de 80, com dificuldades para aumentar a área de cultivo na região Sul, alguns agricultores migraram para o cerrado brasileiro, em busca de áreas com custos acessíveis. A expansão do cultivo da soja no centro-oeste deu-se com o desenvolvimento das cultivares adaptadas ao clima tropical, e, atualmente, esta é a principal região produtora do país, correspondendo à 61% da produção nacional (PIROLLA; BENTO, 2008).

2.1.4 Importância econômica para o país

A soja sempre foi uma grande fonte de renda, não só para os agricultores brasileiros, mas para todas as pessoas que trabalham na cadeia produtiva. Na safra 2018/2019, o Brasil foi o segundo maior produtor de soja do mundo, com uma produção de 114,843 milhões de toneladas (CONAB, 2019). Na época, os Estados Unidos da América detinham o posto de maior produtor mundial do grão, com uma produção de 123,664 milhões de toneladas (USDA, 2019). Essas duas grandes potências agrícolas, juntas, correspondem a cerca de 65% da produção total mundial da *comodity*.

Atualmente, no quadro mundial, o Brasil ultrapassou os Estados Unidos e figura como primeiro colocado em volume produzido, totalizando 124,845 milhões de toneladas de soja na safra 2019/2020, e a perspectiva é de elevar ainda mais a produtividade e manter o posto nos próximos anos (MIELE *et al.*, 2011). Segundo dados da CONAB (2020), a combinação de alguns fatores foi o que tornou possível este feito para o país, nomeadamente, a safra recorde brasileira, com uma produção 8,7% maior que no último ano e a queda na produção americana para 96,676 milhões de toneladas devido a problemas climáticos.

Quando se fala do cenário nacional, na última safra (2019/2020), Mato Grosso deteve o posto de maior produtor (35,885 milhões de toneladas) e maior área plantada (10 milhões de hectares). O Paraná foi responsável pela segunda maior produção com 21,598 milhões de toneladas e terceiro maior território de plantio (5,503 milhões de hectares). O Rio Grande do Sul, apesar de possuir a segunda maior área cultivada (5,902 milhões de hectares), foi apenas o quarto no ranking nacional, com 11,444 milhões de toneladas produzidas. Completando o top 4 ficou o Estado de Goiás, com a terceira maior produção, 13,159 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

Segundo dados da ABIOVE (2019), o consumo interno do grão gira em torno de 44,600 milhões de toneladas, sendo o restante destinado à exportação. Segundo a AGROSAT (2019) o volume de soja exportada, em grãos, foi de 74,1 milhões de toneladas (U\$ 26,1 bilhões), 16,7 milhões de toneladas de farelo de soja (U\$ 5,9 bilhões) e 1 milhão de tonelada de óleo de soja (U\$ 0,7 bilhões), fechando 2019 com um total de derivados de soja exportado de U\$ 32,6 bilhões. (EMBRAPA, 2020)

A soja é a *commodity* mais importante do país, movimentando a economia de forma direta, gerando renda a quem a cultiva e insumos para outras atividades, como a criação de animais e produção de biodiesel. Também de forma indireta fomenta as indústrias de fertilizantes minerais, produtos fitossanitários o setor de máquinas e implementos agrícolas além de toda a cadeia envolvida nesses setores (CONAB, 2020).

2.1.5 Plantio direto x Plantio convencional

O sistema de cultivo varia entre as regiões do Brasil e entre os produtores rurais, tendo como destaque, o Sistema de Plantio Direto (SPD) e o sistema de plantio convencional. O SPD é uma das maiores inovações da agricultura brasileira e o seu sucesso se dá pela preservação da palha, seja ela deixada pelas culturas de cobertura ou os resíduos vegetais das culturas comerciais. O SPD se baseia em três princípios fundamentais, empregar a rotação de culturas, não revolver o solo e preservar o solo coberto por resíduos vegetais, essa camada de palha contribui para um melhor arranque inicial das culturas, e para a manutenção e recuperação da qualidade do solo (ALVARENGA *et al.*, 2001), além de agir como dissipadora de energia e proteger o solo contra as gotas da chuva, evitando erosão, minimizando a desagregação do solo pelo impacto da chuva e luz solar. Atua, também, reduzindo a evaporação e diminuindo a amplitude térmica. Por meio da incorporação dessa camada, ocorre um incremento no teor de matéria orgânica, criando um ambiente propício para a biota do solo (HECKLER *et al.*, 1998). A palhada também diminui o fluxo de emergências de plantas daninhas, evitando o uso excessivo de herbicidas. Outro benefício é o controle biológico de pragas e doenças, realizado pela biota que vive no solo (HECKLER *et al.*, 1998).

Por outro lado, o sistema de plantio convencional veio da agricultura norte-americana, sendo adotado no advento da agricultura no Brasil. O SPD e o sistema convencional se diferenciam em vários aspectos. Um deles é a infiltração de água que é maior no sistema de plantio direto, geralmente, solos conduzidos da forma convencional sofrem muito com processos erosivos (SOBRINHO, 2003). Geralmente, no início da implantação, o sistema de plantio convencional apresta maior produção em relação ao SPD. No entanto, ao longo do

tempo a produção no sistema convencional diminui. Isso ocorre porque o SPD preserva a vida no solo, tem maior estabilidade de agregados, mineralização da palhada mais ativa, disponibilizado nutrientes importantes para as plantas (MOREITA, TOMAS, LIMA, 2017).

O SPD juntamente com a consorciação de culturas são práticas que favorecem a diversificação do agroecossistema, aumentando a diversidade de plantas e palhada sob a superfície do solo (EMDEN, WILLIAMS, 1974). Isso contribui para a ocorrência de maior abundância e diversidade de organismos do solo, que podem vir a atuar como inimigos naturais (SYMONDSON *et al.*, 1996; ANDERSEN, 1999).

2.2 INVERTEBRADOS DO SOLO E OS SERVIÇOS ECOSSITÊMICOS

2.2.1 Definição geral

Os serviços ecossistêmicos são todos os benefícios que a humanidade usufrui direta ou indiretamente a partir das funções dos ecossistemas naturais, como, por exemplo, a produção de alimentos a partir da polinização feita pelas abelhas e assimilação de resíduos pelos microrganismos e invertebrados do solo (COSTANZA *et al.*, 1997). Alguns desses serviços não são diretamente consumidos pelo homem, no entanto, são necessários para manter o ecossistema, como é o caso da ciclagem de nutrientes e a polinização das plantas (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999).

Os serviços ecossistêmicos estão divididos em 4 grupos: regulação, provisão, suporte e cultural. O solo pode ser considerado uma das principais fontes de serviços ecossistêmicos, que geram benefício para a produção de alimentos, conservação do solo, ciclagem de nutrientes, produção primária, sequestro de carbono atmosférico, desintoxicação, controle de inundação e proteção de plantas contra o ataque de pragas e doenças (LAVELLE, *et al.*, 2006).

2.2.2 Importância dos invertebrados de solo para a manutenção dos serviços ecossistêmicos

Grande parte dos serviços ecossistêmicos são mediados pelos invertebrados do solo (Tabela 1), que representam até 23% da diversidade já descrita (LAVELLE *et al.*, 2006). Como esses organismos apresentam tamanho variado, eles são divididos em três classes, de acordo com seu tamanho corporal (SWIFT *et al.*, 1979). Organismos com menos de 200µm, como nematoides e protozoários, são classificados como microfauna e vivem nos microporos do solo.

Organismos com tamanho entre 0,2 e 2 mm compreendem a mesofauna, como os microartropodes e enquitreídeos, e tem como característica viverem nos macroporos do solo. Por fim, a macrofauna compreende artrópodes, lesmas, oligoquetas e crustáceos que vivem na superfície do solo ou em galerias criadas por eles (LAVELLE, *et al.*, 2006). A microfauna do solo atua indiretamente no sequestro de carbono e ciclagem de nutrientes por meio da ingestão de bactérias e fungos, podem atuar diretamente no controle de fungos e bactérias patogênicas e também podem ser responsáveis pela degradação de compostos tóxicos e poluentes (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Organismos compreendidos na mesofauna, como ácaros e colêmbolos atuam na decomposição da matéria orgânica, transporte de nutrientes e compostos orgânicos para a região da rizosfera, além de possuir em seu trato intestinal microrganismos responsáveis pela mineralização da matéria orgânica (KORBOULEWSKY *et al.*, 2016).

Coleópteros e minhocas são classificados como macrofauna, e são considerados os engenheiros do ecossistema. Realizam a bioturbação, que é o transporte do material orgânico da superfície até as camadas mais profundas do perfil do solo. Com esse processo, além do aumento da fertilidade em camadas mais profundas, também ocorre a formação de galerias, diminuindo a erosão, elevando a oxigenação e umidade do solo (KORBOULEWSKY *et al.*, 2016).

Em relação aos aspectos funcionais, os organismos edáficos podem ser classificados como saprófagos, micrófagos, predadores, insetos sociais e fitófagos. Os saprófagos possuem a característica de se alimentar dos materiais em decomposição, fragmentando-os, e liberando nutrientes que serão disponibilizados as plantas (MANHÃES; FRANCELINO, 2012).

Os micrófagos, possuem a característica de regular a população microbiana, pois se alimentam de microrganismos. Os predadores se alimentam de outros organismos vivos. Os insetos sociais possuem essa denominação por apresentarem alguma organização social, como é o caso das abelhas e cupins. Por fim, os fitófagos se alimentam de tecidos vegetais vivos e também são conhecidos como pragas agrícolas (MANHÃES; FRANCELINO, 2012).

Tabela 1 – Alguns dos principais representantes da fauna do solo e suas principais funções no agroecossistema.

Ordem	Função no solo	Autor
Acari	Fitófagos ou decompositores, se alimentando de tecidos vegetais vivo ou morto; Controle populacional de seres da microbiota, como fungos, bactérias e algas.	Luxton, 1972
Araneae	Controle biológico;	Ekschmitt <i>et al.</i> , 1997
Collembola	Decomposição da matéria orgânica; Ciclagem de nutrientes; Reguladores do tamanho populacional e atividade de fungos.	Behan-Pelletier, 2003
Diplura	Controle seletivo de microrganismos; Decomposição de material orgânico.	Moore e Walter, 1988
Hemiptera	Organismos Fitófagos	Oliveira e Malaguido, 2004
Hymenoptera	Produção de galerias no solo; Distribuição de material orgânico, nutrientes e microrganismos ao longo do perfil do solo. predador	Kraft <i>et al.</i> , 2021
Isopoda	Decomposição primária de materiais orgânicos, como madeira e tecidos vegetais. Podem ser fitófagos	Briones, 2014
Nematoda	Controlam fungos saprófitos pelo consumo de hifas; Controle populacional de bactérias; Controle de outros organismos como, nematoides e enqueteídeos; Dispersão de patógenos no solo. Fitófagos	Yates <i>et al.</i> , 1993
Oligochaeta	Decomposição de resíduos vegetais nas camadas superiores; Transporte de material orgânico para as camadas mais profundas, criação de galerias no solo.	Lavelle, 1983
Protura	Formação de micro poros; Formação de húmus.	Sterzynska <i>et al.</i> , 2020
Pulmonata	Dispersão de fauna. Fitófago	Turke <i>et al.</i> , 2018

Fonte: autor.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

A área de estudo (Figura 2) corresponde à 8,3 ha (Lat -29,757672° e Long -52,144964°) e está localizada em uma propriedade rural do município de Vale Verde, na região do Vale do Rio Pardo, no Rio Grande do Sul. A área está em uma altitude de, aproximadamente, 72 metros, o clima é subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen-Geiger, e na zona de transição entre os biomas Mata Atlântica e Pampa.

Historicamente, a área sempre foi utilizada para pastoreio de gado que, em 2018, foi convertida para lavoura de soja. Para preparo do solo, em agosto de 2018, foram aplicadas 3 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico, incorporados ao solo com uma passada de arado, grade aradora e grade niveladora.

Em novembro de 2018 foi realizado o plantio da cultivar Pioneer 95R51, que possui hábito de crescimento indeterminado, resistência ao glifosato e super precoce, com ciclo de 115 a 120 dias na região. A cultura foi conduzida com quatro aplicações de agrotóxicos, com 15 dias de intervalo entre cada aplicação, sendo a primeira realizada no dia 07/12/2018, como é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Relação dos agrotóxicos utilizados no ciclo da soja na área de estudo: produto comercial, classe, dose e ingrediente ativo.

	<i>Produto Comercial (p.c.)</i>	<i>Classe</i>	<i>Ingrediente Ativo (i.a.)</i>	<i>% i.a.</i>	<i>Dose(p.c.) /ha</i>
<i>Limpa</i>	Zapp® QI 620	Herbicida	glyphosate	62	3000 mL
	Match® EC	Inseticida	lufenuron	5	200 mL
	Seizer® 100 EC	Inseticida e acaricida	bifenthrin	10	200 mL
<i>1º Aplicação</i>	Celenco® pHAgro	Regulador de pH			30 mL
	Horos®	Fungicida	tebuconazole	20	500 mL
			picoxystrobin	12	
	Match® EC	Inseticida	lufenuron	5	200 mL
	Seizer® 100 EC	Inseticida e acaricida	bifenthrin	10	200 mL
	Veget'Oil®	Adjuvante	vegetable oil	93	200 mL
Frexus® DC	Fertilizante			250 mL	
<i>2º Aplicação</i>	Celenco® pHAgro	Regulador de pH			30 mL
	Elatus®	Fungicida	azoxystrobin	30	200 mL
			benzovindiflupyr	15	
	Ampligo®	Inseticida	lambda-cyhalothrin	5	150 mL
			chlorantraniliprole	10	
	GaliI® SC	Inseticida	imidacloprid	25	350 mL
			bifenthrin	5	
	Voraz®	Inseticida	methomyl	44	750 mL
novaluron			3,5		
Abamectina Nortox®	Inseticida e acaricida	abamectin	1,8	500 mL	
Óleo vegetal®	Adjuvante	vegetable oil	93	200 mL	
<i>3º Aplicação</i>	pH Agro	Regulador de pH			50 mL
	Frexus® DC	Fertilizante			250 mL
	Priori Xtra®	Fungicida	azoxystrobin	20	300 mL
			cyproconazole	8	
	Engeo Pleno® S	Inseticida	thiametoxam	14,1	250 mL
			lambda-cyhalothrin	10,6	
	Rimon® 100 EC	Inseticida	novaluron	10	75 mL
Óleo vegetal®	Adjuvante	vegetable oil	93	200 mL	

Fonte: autor.

Após a colheita da soja, em março de 2019, foi implantado na área as culturas de inverno, aveia e azevém, visando a sua utilização como pastagem para o gado. Em outubro de 2019, a área voltou a ser preparada para soja. Durante este período, foram realizadas três amostragens (Figura 2):

- Coleta 1: entre 13 e 17/07/2018, área de campo natural;
- Coleta 2: entre 15 e 18/12/2018, área convertida para lavoura de soja;
- Coleta 3: entre 16 e 20/07/2019, área com pastagem (aveia + azevém).

Figura 2 - Representação da área nos três momentos de amostragem.

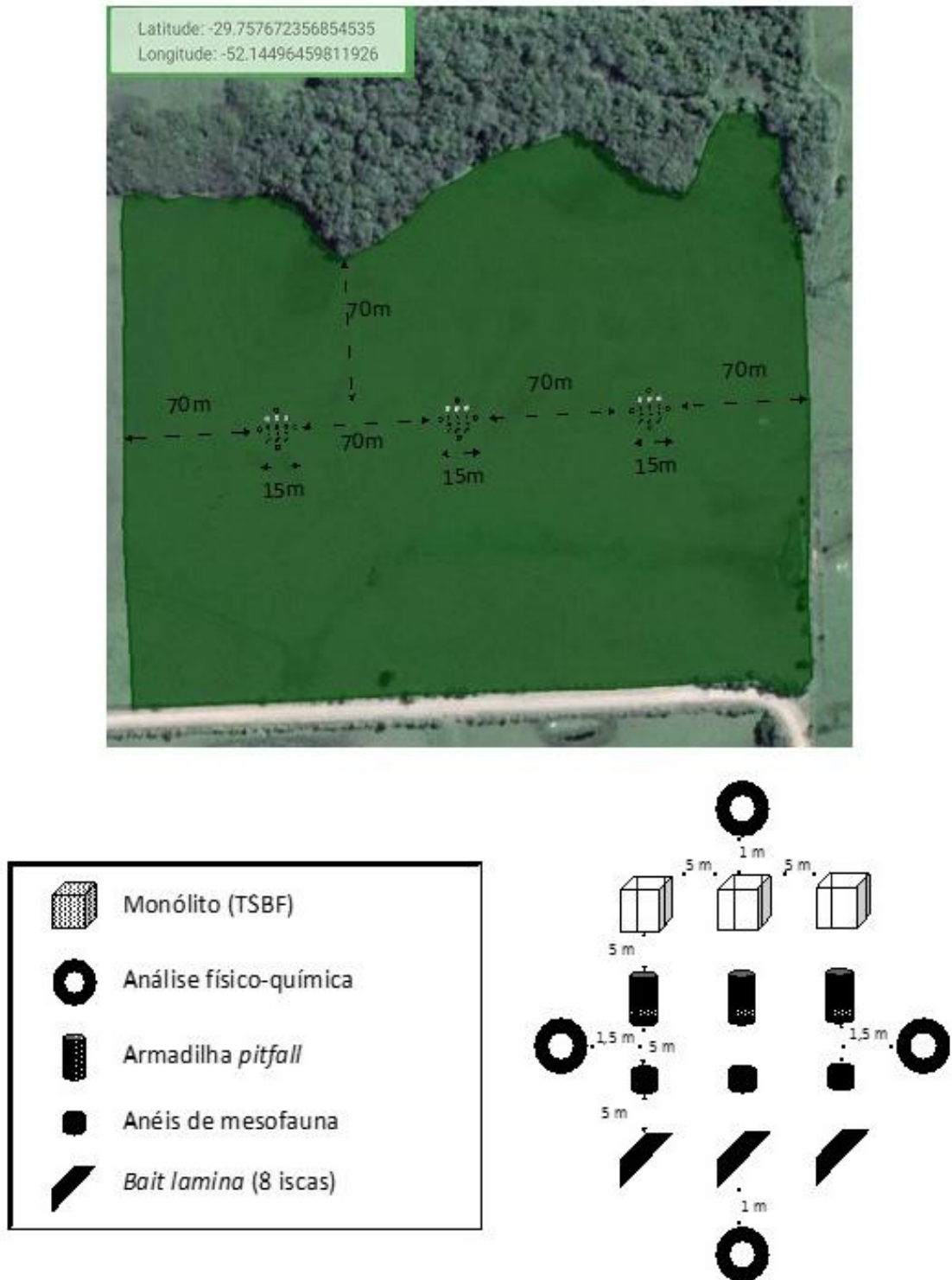


Fonte: Fernanda Benedet de Santo

3.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Para determinação dos pontos de amostragem, foi levado em consideração a heterogeneidade do terreno e a presença de mata paralela à estrada vicinal, optando-se por traçar um transecto no centro da área, onde três pontos de amostragem foram estabelecidos, distanciados 70 m entre si e 70 m da mata, como é apresentado na Figura 3. Em cada ponto, foram realizadas amostragens para avaliação da macro e mesofauna, atividade alimentar da fauna edáfica e das propriedades físico-químicas do solo, através de metodologias complementares.

Figura 3 - Croqui da área de estudo com os métodos de amostragem utilizados.



Fonte: Fernanda Benedet de Santo

3.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO

Para avaliar as mudanças nas características químicas como pH, matéria orgânica, saturação de base e teores de macro e micronutrientes, bem como características físicas (textura), foram coletadas amostras de 0-20 cm com auxílio de trado holandês. Foram retiradas quatro subamostras em cada ponto amostral, as quais foram homogeneizadas, formando uma amostra única. A secagem foi feita inicialmente ao sol e, posteriormente em estufa de circulação a 60°C. Após, o solo foi peneirado em malha de 5mm e encaminhado para análise físico-química completa no Laboratório de Análise de Solos (LAS), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

3.4 AMOSTRAGEM DE MINHOCAS POR MONÓLITOS

Para a amostragem das minhocas, foi utilizado o método TSBF (Biologia e Fertilidade de Solos Tropicais), descrito por Anderson e Ingram (1993). Esse método se baseia na escavação de um monólito de 25 cm X 25 cm x 30 cm de profundidade (Figura 4 A). Em cada ponto amostral escavaram-se três monólitos com o auxílio de uma enxada e uma pá de corte. O solo retirado foi colocado em cima de sacos brancos de polipropileno e imediatamente triado à mão (Figura 4 B). Os organismos encontrados foram colocados em frascos com etanol 97% para posterior contagem e identificação em laboratório.

Figura 4 - Escavação do monólito para a amostragem da abundância de minhocas.



Fonte: Fernanda Benedet de Santo

3.5 AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DO SOLO

Para a avaliação da comunidade de invertebrados, foram utilizadas duas metodologias: a amostragem por armadilhas tipo *pitfall* (Figura 5 A) e por anéis de mesofauna (Figura 5 B). Na coleta pelo método de armadilhas tipo *pitfall*, foram utilizados copos plásticos de 400 mL, enterrados ao nível do solo através da escavação de um buraco com o auxílio de um trado. Dentro do recipiente foi adicionado álcool 40% para conservação dos organismos e três gotas de detergente neutro para quebra da tensão superficial. Posteriormente, o recipiente foi coberto utilizando um prato plástico sustentado por três palitos de churrasco, para evitar a entrada de água da chuva (Figura 5).

Figura 5 - Armadilhas utilizadas para a amostragem da comunidade de invertebrados do solo: *pitfall* (A) e anéis de mesofauna (B).



Fonte: Júlia Carina Niemeyer.

Em cada ponto foram colocadas três armadilhas que ficaram expostas por um período de 3 dias. Após esse período o conteúdo da armadilha foi transferido para recipientes plásticos etiquetados, levados ao laboratório e filtrados utilizando lenço umedecido, para então o material ser transferido para recipientes com álcool 70%.

Para a amostragem de mesofauna, foram retiradas três subamostras de solo com estrutura indeformada de cada parcela utilizando anéis de inox de 50 cm³. Esses anéis foram extraídos em funis tipo Berlese-Tullgren adaptados, formando gradiente de calor e umidade, fazendo com que os invertebrados migrassem para o recipiente com álcool 70%, para então serem analisados.

Após as amostras de ambos os métodos serem obtidas, os organismos foram separados, contados, identificados e classificados em grupos.

3.6 ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA DO SOLO PELO METODO DE *BAIT-LAMINA*

O método *bait lamina* (ISO, 2016) foi desenvolvido por Von Torne (1990) e consiste na utilização de lâminas-isca, os *bait lamina*, para determinar a atividade alimentar da fauna do solo a partir do consumo das iscas. Cada lâmina foi elaborada em pvc de 1 mm espessura, contendo 16 orifícios. Cada orifício foi preenchido com uma mistura orgânica contendo 70% de celulose, 25% de farinha de trigo e 5% de carvão ativado, que serviu de isca para a fauna do solo.

Foi utilizado um total de 216 *bait laminas*, distribuídos entre as parcelas e os períodos de avaliação. Em cada momento de avaliação, foram utilizados 72 *bait laminas*, com 3 grupos de 8 lâminas-isca em cada uma das 3 parcelas (Figura 6).

As iscas ficaram expostas à campo por 40 dias. A avaliação visual ocorreu ao final desse período, contando os orifícios vazios onde a isca foi consumida. A quantificação da atividade alimentar da fauna do solo foi realizada considerando a porcentagem de orifícios vazios ao final do tempo de exposição.

Figura 6 - Grupo de 8 *bait laminas* instalados durante o cultivo da soja em 18/12/2018.



Fonte: Fernanda Benedet de Santo

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

Para as amostras de fauna do solo obtidas pela armadilha pitfall e anéis de mesofauna, foi avaliado a Riqueza (N), Abundância (S) e Índice de Diversidade de Shannon (H'), Índice de Dominância de Simpson (D) e o Índice de Uniformidade de Pielou (J).

O Índice de Diversidade de Shannon (H') foi calculado por meio da fórmula:

$$H' = \frac{\left[N \ln(N) - \sum_{i=1}^S n_i \ln(n_i) \right]}{N}$$

Sendo:

H': Índice de Shannon-Weaver;

N: Número total de indivíduos amostrados (Riqueza);

S: Número total de espécies amostradas (Abundância);

ni: Número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie.

ln: logaritmo de base neperiana.

O índice de Dominância de Simpson (D) foi calculado pela fórmula:

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Sendo:

D: índice de Dominância de Simpson;

N: Riqueza;

n: Número de indivíduos amostrados da i-esima espécie;

O Índice de Uniformidade de Pielou (J) foi calculado pela seguinte formula:

$$J = \frac{H'}{H \max.}$$

Sendo:

H': Índice de Diversidade de Shannon

Hmax: ln(S)

J: Índice de Equabilidade de Pielou;

S: Abundância.

Os demais parâmetros analisados nesse estudo foram avaliados pela análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), comparando os valores obtidos entre as três coletas que foram realizadas.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICO-FÍSICAS DO SOLO

As análises químico-físicas do solo são apresentadas na Tabela 2, e os dados de temperatura média e precipitação acumulada na Figura 8. É possível observar a mudança dos parâmetros do solo no decorrer do tempo. Na primeira amostragem, o solo apresenta um pH mais baixo, elevada acidez potencial e concentrações baixas de macronutrientes e bases do solo (V%).

Na terceira amostragem, observou-se a ação dos corretivos agrícolas, que elevaram o pH, diminuíram a acidez potencial (H+Al), e aumentaram a concentração dos principais nutrientes do solo e a saturação de bases (V%).

Os minerais Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Cálcio (Ca) tiveram elevação de seus teores na segunda amostragem, ou seja, no verão, enquanto Ferro (Fe) e Manganês (Mn) tiveram redução em suas concentrações no mesmo período, mas se elevaram na terceira amostragem.

Os teores dos macronutrientes Potássio (K) e Fósforo (P) elevaram-se ao longo da duração do estudo, possivelmente devido às adubações realizadas para suprir as necessidades da cultura da soja.

Com relação ao teor de matéria orgânica (% M.O.), pode-se observar um grande decréscimo na segunda amostragem, resultado do preparo do solo que, provavelmente, quebrou os agregados, expondo a matéria orgânica ao consumo dos microrganismos, além das altas temperaturas da época, que favoreceram o aumento da atividade da microbiota do solo. Na terceira amostragem foi possível observar uma tendência de recuperação dos teores originais.

Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos analisados em cada uma das coletas

	Atributos Físico-Químicos		
	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta
pH- H ₂ O	4,63 ± 0,12	5,00 ± 0,10	5,20 ± 0,17
M.O. (%)	2,07 ± 0,35	0,90 ± 0,56	1,27 ± 0,31
P mehlich (mg/dm ³)	1,90 ± 1,35	4,20 ± 0,66	9,67 ± 2,42
K (cmol _c /dm ³)	0,15 ± 0,03	0,19 ± 0,07	0,24 ± 0,07
Al (cmol _c /dm ³)	1,73 ± 0,36	0,16 ± 0,12	0,27 ± 0,46
H+Al (cmol _c /dm ³)	12,27 ± 4,05	4,10 ± 0,72	5,83 ± 1,62
Mg (cmol _c /dm ³)	0,49 ± 0,18	1,08 ± 0,11	1,22 ± 0,77
Ca (cmol _c /dm ³)	1,64 ± 0,24	2,62 ± 0,15	2,19 ± 0,87
Cu (mg/dm ³)	0,43 ± 0,06	0,67 ± 0,06	0,10 ± 0,00
Zn (mg/dm ³)	1,00 ± 0,10	6,30 ± 0,50	0,37 ± 0,01
Fe (mg/dm ³)	349,57 ± 45,48	250,50 ± 70,17	441,57 ± 0,01
Mn (mg/dm ³)	17,93 ± 7,42	11,57 ± 7,80	26,20 ± 0,01
V%	17,00 ± 8,13	48,92 ± 4,33	38,42 ± 17,40

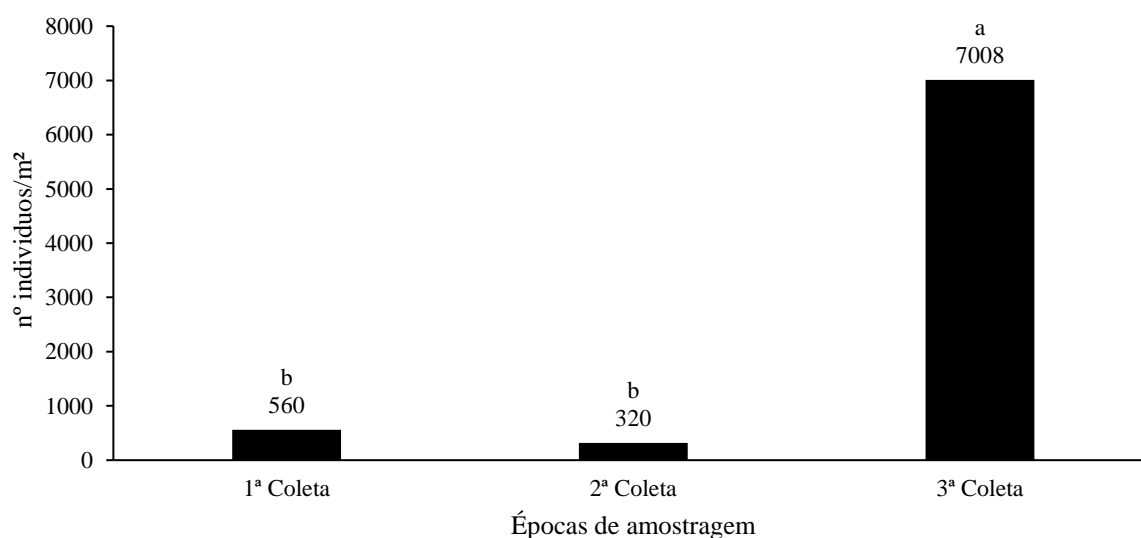
São vários os fatores que podem influenciar na concentração e disponibilidade de nutrientes no solo, como o pH, teor de matéria orgânica, textura, drenagem, atividade microbiana, condições climáticas, entre outros (DECHEN, *et al.* 2018).

O processo de redução causada pela alta umidade do solo é responsável por aumentar a disponibilidade de Cu e Zn. A elevação dos teores de cálcio na segunda coleta é resultado do uso de calcário para a correção do pH do solo. Já a Oxirredução reflete em uma diminuição da disponibilidade de Fe e Mn. Durante a decomposição da matéria orgânica, os microrganismos podem utilizar alguns micro nutriente como o Zn, mas também liberar outros que estão imobilizados junto com a MOS (DECHEN, *et al.* 2018).

4.2 DENSIDADE DE MINHOCAS POR MONÓLITO

Foi possível observar que os tratamentos são diferentes entre si (Figura 3), sendo que a coleta feita após a implantação e colheita da soja (3^o coleta) apresentou maior número de minhocas, com 7008 indivíduos por m³. Em relação à abundância de minhocas, o período anterior à implantação da cultura (1^o coleta) e durante o cultivo (2^o coleta) não diferiram estatisticamente, apresentando 560 e 320 indivíduos por m², respectivamente.

Figura 7 – Densidade de minhocas coletadas por escavação de monólito antes da implantação da cultura da soja (1^a Coleta), durante o cultivo da soja (2^a Coleta) e após a cultura da soja (3^a Coleta).



Fonte: autor

Dentre os fatores que podem influenciar na população de minhocas no solo, podemos destacar a relação C/N, teor de carbono orgânico, composição vegetal da superfície do solo e

pH. Na terceira coleta, foi observado o maior valor de pH em água (5,2), provavelmente devido à ação do calcário que foi aplicado após a primeira coleta. Rashid *et al.* (2013), observou um aumento de 114% na densidade de minhocas quando houve elevação do pH do solo de 4,6 para 6,2, concluindo que o pH do solo está diretamente ligado à densidade populacional de oligoquetas. Além disso, rotação, consórcio e sucessão de culturas também são práticas responsáveis por melhorar a qualidade do solo (HENDRIX, *et al.*, 1992), refletindo em um maior número de organismos por monólito.

A alta abundância de minhocas favorece o desenvolvimento de culturas agrícolas, pois elas são consideradas engenheiras do ecossistema e são responsáveis por melhorar a estruturação do solo, através do aumento da estabilidade de agregados e pelo aumento das taxas de infiltração e trocas gasosa e de água no solo (VAN GROENIGEN *et al.*, 2014). No entanto, um estudo publicado em 2020 mostrou que áreas que declararam usar o SPD têm mostrado redução na população de minhocas ao longo do tempo (DEMETRIO *et al.*, 2020). Entre as hipóteses para este declínio, estão, o fato de que em muitas dessas áreas não se segue a risca alguns dos princípios do sistema (manutenção da cobertura vegetal, rotação de culturas e não revolvimento do solo) e ou também pelo uso de agrotóxicos ao longo dos ciclos das culturas (DEMETRIO *et al.*, 2020); destaque para o glifosato, que é o produto comercial mais utilizado no Brasil (173 mil tonano⁻¹) (IBAMA, 2018).

A elevação da abundância de minhocas que ocorreu na nossa terceira coleta também pode ser explicada por Dominguez *et al.* (2016), que após avaliar a resposta de minhocas ao AMPA, metabólico do glifosato, constatou que doses maiores desse metabólico foram responsáveis por aumentar o número de juvenis e casulos de minhocas, no entanto seus pesos médios diminuíram.

4.3 AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DO SOLO

No total foram coletados 13754 indivíduos, desses, 13152 foram capturados pela armadilha *pitfall* e 596 pelos anéis de mesofauna. Foi identificado uma riqueza de 18 Ordens de organismos da meso e macrofauna do solo, sendo a grande maioria classificado como Collembola (88,02%).

Dos organismos coletados pela armadilha *pitfall*, 9,3% foram amostrados antes do plantio da soja, 87,2% amostrado no verão, durante o cultivo da soja (96,0% da ordem Collembola), e 3,5% após a colheita da soja, com a área de pastagem. No entanto, a maior riqueza foi observada na primeira coleta, com a identificação de 16 ordens (Tabela 3), sendo que na segunda coleta foram identificadas 8 Ordens e na terceira, 9 Ordens.

Considerando os anéis de mesofauna, 87,1% dos organismos foram amostrados na primeira coleta, 6,7% na segunda e 6,2% na terceira amostragem. Com relação à riqueza, na primeira coleta foram identificadas 12 Ordens e, respectivamente, 7 e 6 Ordens na segunda e terceira amostragens.

Tabela 4 - Total de invertebrados em cada coleta conforme a amostragem utilizada (armadilhas *pitfall* ou anéis de mesofauna), seguido dos valores de abundância, riqueza, índice de Shannon, Simpson e Pielou.

Ordens	Pitfall			Anéis		
	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta
Acari	121	33	4	150	18	24
Araneae	37	67	39	1	0	1
Blatodea	3	0	0	7	0	0
Coleoptera	48	33	3	34	4	5
Collembola	716	11017	353	12	5	3
Diplura	103	0	0	0	0	0
Diptera	79	7	38	297	1	2
Haplotaxida	0	0	0	1	1	0
Hemiptera	42	308	7	5	9	0
Hymenoptera	61	0	5	8	0	2
Isopoda	1	0	0	0	0	0
Lepidoptera	1	0	1	1	0	0
Opiliones	1	0	0	0	0	0
Orthoptera	2	1	5	0	0	0
Protura	5	0	0	0	0	0
Pulmonata	3	0	0	0	0	0
Thysanoptera	2	6	0	1	2	0
Tylenchida	0	0	0	2	0	0
Abundância (N)	1225	11472	455	519	40	37
Riqueza (S)	16	8	9	12	7	6
Shannon (H')	1,515	0,209	0,866	1,181	1,519	1,168
Simpson (D)	0,369	0,923	0,617	0,416	0,283	0,452
Pielou (J)	0,547	0,100	0,394	0,475	0,781	0,652

Fonte: autor

Na primeira, coleta foi observado uma maior diversidade e uniformidade na armadilha *pitfall*, através dos índices de Shannon (1,515) e Pielou (0,547). Já nos anéis de mesofauna, a maior diversidade (1,519) e uniformidade (0,781) foram observadas na segunda coleta. Em ambos os métodos, os menores valores de abundância foram encontrados após a implementação da soja, sem retorno aos valores iniciais na última coleta.

A diversidade de grupos pode ser afetada por diversos fatores como a cobertura vegetal, umidade e temperatura do solo, disponibilidade de alimentos, pressão de predadores, entre outros (KRAFT *et al.*, 2021).

Solos com maior diversidade geralmente apresentam uma maior capacidade de ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e estruturação do solo, podendo resultar em um aumento da produção de soja e outras culturas (KRAFT *et al.*, 2021). Bender e Van Der Heijden (2015) ao estudarem o comportamento de culturas agrícolas em substratos composto por solo fresco rico em biodiversidade em comparação com solo autoclavado, observaram uma redução da lixiviação de nitrogênio, aumento de 22% na produção de milho, aumento de 28,9% na absorção de nitrogênio e 110% na absorção de fósforo pelas plantas de milho no substrato com maior biodiversidade. Já ao utilizar a cultura do trigo, não foi observado diferença estatística na produtividade, no entanto, as plantas cultivadas no solo com maior biodiversidade apresentaram um teor de fosforo no grão 30% maior em comparação com o solo autoclavado. Mostrando a grande importância de manter uma alta biodiversidade do solo em ecossistemas agrícolas.

A segunda coleta apresentou o maior Índice de dominância de Simpson pela armadilha *pitfall* (0,923), enquanto para os anéis de mesofauna, isso ocorreu na terceira coleta (0,452). Os responsáveis por esses altos índices foram as Ordens/Grupos Collembola nas armadilhas *pitfall* e Acari nos anéis de mesofauna. Ter altos índices de dominância não é bom para o equilíbrio do ecossistema, uma vez que esse índice está relacionado com a dominância de um ou outro grupo na abundância de indivíduos presentes no ecossistema. Quando isso ocorre, alguns serviços ecossistêmicos podem ser comprometidos (KRAFT *et al.*, 2021).

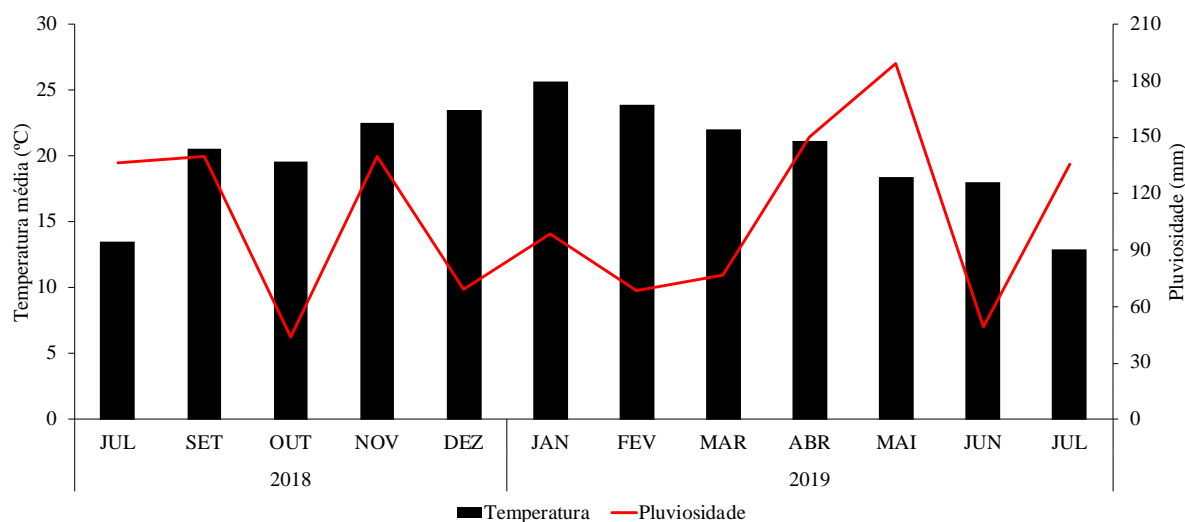
Kraft *et al* (2021) mostraram que o aumento da diversidade da fauna edáfica, representado pelo índice de diversidade de Shannon, promoveu um aumento da produtividade da cultura da soja. Por outro lado, áreas com maior índice de dominância de Simpson levaram à redução da produtividade da cultura, devido ao domínio de alguns grupos. A dominância de um grupo/Ordem sobre os demais é prejudicial ao sistema como um todo, pois os remanescentes não substituem e nem desempenham as mesmas funções (KRAFT *et al.*, 2021). Dangles e Malmqvist (2004) observando estudos anteriores, concluíram que ecossistemas com alto índice de dominância tendem à diminuição da decomposição dos resíduos vegetais e redução significativa do desenvolvimento de gramíneas (CHAUVEL *et al.*, 1999). Além disso, após o ambiente passar por uma situação de estresse, a recolonização do ecossistema é feita por espécies oportunistas, com ciclos curtos e de alto crescimento populacional (RAPPORT *et al.*, 1985), como foi observado com as Ordens Collembola e Acari.

Os altos valores obtidos para o Índice de Simpson são resultados da dominância da Ordem Collembola na armadilha *pitifall* (2º coleta) e da Ordem Acari nos anéis de mesofauna (3º coleta). Segundo Behan-Pelletier (2003), Acari e Collembola são os organismos mais abundantes e diversos em solos agrícolas em todo o mundo. Por outro lado, Collembola e Acari, assim como os demais artrópodes do solo, tem sua densidade populacional influenciada tanto pela oferta de alimentos, como pelas condições ambientais.

Explosões populacionais geralmente ocorrem em períodos de estiagem e baixa precipitação (ANDRADE *et al.*, 2008), como ocorreu no mês da 3ª coleta (Figura 8). Já períodos de estiagem aumentam a velocidade de reprodução dos ácaros. A população de ácaros também é influenciada pelas plantas presentes no sistema e seu equilíbrio nutricional e fisiológico (CULLAN; SCHRAMM, 2009).

Sendo assim, qualquer alteração na abundância desestabiliza a dinâmica dos processos em que os ácaros participam no solo, como a decomposição da matéria orgânica, transporte e controle populacional de propágulos de fungos micorrízicos e a disponibilidade de nutrientes (BEDANO, CANTU e DOUCET, 2006). Bartz *et al.* (2014) observaram que Acari foi a ordem dominante em alguns ecossistemas, como o Sistema de Plantio Direto e Sistemas de Integração Lavoura- Pecuária. Outros autores notaram que, quanto mais intensiva for a produção, tem-se uma tendência de redução da diversidade e do tamanho da população de ácaros. Isso pode ser explicado pelo fato que, em solos agrícolas, não se tem um fornecimento de alimentos constante, ocorre a perda dos primeiros horizontes do solo e se tem uma alta variação da temperatura do solo (BEDANO, CANTU e DOUCET, 2006; HULSMANN, WOLTERS, 1998).

Figura 8 - Dados meteorológicos referentes a temperatura média e pluviosidade total em cada mês no município de Rio Pardo (RS) (local mais próxima do local de estudo), durante o período de julho de 2018 a julho de 2019.



Fonte: INPE (2021)

A explosão populacional da ordem Collembola no período do verão (2ª coleta) pode ser explicada pelas altas precipitações (Figura 8) próximas ao dia da segunda coleta, como observado por Lensing, Todd e Wise (2005). Esse também foi o período com maior oferta de alimentos devido ao crescimento da população de microrganismos desencadeada pela desagregação e liberação de carbono. Os principais processos que são regulados pela população de Collembola são a decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, tamanho populacional e atividade de fungos (BEHAN-PELLETIER, 2003), como os micorrizicos (GANGE, 2000).

Outros grupos, como Araneae e Hemiptera, tiveram um comportamento populacional semelhante à Collembola, pois, apresentaram uma explosão populacional na 2ª coleta (verão), possivelmente resultado das condições climáticas e maior oferta de alimentos.

Araneae pode ser considerada um predador de Collembola e foi beneficiada pelo aumento da disponibilidade de alimentos na 2ª coleta (Tabela 3). Animais desse grupo também podem promover o controle de algumas pragas agrícolas, reduzindo o uso de inseticidas (EKSCHMITT *et al.*, 1997).

Alguns insetos dentro da ordem Hemiptera são considerados pragas agrícolas, causando danos a pastagens e a culturas agrícolas, como a soja. Estudo realizado entre 1998 e 2000 em áreas de semeadura direta de soja no cerrado brasileiro coincidem com os resultados observados, mostrando que as populações tiveram um crescimento entre os meses de novembro

e janeiro, onde houveram os maiores volumes de precipitação mensal (OLIVEIRA; MALAGUIDO, 2004).

Ordens como Blattodea, Diplura, Isopoda, Opiliones, Protura, Pulmonata e Tylenchida desapareceram do sistema após a mudança no uso da terra. Isso pode ter ocorrido em razão da desestruturação do solo, fatores climáticos sazonais e aplicação de agrotóxicos, como os inseticidas e acaricidas.

Organismos classificados como Isopoda são muito difundidos em comunidades de decompositores em solos de clima temperado. Eles se alimentam de material orgânico morto, fungos, bactérias e larvas de insetos, sendo sensíveis ao contato com defensivos químicos, e revolvimento do solo, como ocorre na agricultura convencional (PAOLETTI; HASSALL, 1999). De forma geral, a eliminação do grupo Isopoda resultara na diminuição do processo de ciclagem de nutrientes, transporte de resíduos orgânicos para camadas mais profundas (PAOLETTI; HASSALL, 1999), além de afetar o transporte de propágulos de bactérias e fungos micorrizicos no solo (RABATIN; STINNER, 1988).

Organismos classificados como Diplura, compõem a mesofauna do solo e sua ausência pode afetar serviços ecossistêmicos fundamentais como a decomposição de material orgânico e remoção seletiva de microrganismos (MOORE; WALTER, 1988).

Predadores como Opiliones, na maior parte das vezes estão associados com locais que apresentam maior complexidade ambiental e qualidade do solo como em áreas naturais ou áreas mais antigas e estáveis (VASCONCELLOS *et al.*, 2013), explicando a ausência desses organismos nas duas últimas amostragens. Assim, também organismos da Ordem Protura, micro artrópodes do solo, são considerados ótimos indicadores de qualidade do solo. Sua ausência vai afetar a formação da microestrutura do solo e diminuir a formação de humus (STERZYŃSKA *et al.*, 2020).

Tylenchida é uma ordem de nematoides que contem famílias como Heteroderidae. Esses seres parasitam plantas e animais e podem gerar perdas econômicas em áreas agrícolas de até 100%. Nematoides podem compor a base alimentar de ácaros (YANG *et al.*, 2020), nesse sentido, podemos supor que a elevação da densidade populacional de ácaros foi responsável pela eliminação dos organismos do grupo Tylenchida.

Pulmonata é uma ordem de moluscos gastrópodes que abrange a maioria das lesmas e caracóis terrestres. Um estudo publicado em 2020 mostrou a grande importância desses organismos principalmente na dispersão de ácaros e outros organismos da fauna do solo para diferentes habitats, rompendo barreiras físicas e possibilitando a colonização de “habitats isolados”. Esse estudo sugere que organismos dentro da ordem Pulmonata são grandes aliados

na recolonização de áreas degradadas (TURKE *et al.*, 2018). Um dado bastante interessante sobre a dispersão da fauna do solo pelas lesmas e caracóis: em um tempo de 14-18 h, as lesmas de *Arion rufus*, percorrem, em média, uma distância linear de 4,4 m em uma floresta e podendo chegar a uma distância máxima de 14,6 m (TÜRKE *et al.* 2010). Já ácaros oribatídeos se movem entre 0,3 e 2,1 cm por dia (LEHMITZ *et al.* 2012). Ou seja, a eliminação desse grupo pode dificultar a recolonização do sistema pelas ordens que foram eliminadas durante o cultivo da soja.

A perda desses grupos, no entanto, pode não afetar diretamente os serviços ecossistêmicos desenvolvidos, uma vez que estes serão realizados por outros organismos. No entanto, a preservação da diversidade de grupos em agroecossistemas, mesmo que eles estejam desempenhando a mesma função, funciona como um “seguro”, com grupos prontos para entrar em ação respondendo ao surgimento de predadores, eventuais mudanças climáticas ou no sistema de produção (BRIONES, 2014). Sem esses grupos o sistema perde resiliência, se tornando mais susceptível a esses possíveis estresses.

As Ordens Hymenoptera e Lepidoptera não apareceram na segunda coleta, mas, após a implantação da pastagem de inverno, a área foi recolonizada por essas ordens. As formigas pertencentes a ordem Hymenoptera, conhecidas como engenheiras do ecossistema, são responsáveis pela criação de galerias e redistribuição de materiais ao longo do perfil do solo. Elas são seres bastante abundantes em áreas de mata nativa (KRAFT *et al.*, 2021) e algumas espécies somente são encontradas em ambientes altamente conservados e com alta biodiversidade de plantas (ROEDER; ROEDER, 2016), explicando a sua ausência quando a área foi convertida em lavoura de soja. Além disso as formigas também são seres com hábito predador, participando ativamente do equilíbrio ecológico e contenção de pragas em ecossistemas agrícolas (LOBRY de BRUYN, 1999), mostrando a importância de adotarem manejos que proporcionem a preservação desses indivíduos durante todo o ano. Por mais que essa ordem tenha desaparecido no verão, as minhocas também são conhecidas como engenheiras do ecossistema e podem ter minimizados os impactos da ausência desse grupo que retornou para o sistema no inverno (VAN GROENIGEN *et al.*, 2014).

Lepidoptera é a Ordem das principais pragas da cultura da soja, as lagartas, que são altamente suscetíveis ao uso de inseticidas. Como a cultivar utilizada não possui a tecnologia *intacta*, presença do gene *bt*, resistente ao ataque do principal complexo de lagartas desfolhadoras, foi utilizado uma carga muito grande de inseticidas com o intuito de eliminar os indivíduos dessa ordem e não se ter perdas de produção devido a desfolha.

A aplicação exagerada e errônea de misturas de inseticidas, herbicidas e fungicidas tem desequilibrado o sistema produtivo. Essa prática ocasiona a eliminação de inimigos naturais e seres que participam do equilíbrio ecológico do solo, além de permitir o crescimento populacional de pragas secundárias que acabam se tornando pragas-chaves (MOSCARDI *et al.*, 2010).

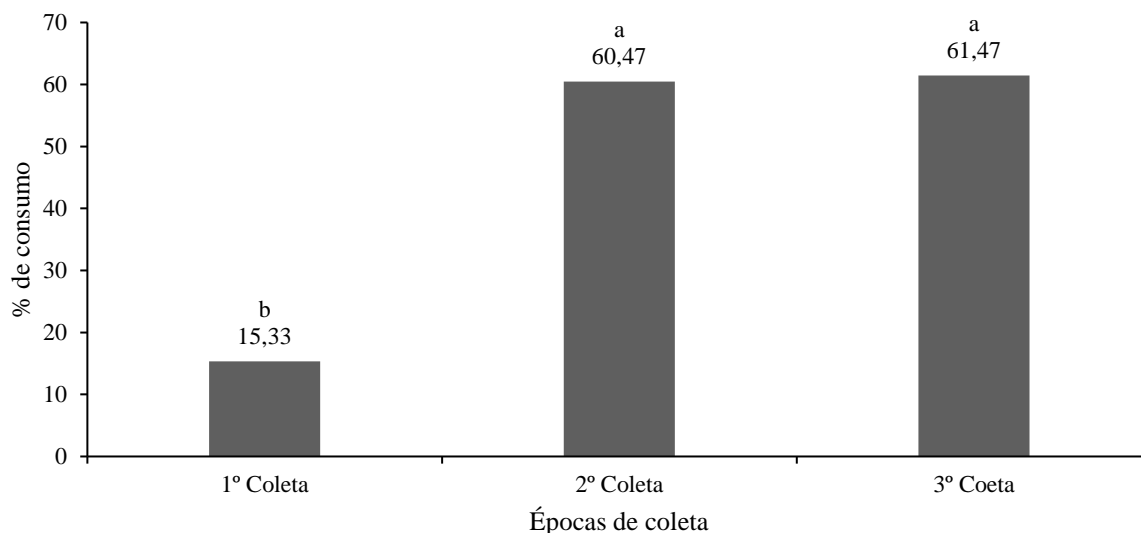
Acari e Coleoptera tiveram suas populações reduzidas ao longo do tempo, mostrando que essas ordens não estão adaptadas a esse sistema de uso da terra. Coleópteros geralmente apresentam alta sensibilidade à aplicação de inseticidas, principalmente quando são usadas aplicações sequenciais (RUSHTON; LUFF; EYRE, 1989). Desse modo os manejos fitossanitários usando 4 aplicações sucessivas de inseticidas pode ter levado à redução da população. Organismos classificados dentro da ordem coleóptera, são conhecidos como engenheiros do ecossistema, atuando diretamente na porosidade do solo e infiltração de água, principalmente no horizonte A, conseqüentemente diminuindo problemas relacionados à erosão do solo (BROWN, *et al.*, 2010).

O horizonte A é a principal zona de desenvolvimento da raiz da planta, e o aumento da porosidade e taxas de infiltração são benéficas para o crescimento da planta, facilitando o fornecimento de água e nutrientes às raízes e aumentando a aeração (SNYMAN, 2005). Por outro lado, com a diminuição da abundância de coleópteros, pode-se esperar uma diminuição da taxa de infiltração e desenvolvimento radicular das plantas em nossa área.

4.4 ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA DO SOLO POR *BAIT-LAMINA*

De acordo com a ANOVA seguida do teste de Tukey, a atividade alimentar da fauna do solo foi significativamente maior na segunda (época em que o solo estava sendo cultivado com soja) e terceira coletas (após o cultivo da soja). A segunda coleta apresentou 60,09% das iscas consumidas, a terceira coleta 59,23% e a primeira coleta com 15,5% foi a época com menor atividade alimentar da fauna do solo.

Figura 9 - Atividade alimentar da fauna do solo antes da implantação da cultura da soja (1ª Coleta), durante o cultivo da soja (2ª Coleta) e após a cultura da soja (3ª Coleta), representada pela taxa de consumo das iscas após 40 dias de exposição.



Fonte: autor

Acredita-se que o aumento da atividade alimentar nas coletas 2 e 3 são decorrentes da correção e preparo de solo de forma convencional antes da primeira safra de soja. Esse revolvimento do solo foi o grande responsável pela desagregação do solo, acarretando em um aumento no consumo do carbono que estava protegido dentro dos agregados. Esse aumento do consumo pode ser correlacionado diretamente com aumento da abundância de alguns grupos, como os colêmbolos, minhocas e alguns microrganismos, que podem ser os responsáveis pelo maior consumo das iscas bait lâmina.

Rashid *et al.* (2013) observou em seus estudos que a elevação do pH do solo de 4,6 para 6,2, aumentou a atividade biológica do solo. Em nossa área de estudo, também se observa essa tendência de elevação do pH do solo saindo de 4,63 na 1ª coleta, para 5,00 e 5,20, na segunda e terceira coleta respectivamente (Tabela 2).

A macrofauna, em especial as minhocas são os principais responsáveis pela retirada das iscas (FORSTER *et al.*, 2004). No entanto, grupos da mesofauna como enquitreidóos, ácaros e colêmbolos também influenciam nos resultados de atividade alimentar por este método (RÖMBKE *et al.*, 2006). Ou seja, esses resultados mostram que esses organismos estiveram mais ativos nas duas últimas coletas.

A população de organismos da ordem Collembola cresceu mais de 15 vezes na segunda coleta, enquanto as minhocas apresentaram um crescimento de 114% na última coleta. Portanto,

se espera que esses dois grupos tenham sido em grande proporção os responsáveis no aumento de consumo das iscas nas duas últimas coletas.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo realizou uma análise das alterações na comunidade de fauna do solo ao ser submetida a um processo de conversão de campo natural para lavoura de soja e, posteriormente, para pastagem plantada no Sul do Brasil.

Em geral, a conversão para soja diminuiu a diversidade e uniformidade das Ordens de macro e mesofauna edáficas, e aumentou a dominância de organismos da ordem Collembola, que são organismos oportunistas de rápida reprodução e comuns em áreas agrícolas, que também foram beneficiados pelas condições climáticas.

O estudo mostrou que o ecossistema não foi resiliente dentro do período abrangido (1 ano), sendo dominado por alguns grupos e perdendo diversidade e uniformidade durante o cultivo de soja. Alguns grupos não se mostraram resilientes e adaptados a conversão: Blattodea, Diplura, Isopoda, Opiliones, Protura, Pulmonata e Tylenchida. Isso mostra que esses grupos foram susceptíveis ao processo de preparo do solo e correção, não se adaptaram à monocultura, podendo ter sido eliminados pela aplicação de agrotóxicos ou o ambiente se tornou propício para o desenvolvimento de inimigos naturais, como fungos e bactérias, que eliminaram esses grupos do sistema. A causa da eliminação desses grupos do sistema se mostra como uma lacuna e possível objetivo de estudo em posteriores estudos, já que nosso trabalho não pode estabelecer uma conclusão em relação ao motivo que esses grupos desapareceram, pois essas variáveis não foram isoladas.

A atividade alimentar mensurada pelo consumo de *bait lamina* aumentou após a segunda coleta, possivelmente devido a ao aumento populacional de Collembola na segunda coleta e Oligoquetas na terceira coleta. No entanto, o aumento da atividade alimentar também pode indicar um crescimento populacional da microbiota do solo, que pode ter sido influenciada pelas plantas presentes no sistema e pela quebra dos agregados do solo.

Contudo, nosso estudo avaliou apenas as alterações ocorridas no primeiro ano de conversão, sendo necessário o acompanhamento da área por um período mais longo, avaliando o estabelecimento do sistema e o comportamento dos invertebrados do solo ao decorrer de vários anos.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, A. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. **Crop Protection**, Oxford, v. 18, p. 651-657, 1999.
- ANDRADE, Daniel Junior *et al.* Efeito do déficit hídrico e da presença do vírus da Leprose dos citros na temperatura foliar e sua relação com a população de *Brevipalpus phoenicis* e a severidade da doença em plantas cítricas. *Laranja*, Cordeirópolis. v. 29. n. 1-2, p. 1-15. 2008.
- ALVARENGA, Ramon Costa *et al.* Plantas de Cobertura de Solo para Sistema Plantio Direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ALVES, Mauricio Vicente; BARETTA, Dilmar. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 1, p. 33-43, 2006.
- BARETTA, Dilmar *et al.* Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, v. 2, n. 2, p. 97-106, 2003.
- BARETTA, Dilmar *et al.* Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 5 (Especial), p. 871-879, 2014.
- BARETTA, Dilmar *et al.* Fauna Edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 7, p. 141-192, 2011.
- BARTZ, Marie Luise Carolina *et al.* The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45 p. 880-887, 2014.
- BARTZ, Marie Luise Carolina; PASSINI, Amarildo; BROWN, George Gardner. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, v. 69, p. 39-48, 2013.
- BEDANO, Jose Camilo; CANTÚ, Mario P.; DOUCET, Marcelo E. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil, **Applied Soil Ecology**, v. 32, n. 3, p. 293-304, 2006.
- BENDER, S. Franz.; VAN DER HEIJDEN, Marcel G. A. Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop productivity, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. **Journal of Applied Ecology**, v.52, ed.1, p.228-239, 2015.
- BEHAN-PELLETIER, Valerie M. Acari and Collembola biodiversity in Canadian agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.83, p.279-288, 2003.
- BROWN, J. *et al.* Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) can improve soil hydrological properties, **Applied Soil Ecology**, v. 46, n.1, p.9-16, 2010.

BROWN, George Gardner *et al.* Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: _____. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília** – DF, EMBRAPA, 2015.

BOLUND, Per; HUNHAMMAR, Sven. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, v. 29, p. 293-301, 1999.

BONATO, Emidio Rizzo.; BONATO, Ana Lidia Variani. A soja no Brasil: História e estatística. **EMBRAPA**, 1987, 61p.

CHAUVEL, Amand *et al.* Pasture damage by an Amazonian earthworm. **Nature**, v. 4, p. 32-33, 1999.

CIVIDANES, Francisco Jorge. Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 15-23, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Levantamento setembro 2020 – safra 2019/2020**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2020. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2020.

CORREIA, Maria Elizabete; OLIVEIRA, Luís Cláudio M. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2000, 42p.

COSTANZA, Robert *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.

CULLEN, Eillen; SCHRAMM, S. **Two-spotted spider mite management in soybean and corn**. Madison: University of Wisconsin – Extension, 2009.

DANGLES, Olivier; MALMQVIST, Bjorn. Species richness–decomposition relationships depend on species dominance. **Ecology Letters**, v. 7, p. 395-402, 2004.

DECHEN, Antonio Roque *et al.* Micronutrientes. In: SBCS. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS. 2 ed, 2018. p. 491-562.

DEMETRIO, Wilian C. *et al.* Earthworms in Brazilian no-tillage agriculture: Current status and future challenges. **European Journal of Soil Science**, v. 71, ed. 6, p. 988– 1005, 2020.

DOMÍNGUEZ, Anahí *et al.* Toxicity of AMPA to the earthworm *Eisenia andrei Bouché*, 1972 in tropical artificial soil. **Scientific Report**, v. 6, 2016.

EKSCHMITT, K.; WEBER, M.; WOLTERS, V. Spiders, carabids, and staphylinids: the ecological potential of predatory macroarthropods. In: BENCKISER, G. (Ed.). **Fauna in soil ecosystems: recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production**. New York: Marcel Dekker, p. 307-362, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Soja: Dados econômicos- safra 2019/2020**. 2020. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 22 de novembro de 2020.

EMDEN, H. F.; WILLIAMS, G. F. Insect stability and diversity in agro-ecosystems. **Annual Review of Entomology**, v. 19, p. 455-474, 1974.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Plantas Daninhas**. 2007-Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-plantas-daninhas/sobre-o-tema> Acesso em 03 jul. 2019.

FREITAS, Marcio de Campos Martins. A cultura da soja no brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera-Centro Científico Conhecer**, v. 7, n. 12, 2011.

FRENCH, B. Wade; ELLIOTT, Norman C.; BERBERET, Richard C. Reverting conservation reserve program lands to wheat and livestock production: effects on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) assemblages. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 27, p. 1323-1335, 1998.

FORSTER, Bernhard *et al.* Ring-testing and field-validation of a terrestrial model eco- system (TME) - an instrument for testing potentially harmful sub- stances: effects of carbendazim on organic matter breakdown and soil fauna feeding activity. **Ecotoxicology**. v. 13, p. 129-141, 2004.

GANGE, Alan. Arbuscular mycorrhizal fungi, Collembola and plant growth. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 15, p. 369–372, 2000.

GAZZONI, Décio Luiz.; DALL’AGNOL, A. **Soja: Quebrando recordes**. CESB, 2018.

GARDI, Ciro *et al.* Soil biodiversity monitoring in Europe: ongoing activities and challenges. **European Journal of Soil Science**, v. 60, n. 5, p. 807-819, 2009.

HENDRIX, Paul F. *et al.* Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, U.S.A. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 24, p. 1357-1361, 1992.

HECKLER, João Carlos; HERNANI, Luiz Carlos, PITOL, Carlos. Palha. In: SALTON, Julio Cezar; HERNANI, Luiz Carlos; FONTES, Clarice Zanoni (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. p. 37- 49. 1998.

HULSMANN, A., WOLTERS, V. The effects of different tillage practices on soil mites, with particular reference to Oribatida. **Appl. Soil Ecol.** v. 9, p. 327–332. 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Dados Meteorológicos Município Rio do Pardo, RS**. 2021

KLIMEK, Beata *et al.* Application of the bait-lamina method to measure the feeding activity of soil fauna in temperate forests. **Polish Journal of Ecology**, v. 63, n. 3, p. 291–300, 2015.

KRAFT, Elston *et al.* Edaphic fauna affects soybean productivity under no-till system. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 2, 2021.

KORBOULEWSKY, Nathalie; PEREZ, Gabriel; CHAUVAT, Matthieu. How tree diversity affects soil fauna diversity: A review, **Soil Biology and Biochemistry**, v. 94, p. 94-106, 2016.

LAVELLE, Patrick. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, 2006.

LAVELLE, Patrick *et al.* Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, 2006.

LEHMITZ, Ricarda *et al.* Active dispersal of oribatid mites into young soils. **Applied Soil Ecology**, v. 55, p. 10–19, 2012.

LENSING, Janet R.; TODD, Sara; WISE, David H. The impact of altered precipitation on spatial stratification and activity-densities of springtails (Collembola) and spiders (Araneae). **Ecological Entomology**, v. 30, n. 2, p. 194-200, 2005.

LOBRY de BRUYN, L.A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 425-441, 1999.

MIELE, Marcelo; WAQUIL, Paulo Dabdab; SCHULTZ, Glauco. **Mercado e comercialização de produtos agroindustriais**. 1 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2011, 80 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2013/2014 a 2023/2024**. Brasília: MAPA/ACS, 2014. 100 p.

MOORE, J. C.; WALTER, D. E. Arthropod regulation of micro-and mesobiota in below-ground detrital food webs. **Annual Review of Entomology**, v. 33, p. 419-439, 1988.

MOSCARDI, Flavio *et al.* Artrópodes que atacam as folhas da soja, in: HOFFMANN-CAMPO, Clara Beatriz; CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spading; MOSCARDI, Flavio. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**, Embrapa, Brasília, p. 211 – 334, 2012.

MOREIRA, Samuel Dias; TOMAZ, Rafael Simões; LIMA, Ronaldo Cintra. Avaliação de produtividade da cultura da soja semeado sobre três cultivares de *Urochloa* sp. em SPD e em sistema convencional. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 6, dez. 2017.

RUSHTON, S. P.; LUFF, M. L.; EYRE, M. D. Effects of Pasture Improvement and Management on the Ground Beetle and Spider Communities of Upland Grasslands. **Journal of Applied Ecology**, v. 26, n. 2, p. 489–503, 1989.

OLIVEIRA FILHO, Luís. Carlos. Iunes.; BARETTA, Dilmar. Por que devemos nos importar com os colêmbolos edáficos? **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 2, p. 21-40, 2016.

OLIVEIRA JR, Rubens Silverio. **Introdução ao controle químico. Biologia e Manejo de Plantas Daninhas.** 2011.

OLIVEIRA, Lenita J.; MALAGUIDO, Andrea B. Flutuação e distribuição vertical da população do percevejo castanho-da-raiz, *Scaptocoris castanea* Perty (Hemiptera: Cydnidae), no perfil do solo em áreas produtoras de soja nas regiões centro-oeste e sudeste do Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 283-291, 2004.

PAOLETTI, Maurizio G.; HASSALL, Mark. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators, **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 157-165, 1999.

PAZ-FERREIRO, Jorge; FU, Shenglei. Biological indices for soil quality evaluation: perspectives and limitations. **Land Degradation and Development**, v. 27, p. 14-25, 2016.

PIROLLA, Mayara Lopes; BENTO, Rafael Mascaro. **O brasil e a soja: sua história e as implicações na economia brasileira.** 2008.

POMPEO, Pamela Niederauer *et al.* Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Scientia Agraria**, v. 17, p. 16-28, 2016.

RABATIN, Susan C.; STINNER, Benjamin R. Indirect effects of interactions between VAM fungi and soil-inhabiting invertebrates on plant processes. **Agric. Ecosyst. Environ**, v. 24, p. 135 – 146, 1988.

RAPPORT, D. J; REGIER, H. A.; HUTCHINSON, T. C. Ecosystem behavior under stress. **The American Naturalist**, v. 125, n. 5, p. 617-640, 1985.

RASHID, Muhammad Imtiaz *et al.* Soil pH and earthworms affect herbage nitrogen recovery from solid cattle manure in production gressland. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 68, p. 1-8, 2014.

ROEDER, Karl A.; ROEDER, Diane. A checklist and assemblage comparison of ants (Hymenoptera: Formicidae) from the Wichita Mountains Wildlife Refuge in Oklahoma. **Check List**, v. 12, n. 4, p. 1-15. 2016.

RODRIGUES, Carolina Candida *et al.* Análise econômica do cultivo da soja, milho e sorgo em propriedade rural, interior de goiás. **Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada de Pós-Graduação em Produção Vegetal**, UEL, Campus Ipameri. 2017.

RÖMBKE, Jorg *et al.* Feeding activities of soil organisms at four different forest sites in Central Amazonia using the *bait lamina* method. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 22, n. 3, p. 313–320, 2006.

ROSA, Marcio Gonçalves *et al.* Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1544-1553, 2015.

SNYMAN, H.A. Rangeland degradation in a semi-arid South Africa. I. Influence on seasonal root distribution, root/shoot ratios and water-use efficiency. **Arid Environ**, n. 60 p. 457-481, 2005.

SOBRINHO, Teodorico Alves *et al.* Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003.

STERZYŃSKA, Maria *et al.* Responses of soil microarthropod taxon (Hexapoda: Protura) to natural disturbances and management practices in forest-dominated subalpine lake catchment areas. **Scientific Report**, v. 10, 2020.

SWIFT, M. J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. University of California, Berkeley, 1979.

SYMONDSON, W. O. C. *et al.* Effects of cultivation techniques and methods of straw disposal on predation by *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae) upon slugs (Gastropoda: Pulmonata) in an arable field. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 33, p. 741-753, 1996.

TÜRKE, Manfred; LANGE, Markus; EISENHAEUER, Nico. Gut shuttle service: endozoochory da dispersão limitada da fauna do solo por gastrópodes. **Oecologia** v. 186, p. 655–664, 2018.

TÜRKE, Manfred *et al.* Seed consumption and dispersal of ant-dispersed plants by slugs. **Oecologia** v. 163, p. 681–693, 2010.

VAN GROENIGEN, Jean Willen *et al.* Earthworms increase plant production: a meta-analysis. **Scientific Reports**, v. 4, p. 1-7, 2014.

VIANA, João Garibaldi Almeida; SILVEIRA, Vicente Celestino Pires. Custos de produção e indicadores de desempenho: metodologia aplicada a sistemas de produção de ovinos. **Custos e Agronegócio**. v. 4, n. 3, 2008.

VASCONCELLOS, Rafael L. F. *et al.* Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v. 58, p. 105-112, 2013.

YANG, Si-Hua *et al.* Evaluation of *Stratiolaelaps scimitus* (Acari: Laelapidae) for controlling the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae). **Scientific Report**, v. 10, 2020.

ZORNOZA, Raul *et al.* Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health. **Soil Journal**, v. 1, p. 173-185, 2015.