

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE SANTANA DO LIVRAMENTO
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**ANÁLISE DA MACROFAUNA EDÁFICA EM POMAR NO BIOMA PAMPA:
SUBSÍDIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS**

SANTANA DO LIVRAMENTO

2021

BIANCA CRISTIELI DA SILVA

**ANÁLISE DA MACROFAUNA EDÁFICA EM POMAR NO BIOMA PAMPA:
SUBSÍDIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como requisito parcial de
obtenção do título de Bacharel em Agronomia
na Universidade Estadual do Rio Grande do
Sul.

Orientadora: Prof.^a Dra. Adriana Carla Dias
Trevisan

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Antonio
Benamú

SANTANA DO LIVRAMENTO

2021

Catálogo de Publicação na Fonte

S586a Silva, Bianca Cristieli da.
Análise da macrofauna edáfica em pomar no bioma Pampa: subsídios para
implantação de quintais agroflorestais. / Bianca Cristieli da Silva. – Santana
do Livramento, 2021.
41 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Carla Dias Trevisan.
Coorientador: Prof. Dr. Marco Antonio Benamú.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Unidade em
Santana do Livramento, 2021.

1. Bioindicadores. 2. Cromatografia. 3. Macrofauna. 4. Qualidade do solo.
5. Sistemas agroflorestais. I. Trevisan, Adriana Carla Dias. II. Benamú, Marco
Antonio III. Título.

BIANCA CRISTIELI DA SILVA

**ANÁLISE DA MACROFAUNA EDÁFICA EM POMAR NO BIOMA PAMPA:
SUBSÍDIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a Dra. Adriana Carla Dias Trevisan
Co-orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Benamú

Aprovado em: 29 / 01 / 2021

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a Dra. Adriana Carla Dias Trevisan
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof Dr. Cláudio Becker
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof Dr. Vagner Me. Vagner Lopes da Silva
Universidad de la República del Uruguay – Udelar
CENUR Litoral Norte - Facultad de Agronomía

Primeiramente agradeço a Deus e a minha família que me deu todo apoio necessário para que esse sonho fosse realizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por todo apoio financeiro e emocional;

Agradeço aos meus amigos pelo apoio e ajuda no decorrer do trabalho;

Agradeço a minha orientadora por me proporcionar aprendizado, além da assistência em todo momento, apesar dos momentos adversos enfrentados.

Agradeço a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) pela oportunidade de aprendizado;

Agradeço a todos os professores que me passaram seus conhecimentos durante o curso;

Agradeço a Universidade da República do Uruguai (UdelaR) pela parceria e oportunidade de aprendizado.

RESUMO

Os sistemas agroflorestais promovem benefícios em modelos produtivos sustentáveis e podem mitigar os impactos causados pelo manejo insustentável de produção agrícola contemporânea. Isso ocorre em função de os SAFs promoverem a cobertura do solo, aumentarem a ciclagem de nutrientes e a diversidade de organismos da fauna edáfica. A fauna edáfica promove serviços ecossistêmicos a partir do acionamento de diversas funções ecológicas no agroecossistema e a sua presença ou ausência pode ser considerada como bioindicador da qualidade do solo e do impacto em diferentes sistemas de manejo. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a diversidade da macrofauna edáfica por meio de amostragens aliada a aplicação da cromatografia de Pfeiffer em um pomar em Santana do Livramento (RS) localizado no Campus Rural da UERGS. Para avaliação da fauna edáfica foram realizadas coletas em dois períodos em 2019 a partir de dois transectos com dez amostras aleatórias. Para a cromatografia de Pfeiffer foi realizada uma amostra composta de cinco amostras aleatórias. As amostras coletadas foram levadas e processadas no Laboratório de Sistemas Agroalimentares Sustentáveis da Udelar/Cenur-Noroeste sede Rivera. A macrofauna foi mais abundante e diversificada no inverno no transecto situado na parte mais alta do pomar e no verão na porção mais baixa. Os cromatogramas revelaram que o solo da área é de textura arenosa com sinais de compactação superficial e baixa taxa de mineralização de matéria orgânica. A avaliação da macrofauna do solo, especialmente, de seus grupos funcionais, aliado a técnica de cromatografia pode ser um instrumento para diagnosticar o estado de saúde do solo. Esta abordagem pode ser convertida em indicadores para a promoção de sistemas produtivos biodiversos, especialmente quintais agroflorestais que, de forma condicional, prevê o componente perene no sistema.

Palavras-chave: bioindicadores, cromatografia, macrofauna, qualidade do solo, sistemas agroflorestais.

RESUMEN

Los sistemas agroforestales promueven beneficios en los modelos de producción sostenible y pueden mitigar los impactos causados por la gestión insostenible de la producción agrícola contemporánea. Esto se debe al hecho de que los SAFs promueven la cobertura del suelo, aumentan el ciclo de nutrientes y la diversidad de organismos de la fauna edáfica. La fauna edáfica promueve servicios ecosistémicos basados en la activación de varias funciones ecológicas en el agroecosistema y su presencia o ausencia puede considerarse como un bioindicador de la calidad del suelo y del impacto en los diferentes sistemas de manejo. El objetivo de esta investigación es profundizar en la caracterización de la macrofauna edáfica por medio de muestreos del perfil del suelo en conjunto con la técnica de cromatografía de Pfeiffer en un área con frutales en Santana do Livramento (RS). Para la valoración de la fauna edáfica se realizaron dos periodos de colecta en el año 2019, en dos transectos y diez muestras aleatorias. Para la cromatografía de Pfeiffer, una muestra se compuso de cinco muestras aleatorias. Las muestras recogidas fueron tomadas y procesadas en el Laboratorio de Sistemas Agroalimentarios Sostenibles de UdelaR/CENUR-Noroeste sede Rivera. Los cromatogramas revelaron que el suelo de la zona tiene una textura arenosa con compactación superficial y baja tasa de mineralización de materia orgánica. La macrofauna fue más abundante y diversificada en invierno en el transecto ubicado en la parte más alta del predio y en verano en la parte más baja. La evaluación de la macrofauna del suelo, especialmente de sus grupos funcionales, combinada con la técnica de cromatografía, puede ser un instrumento para diagnosticar el estado de salud del suelo. Este enfoque puede convertirse en indicadores para la promoción de sistemas productivos biodiversos, especialmente los quintales agroforestales que, condicionalmente, proveen el componente perenne del sistema.

Palabras-clave: bioindicadores, calidad del suelo, cromatografía, macrofauna, sistemas agroforestales.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Número de indivíduos por grupo funcional	27
Tabela 2- Relação entre frequência relativa (FR) por ordem taxonômica.....	29
Tabela 3- Relação entre densidade relativa (DR) nos distintos períodos de coleta	32
Tabela 4- Relação entre riqueza, abundância e índices de diversidade.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização do pomar em Santana do Livramento	19
Figura 2 – Etapas de elaboração da cromatografia de Pfeiffer.....	22
Figura 3 - Etapas da coleta da macrofauna edáfica.....	24
Figura 4 - Cromatogramas dos transectos	25

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Síntese dos dados dos cromatogramas dos transectos	26
Gráfico 2 - Total de indivíduos no quintal.....	27
Gráfico 3 - Relação entre densidade absoluta e os grupos funcionais nos diferentes transectos nos períodos de inverno e verão.....	30
Gráfico 4 - Índices de diversidade e equitabilidade.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	19
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	20
4.2.1. Cromatografia de Pfeiffer.....	20
4.2.2. Macrofauna edáfica.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1. CROMATOLOGRAFIA DE PFEIFFER	25
5.2 MACROFAUNA EDÁFICA	26
6. CONCLUSÕES	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são arranjos produtivos que, em sinergia com os recursos naturais e os conhecimentos locais, promovem a biodiversidade a partir da utilização de espécies botânicas perenes e não perenes, podendo agregar ou não animais ao sistema produtivo (TREVISAN; BENAMU; SILVA, 2020). Os SAFs promovem benefícios em modelos produtivos sustentáveis e podem mitigar os impactos causados pelo manejo insustentável de produção agrícola contemporânea (DE FREITAS *et al.*, 2018). Isso ocorre em função de que os SAFs promovem a cobertura do solo, aumentam a ciclagem de nutrientes e diminuem a depleção de minerais, incrementando a produtividade do sistema agropecuário (BARISAUX, 2017; CANUTO, 2017). Os quintais agroflorestais são SAFs com propósito múltiplo que se localizam próximo às residências e tem garantido a segurança nutricional e alimentar bem como promovido a geração de renda e sustentabilidade no uso da terra (MBOW *et al.*, 2014). Assim, os SAFs no território do Pampa são estratégicos no sentido de mitigar os efeitos deletérios do modelo de intensificação produtiva bem como promover a adaptação à realidade cada vez mais acentuada de variabilidade climática.

O solo é um recurso natural não renovável, um ambiente vivo e dinâmico que fornece sustento a todos os organismos vivos e onde ocorrem processos fundamentais aos ecossistemas e agroecossistemas tais como: ciclagem das águas, carbono, nitrogênio e fósforo. A seleção e aplicação de indicadores que reflitam a sua qualidade respondem à necessidade de proteção dos serviços ecossistêmicos em função da crescente deterioração ambiental (CABRERA-DÁVILA, 2014). A qualidade do solo é condição básica para qualquer tipo de sistema produtivo e pode ser definida como a capacidade funcional do agroecossistema no sentido de sustentar a sobrevivência e crescimento de plantas e animais (BARETTA *et al.*, 2010). A perda da função ecológica do solo pode ser monitorada a partir de indicadores, tal como a presença ou ausência da macrofauna, a qual indica tanto o grau de qualidade como de distúrbio do local. O termo macrofauna refere-se a invertebrados maiores que 10 mm de comprimento e/ou 2 mm de largura, tais como Oligochaeta, Isopoda, Hymenoptera, Chilopoda, Diplopoda, Isoptera, Coleoptera, Araneae e Gastropoda (VASCONCELLOS *et al.*, 2013).

A fauna do solo tem alta sensibilidade às modificações biológicas, físicas e químicas, resultantes das diferentes práticas de manejo do solo e de cultivo, interferindo na dinâmica de populações da macrofauna edáfica local (BARETTA *et al.*, 2011; VIÑAS 2020). A

macrofauna do solo inclui mais de 20 grupos taxonômicos (minhocas, cupins, formigas, centopéias, tesourinhas, grilos, baratas etc.) que consomem solo (geófagos), matéria orgânica (humívoros), serrapilheira (detritívoros), madeira (xilófagos), raízes (rizófagos), animais (parasitas/predadores) e fungos (fungívoros), com dimensões acima de 10,0 mm de comprimento e 2,0 mm de diâmetro (DEVIDE & CASTRO, 2015). Os organismos que compõem a macrofauna do solo atuam como engenheiros do ecossistema, pois influem na disponibilidade de recursos para outros organismos, escavam, ingerem e transportam material mineral e orgânico do solo; assim, produzem estruturas biogênicas e promovem a diversidade biológica de outros grupos tróficos (DEVIDE & CASTRO, 2015).

Os macroinvertebrados edáficos atuam nas propriedades físicas, biológicas e químicas do solo, tais como: matéria orgânica, umidade, compactação e porosidade. Nessa dinâmica entre componentes das comunidades biológicas destaca-se a forte relação entre a diversidade das comunidades de plantas e da fauna edáfica (AMAZONAS *et al.*, 2018; AYUKE *et al.*, 2009) e a alta susceptibilidade que a macrofauna do solo tem com às mudanças na cobertura vegetal (LAVELLE, SENAPATI, BARROS, 2003). Nesse sentido, a fauna edáfica pode ser considerada como bioindicador da qualidade ou fertilidade do solo e do impacto em diferentes sistemas de manejo (CABRERA-DÁVILA, 2014; LAVELLE, SENAPATI, BARROS, 2003) e devido à alta suscetibilidade da macrofauna às mudanças na cobertura vegetal e as consequentes mudanças nas variáveis ambientais locais, muitos autores propõem seu uso como indicadores de qualidade ou alteração ambiental (LAVELLE, SENAPATI, BARROS, 2003).

A cromatografia é um método de análise que determina a intensidade de vida no solo por meio do catabolismo e anabolismo microbiano e expressa em formas e colorações distintas nos cromatogramas (RESTREPO RIVERA & PINHEIRO, 2011). Os autores citados destacam que as análises de solo convencionais, não são capazes de descrever os nutrientes que estão de fato disponíveis para as plantas. Como é necessário que a vida no solo facilite o acesso das plantas aos nutrientes é recorrente o fato de um agricultor obter um laudo de boa qualidade químico-física e de quantidade de minerais, e, mesmo assim, identificar baixa produtividade (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2018). A rápida avaliação da qualidade do solo é uma importante estratégia no planejamento agrícola, possibilitando a identificação e o aprimoramento de sistemas de manejo com características de alta produtividade e de preservação ambiental (AMADO *et al.*, 2007). Assim, essa técnica alia-se a dimensão da

diversidade da macrofauna do solo na direção de conduzir processos de tomada de decisão para manejo e uso do solo.

Nesse sentido, o solo, para o bioma Pampa é o gatilho para diversas funcionalidades ecológicas no sistema produtivo e a presença de organismos da macrofauna edáfica confere uma dinâmica de processos essenciais à fertilidade do solo e controle populacional de espécies indesejáveis (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2018). Assim, uma maior estabilidade entre as comunidades florísticas e edáficas benéficas é promovida em SAFs, uma vez que os elementos lenhosos cedem resíduos, folhas e frutos, que, ao caírem no solo, são decompostos pela fauna edáfica local. Numa dinâmica entre plantas e solo, esse processo aumenta o teor de matéria orgânica do solo, promove o aumento da fertilidade, a disponibilização de nutrientes às plantas e, o manejo de sombra, faz com que espécies pioneiras indesejáveis não sejam dominantes (DEVIDE & CASTRO, 2015; SWIFT & BIGNELL, 2001).

Diante do exposto, promove-se uma ênfase às estratégias conectadas de produção agrícola de base ecológica e de conservação do Pampa a partir da utilização de sistemas biodiversos com alta estabilidade às perturbações. A promoção do conhecimento e utilização da macrofauna do solo associada a técnica da cromatografia junto aos agricultores familiares é de extrema importância, pois pode ser uma alternativa para verificação da qualidade do solo, sem a necessidade de tecnologias avançadas. Este projeto está inserido em um projeto mais amplo chamado “Uso da Biodiversidade e Atributos Funcionais como Instrumentos Práticos de Manejo em Quintais Agroflorestais no Pampa” liderado pelo grupo de pesquisa Ecologia dos Saberes em Agroecossistemas do bioma Pampa-Ecos do Pampa. Tal projeto tem por objetivo a caracterização de pomares de frutíferas, estabelecidos em propriedades de agricultores familiares no Pampa, visando a avaliação da importância da biodiversidade de espécies botânicas perenes e a implantação de quintais agroflorestais. Os pomares escolhidos estão em transição para a intensificação ecológica e o grupo de pesquisa vem incentivando os agricultores com o conhecimento e fornecimento de mudas de arbóreas nativas do bioma Pampa. Os dados coletados por esse projeto buscam uma base para análise da correlação entre a diversidade acima e abaixo do solo, ou seja, da macrofauna edáfica e da flora espontânea, e a produtividade dos pomares. Além das propriedades de agricultores familiares, foi estabelecido como testemunha, um pomar localizado no Campus Experimental da UERGS.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo a avaliação da qualidade biológica do solo de um pomar de caquizeiros estabelecidos há 50 anos no Campus Experimental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul em Santana do Livramento como instrumento balizador para posterior implantação de SAFs.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterização da qualidade do solo a partir da determinação da macrofauna edáfica e aplicação da técnica de cromatografia de Pfeiffer em um pomar em Santana do Livramento (RS) como instrumento para a implantação de quintais agroflorestais na região.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar a comunidade de macrofauna em duas estações do ano no pomar do Campus da UERGS;
2. Caracterizar a riqueza e abundância da macrofauna edáfica;
3. Confeccionar cromatogramas do solo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Os solos são recursos naturais não renováveis de grande importância tanto pelos serviços ecossistêmicos intrínsecos quanto por ser a fonte de alimento para grande parte dos seres vivos, incluindo os seres humanos (FAO; GTIS, 2015). Dessa forma, é essencial a manutenção da qualidade do solo, entendida como a sua capacidade de conservar continuamente a produtividade dos ecossistemas e agroecossistemas. Na atualidade, é comum o processo de deterioração desse importante recurso natural que, segundo diversos autores, se refere a perda ou decréscimo do potencial e capacidade produtiva, biológica e/ou econômica desse recurso (MVOTMA, 2014). Esse processo de deterioração tem sido resultante do modelo preponderante de intensificação agrícola em que há diminuição do carbono orgânico do solo, redução da biomassa microbiana e dos processos de ciclagem de nutrientes, gerando assim, um desserviço ao sistema (WILLIAMS & HEDLUND, 2014).

Os solos guardam imensa diversidade biológica a qual podemos classificar como microflora, microfauna, mesofauna e macrofauna (GARCÍA & BELLO, 2004). A fauna do solo ou fauna edáfica é formado por animais invertebrados, que passam toda ou parte de sua vida no perfil do solo, em sua superfície, na serapilheira ou nos restos culturais em decomposição (CABRERA; RIVERO; VIGOA, 2015). A fauna edáfica se destaca como um dos principais componentes do solo e é composta por grupos que desempenham diversas funções no sistema solo, tais como: modificação de sua estrutura por construção de galerias (ANDERSON, 1988), transformação da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (GARCÍA & BELLO, 2004). Segundo Huber & Morselli (2011), os organismos da macrofauna edáfica contribuem para a avaliação de manejos e sistemas de produção agrícola. A macrofauna edáfica pode colaborar para o desenvolvimento de estratégias de recuperação do solo ou mitigação de danos causados ao solo devido a manejos inadequados (ROVEDDER *et al.*, 2009).

A fauna do solo pode ser classificada de acordo com vários critérios, incluindo sua taxonomia, funcionalidade, hábitos alimentares e diâmetro corporal. Para além da classificação de acordo com o tamanho dos organismos que a compõem, a classificação de acordo com os diferentes papéis que desempenham no solo emerge como muito importante ao manejo. Nesse sentido, identifica-se no solo os seguintes grupos funcionais: predadores - organismos que se alimentam de outros organismos vivos, detritívoros – organismos que participam do processo de decomposição, fitófagos - aqueles que se alimentam de material

vegetal vivo, e, engenheiros do solo - que modificam as propriedades físicas do solo (CABRERA; ROBAINA; PONCE DE LEON, 2011).

A composição dos grupos funcionais no solo varia em composição, abundância e diversidade, dependendo do grau de distúrbio identificado. A variação do grau de distúrbio é diretamente relacionada com o processo de mudança no uso do solo, fato que possibilita utilizar a identificação dessas comunidades como bioindicadores de qualidade ou alteração ambiental (CABRERA, 2012). O solo deteriorado não tem vida, é apenas um substrato, e, ao incorporarmos matéria orgânica, como em SAFs, agregamos vida a este solo. Assim, com a presença de água os microrganismos se desenvolvem a partir do consumo de matéria orgânica e consequente processo de crescimento populacional. Cria-se a trama da vida entre microrganismos, matéria orgânica e minerais do solo, um conjunto inseparável para compreensão da profundidade natural da vida. São os microrganismos que vivificam e mobilizam os nutrientes que se encontram nos solos para disponibilizá-los às plantas (RIVERA, 2014).

Nesse sentido, o manejo adequado do solo exige compreensão das interações inerentes a este sistema, busca por intervenções menos agressivas a fim de preservar o seu equilíbrio no sentido de promover uma coesão entre matéria orgânica, minerais e microrganismos. Assim, o agroecossistema em equilíbrio se torna resiliente, isto é, consegue se restabelecer após um período de estresse demandando menos energia e insumos externos (ALTIERI, 1998). Segundo Zerbino (2005) a riqueza, a diversidade, a equitabilidade e a predominância dos diferentes grupos funcionais componentes da macrofauna do solo variam de acordo com a intensidade e frequência de perturbação. O autor ainda destaca que a avaliação da macrofauna pode ser uma ferramenta útil para avaliar a sustentabilidade das inovações tecnológicas no manejo do solo. Para a estimativa da qualidade do solo, têm-se adotado o uso de indicadores, atributos que permitem examinar a sustentabilidade do agroecossistema por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos. O diagnóstico qualitativo permite avaliação e regulação dos manejos adotados, assegurando tomada de decisões mais conscientes dos processos que envolvem o sistema agrícola (GRACIANO, 2018).

Ao entender que as características de um solo, bem como a sua qualidade são determinadas em grande parte pelos organismos nele existentes torna-se evidente a interferência desses organismos nos processos de decomposição bem como na textura, estrutura e capacidade de retenção de água do solo (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). Com isso, a partir da caracterização desses organismos existentes no solo, a técnica de Cromatografia de Pfeiffer (CP), apesar de pouco difundida, pode ser uma grande aliada nos

processos de tomada de decisão de manejo agrícola. A CP consiste em um método refinado de análise integrada das dimensões físicas, químicas e biológicas do solo, permitindo que técnicos e agricultores percebam as carências e qualidades do solo (PILON *et al.*, 2014). Por meio da perspectiva de alternativas para a análise de solos, a cromatografia pode ser utilizada como ferramenta para este fim, sendo esta, um holograma da saúde do solo (NOVAES *et al.*, 2017). No cenário da agricultura, a CP, surge como uma análise eficiente, simples e de baixo custo, trazendo autonomia ao pequeno agricultor rural (CARMO *et al.*, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O presente estudo é uma parceria entre a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) e a Universidade da República do Uruguai (UdelaR). O trabalho foi realizado no Campus Rural da UERGS no pomar composto por uma única espécie frutífera, o caqui (*Diospyros sp.*) cujo plantio foi realizado há aproximadamente 50 anos pela extinta Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) sem identificação varietal da espécie utilizada (figura 1). Em função deste projeto estar inserido em um projeto maior, que objetiva a implantação de quintais agroflorestais a partir de pomares implantados há mais de 10 anos, o presente pomar foi denominado de quintal 1 (Q1). No escopo do projeto, Q1 representa a área testemunha ou de manejo controlado, quando comparado aos pomares nas áreas de agricultores familiares.

Figura 1- Localização do pomar em Santana do Livramento



Fonte: Google Earth (2021)

O Q1 situa-se nas coordenadas 30°52' 34.03" S e 55°25' 55.40" O. A região possui um relevo suave ondulado, solos do tipo argisolo vermelho distrófico abrupático, A moderado, textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado (FLORES *et al.*, 2007). Segundo classificação de Köppen o clima é tipo Cfa com temperaturas médias que variam entre 15°C a 18°C, com mínimas de até -10°C e máximas de 40°C e precipitações médias anuais de 1.500

mm (SPGG-RS, 2021). A área na qual se encontram as plantas de caqui totaliza 1008 m², com declividade moderada e estão inseridas dentro da área do Campus Rural da UERGS, que possui 28,5 ha.

O pomar possui 37 caquizeiros espaçados com aproximadamente 6×6 metros. Segundo registros da antiga gestão, há pelo menos 30 anos não é realizado tratamentos culturais fundamentais, como podas de limpeza e formação, por essa razão alguns indivíduos estão infestados por erva de passarinho (*Struthanthus flexicaulis*). Porém, mesmo sem realizar um manejo adequado da área, são plantas que têm uma produção notória, com frutos saudáveis, com ótima qualidade, de tamanho adequado, sanidade boa e sabor adocicado. Ao redor do caquizal existe uma cortina de ciprestes (*Cupressus sempervirens*) com espaçamento frontal de 7 m e lateral de 15 m na direção sudeste. Em decorrência do presente projeto, e, aliando a disciplina de Sistemas Agrossilvopastoris, no mês de setembro de 2019 realizou-se uma limpeza na área em estudo e, com o auxílio de tesouras e serrotes, foram efetuadas podas de limpeza nas árvores, cortando-se galhos e ramos improdutivos, secos e doentes. Também foram retirados galhos que estavam direcionados para o centro da árvore, para melhor desenvolvimento e renovação dos caquizeiros.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para a realização da amostragem da macrofauna edáfica foram delimitados transectos aleatórios de 5 m × 25 m, e coletadas amostras de perfil do solo de 0-10cm, de 10-20cm e nas armadilhas *pitfall*. O Q1 foi estratificado em dois transectos devido ao relevo diferenciado (T1 e T2), assim o Q1 foi designado como Q1T1 e Q1T2. Foram realizadas duas épocas de coleta no ano de 2019, uma no inverno no mês de julho outra no verão em final de dezembro. Além das amostragens do perfil do solo, dentro dos transectos foi realizada uma amostragem aleatória de cerca de 250 g de solo em uma profundidade de 20 cm para aplicação do método de cromatografia de Pfeiffer (RESTREPO RIVERA & PINHEIRO, 2011; PILON, *et al.*, 2018). As amostras compostas coletadas foram levadas e processadas no Laboratório de Sistemas Agroalimentares Sustentáveis da Udelar/Cenur-Noroeste (sede Rivera).

4.2.1. Cromatografia de Pfeiffer

Inicialmente foram retiradas pedras, galhos e outros resíduos das amostras de solo e secos à sombra. Após secagem, as amostras foram moídas em almofariz com pistilo,

peneiradas em tecido de voal e retirada subamostras de 5gr cada. Em seguida, cada subamostra foi inserida em um frasco de Erlenmeyer com 50 ml de solução extratora de hidróxido de sódio PA (NaOH) a 1% em água destilada, previamente elaborada. A solução resultante foi agitada manualmente, na primeira hora a cada 15 minutos e depois a cada hora, totalizando um período de 6 horas. Durante o repouso da solução, foi processada a perfuração central (2 mm) no papel de filtro circular (*Whatman* nº1) além de duas marcações a lápis, uma a 4 cm e outra a 6 cm do centro. Em seguida um pavio de 2 cm × 2 cm, confeccionado com o próprio papel filtro, foi inserido na perfuração central do círculo. Em seguida, o papel filtro foi colocado sobre uma placa de Petri com 3 ml de solução de nitrato de prata (AgNO₃) a 5% e, quando essa solução reveladora atingiu, por umedecimento, a marca de 4 cm do centro, foi retirado o pavio e o filtro circular foi colocado em uma caixa escura para secagem. Em seguida, realizou-se o mesmo procedimento do papel filtro e placa de Petri, contudo, na placa foi adicionado 5 ml do material sobrenadante da solução solo + NaOH a 1% decantada por 6 horas e o filtro com AgNO₃ a 5% seco. O cromatograma foi revelado no momento em que a solução do solo alcançou a marca de 6 cm, aí retirou-se o pavio e colocou os cromatogramas para secar. Para interpretação dos dados dos cromatogramas, elaborou-se um gráfico considerando as seguintes variáveis: matéria orgânica, metabolização mineral, atividade de microrganismos, compactação do solo e umidade do solo. Para elaboração do mesmo foi utilizada uma pontuação de 0-2 por descritor de qualidade do solo sendo que 0 representou as condições menos desfavoráveis e 2 as mais favoráveis. Na figura 1 pode ser observado os registros fotográficos dos procedimentos realizados.

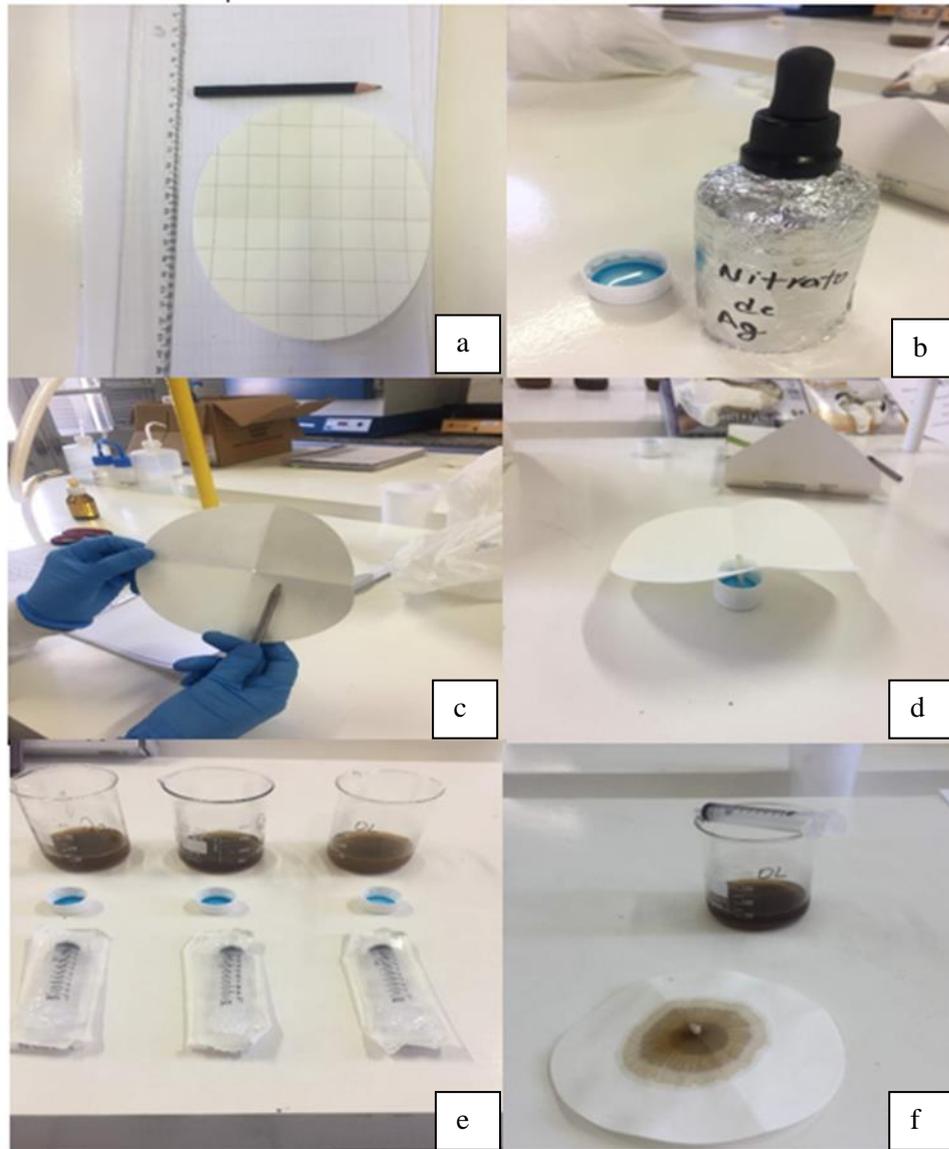


Figura 2 – Etapas de elaboração da Cromatografia de Pfeiffer

a) preparação do papel filtro, b) solução de AgNO_3 0,5%, c) perfuração central do papel filtro, d) impregnação de AgNO_3 no papel filtro, e) soluções de AgNO_3 e do solo com NaOH 1%, f) cromatograma em revelação. Fonte: autora (2021).

4.2.2. Macrofauna edáfica

O método utilizado à avaliação macrofauna do solo foi o *Tropical Soil Biology and Fertility* (BAILLIE *et al.*, 1990). Assim, foi utilizado um gabarito de aço de 25 cm × 25 cm para delimitar cinco amostras por transecto. O trabalho de campo (Figura 2) foi realizado por uma equipe de sete estudantes da UERGS e UdelaR, dois funcionários da UdelaR e uma docente da UERGS. No momento de colocação do gabarito de aço, primeiramente foi retirada uma amostra da serrapilheira presente e ensacada. Após a amostragem da serrapilheira, com o

auxílio de uma marreta, o gabarito de aço foi inserido ao solo e retiradas subamostras nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade do perfil do solo. No momento de coleta das amostras foram instaladas armadilhas tipo *pitfall* para a captura da macrofauna que atuam na interface solo-serrapilheira. O método consiste na disposição de recipientes plásticos de 10 cm de altura por 10 cm de diâmetro ao nível do solo para que os animais, ao se locomoverem, caiam nos recipientes contendo solução de NaCl saturada e detergente, para após serem identificados e contabilizados (HEISLER & KAISER, 1995).

Após a coleta das amostras de solo, o material foi imediatamente processado em laboratório a partir da separação, contagem e identificação dos organismos. Para a determinação dos diferentes organismos, foram utilizados microscópios estereoscópicos binoculares, guias taxonômicos e chaves sistemáticas para a macrofauna. Posteriormente, foi realizada a caracterização e determinação dos grupos funcionais correspondentes à macrofauna edáfica, de acordo com a bibliografia de Varela; Cortés; Cotes (2007); Cabrera, Robaina, De Leon (2011); Matienzo *et al.* (2015). Após identificação taxonômica foi realizada a classificação dos indivíduos em quatro grupos funcionais, a saber: engenheiros do solo, detritívoros, fitófagos e predadores. O material coletado nas armadilhas foi retirado no sétimo dia e processado o mesmo procedimento descrito para as amostras do perfil do solo. Todo o material foi processado e armazenado em álcool etílico 75% no Laboratório de Ecotoxicología de Artrópodos Terrestres da UdelaR/CENUR-Noroeste (sede Rivera). A análise estatística dos dados se deu por transecto e por época de coleta a partir do programa PAST 3.5 (Øyvind, 2019). Foram realizados os dados de riqueza taxonômica, abundância nos níveis de ordens e de grupos funcionais. Foram analisados os dados de riqueza e abundância e estabelecida uma análise das frequências e densidades absolutas e relativas a nível de ordens e grupos funcionais. Também foram estimados os parâmetros de diversidade por meio dos índices de Shannon e Weaver (SHANNON & WEAVER, 1949) e de equidade de Pielou (PIELOU, 1969).

Figura 3 - Etapas da coleta da macrofauna edáfica



a) medição do transecto com fita métrica, b) inserção do gabarito metálico no solo, c) retirada do gabarito do solo, d) retirada do solo das amostras de solo, e) armadilha *pitfall*, f) separação da macrofauna, g) conservação da macrofauna em tubetes, h) identificação da macrofauna. Fonte: autora (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER

Visualmente, o solo das áreas mostrou-se de textura arenosa, com sinais de compactação superficial (Figura 3).

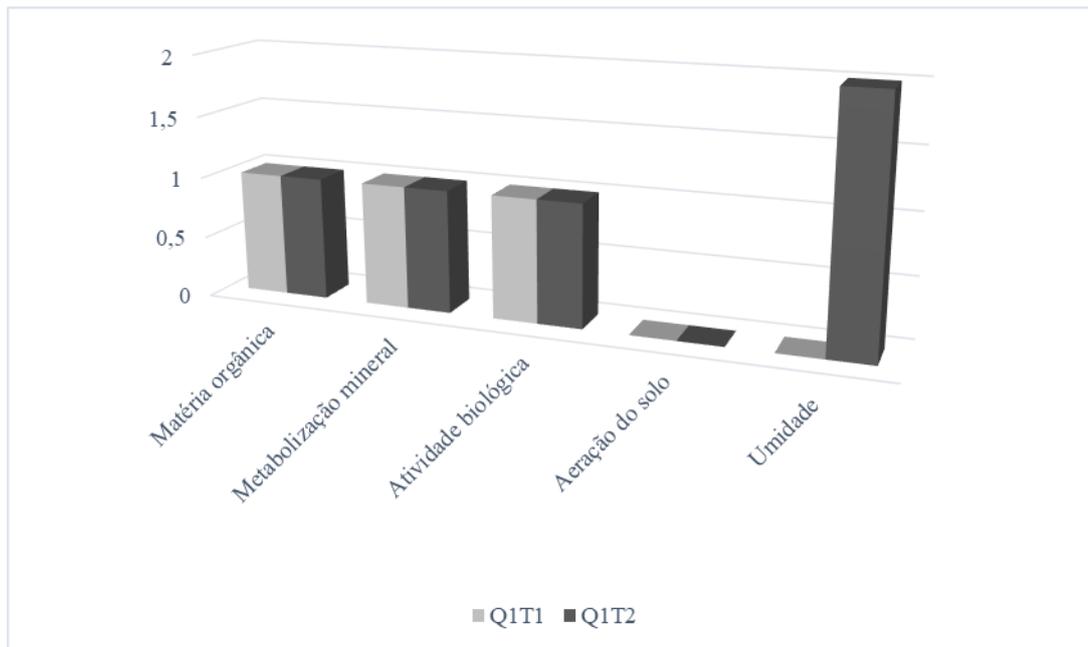
Figura 4 - Cromatogramas dos transectos



Fonte: autora (2021).

Segundo Restrepo Rivera & Pinheiro (2011) a descrição se faz com base nas quatro zonas do cromatograma e seus respectivos tamanhos, forma e cores reveladas. Enquanto colorações em amarelo, dourado alaranjado, avermelhado ou café claro refletem um estado evolutivo e saudável do solo, as cores de café escuro revelam solos em mineralização de matéria orgânica e os tons negros, cinza pardo escuro, lilás e azulados demonstram condições não desejáveis do solo. A análise cromatográfica comparativa entre os transectos revelou a qualidade dos solos, usando uma pontuação de 0-2 para descrever de forma crescente a qualidade das variáveis utilizadas: presença de matéria orgânica, condição de umidade, nível de metabolização mineral e de atividade biológica (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Síntese dos dados dos cromatogramas dos transectos

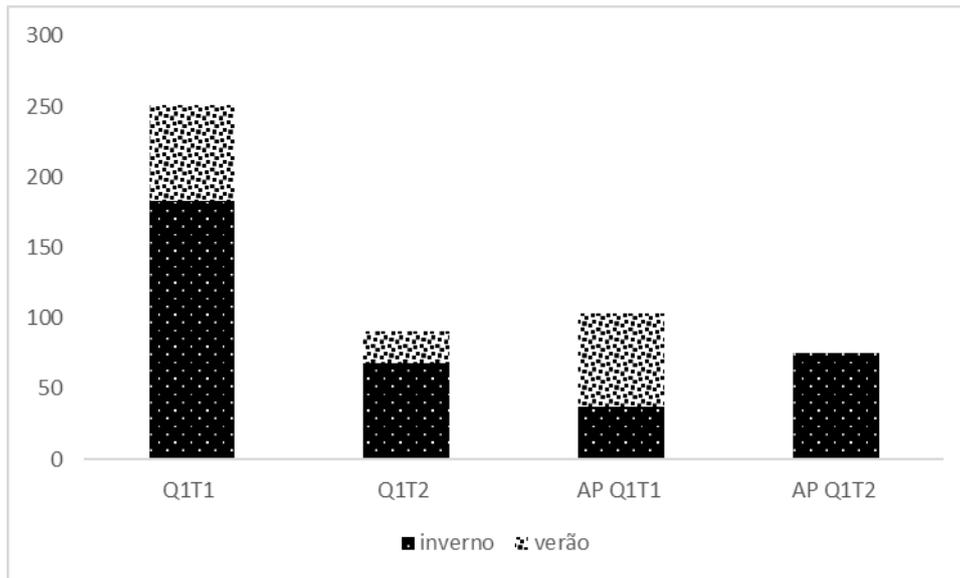


Fonte: autora (2021).

Conforme visto no Gráfico 1, os dois transectos no pomar (Q1T1 e Q1T2) a zona central se distingue, pois, Q1T2 tem uma condição de maior umidade quando comparado ao Q1T1. Isso se deve a Q1T2 estar posicionado topograficamente em local mais baixo, local onde há acúmulo de água e, com destaque, o cromatograma demonstrou a presença de microrganismos de vida ligados ao metabolismo do enxofre, ligados a ambientes com maior umidade. Neste sentido, Q1T1 demonstra estar melhor oxigenado, contudo, com menor atividade microbiológica, pois o tamanho da zona é menor quando comparado ao tamanho de Q1T2. A zona mineral dos dois transectos demonstram solos profundos e compactados, com mediana metabolização mineral. Na zona intermediária, com relação a metabolização, estes solos apresentam fragilidade mediana pois, apesar de indicar presença de matéria orgânica, ela foi adicionada e não é “nativa” do solo, gerando assim uma mediana atividade biológica para ambos transectos. Essa realidade de presença de matéria orgânica, metabolização e atividade biológica está relacionado ao fato de que na área de estudo não há manejo cotidiano de retirada das folhas e galhos e ainda, há aporte de resíduos provenientes de animais que visitam fortuitamente esse local.

5.2 MACROFAUNA EDÁFICA

Os números de indivíduos resultantes dos levantamentos realizados nas temporadas de inverno e verão podem ser observados na descrição a seguir no Gráfico 2 e Tabela 1.

Gráfico 2 - Total de indivíduos no quintal.

Fonte: autora (2021). AP=armadilha Pitfall

Dentro do quantitativo apresentado no Gráfico 1, foram identificados 21 grupos taxonômicos no inverno e 10 no verão no Q1T1, 11 grupos taxonômicos no inverno e 12 no verão no transecto Q1T2. Nas armadilhas em Q1T1 foram registrados 12 grupos taxonômicos no inverno e 10 no verão e em Q1T2, 15 grupos taxonômicos no inverno. Dentro dos grupos funcionais encontrados nos transectos no inverno 7,2% são predadores; 5,6% detritívoros; 31,9 fitófagos e 55,3% engenheiros do solo e no verão 10,1% predadores; 24,5 fitófagos e 65,4% engenheiros do solo, não encontramos indivíduos do grupo detritívoros (Tabela 1)

Tabela 1 - Número de indivíduos por grupo funcional. AP=armadilha “Pitfall”

Grupo Funcional	INVERNO				VERÃO		
	Q1T1	Q1T2	APQ1T1	APQ1T2	Q1T1	Q1T2	APQ1T1
Predadores	9	5	6	6	6	6	4
Detritívoros	3	0	6	11	0	0	0
Fitófagos	52	44	9	10	14	14	11
Engenheiros do solo	119	19	16	45	48	48	8

Fonte: autora (2021)

Quanto a macrofauna amostrada no perfil do solo no período do inverno e verão, percebeu-se que a maior abundância de indivíduos identificada em Q1T1 tende estar relacionada a estrutura vegetal existente no local, fato que tem sido objeto de avaliação juntamente com os outros projetos em andamento pelo grupo de pesquisa Ecos do Pampa. Q1T1 possui visivelmente maior diversidade de espécies botânicas espontâneas enquanto

Q1T2 possui solo úmido e com erosão nas margens. Nesse aspecto, no município de Esperantina, Piauí, sistemas heterogêneos quando comparados a cultivos homogêneos, demonstraram uma melhor qualidade do solo proporcionando um aumento na fauna edáfica, principalmente devido a cobertura do solo (LIMA *et al.*, 2010). Os resultados desse estudo sugerem que a intensidade de uso e de manejo do solo afetam a diversidade florística e consequentemente a abundância da macrofauna do solo. Destaca-se ainda, que em relação a cobertura do solo o Q1T1 também se destacou, pois, ao apresentar maior diversidade e abundância vegetal no ambiente, a serrapilheira era também visivelmente maior e mais desenvolvida, especialmente no inverno.

Quanto aos resultados da macrofauna presente sobre o solo, capturadas nas armadilhas *Pitfall* os resultados demonstram que Q1T2 obteve maiores valores no inverno, contudo, no verão não foi registrado nenhum indivíduo. Acredita-se que Q1T2 se destacou em função da menor proporção de vegetação encontrada no local o que promoveu maior possibilidade de mobilidade de organismos sobre o solo, o que induz a uma maior taxa de queda dos mesmos nas armadilhas. No período do verão a inexistência de registros se deve a destruição das armadilhas devido ao trânsito fortuito de animais na área, fazendo com que as armadilhas fossem destruídas pelo pisoteio destes animais.

Os resultados demonstraram que no verão houve um decréscimo dos indivíduos em relação ao inverno. Esse fato tende a ser explicado em função das altas temperaturas e falta de precipitação registradas no verão do referente estudo, prejudicando o aumento dos organismos nestes locais. Em contraponto, em estudos realizados em Santa Maria (RS) os dados resultantes foram contrastantes aos apresentados nesse estudo, ou seja, a maior incidência de indivíduos da macrofauna foi identificada no verão (GIRACCA *et al.*, 2008). Em Q1T1 foi registrado maior quantidade de indivíduos em comparação ao Q1T2, porém houve uma predominância de indivíduos na camada superficial do solo em ambos os períodos de coleta, sendo a maioria dos indivíduos formigas, besouros e cupins.

A Tabela 2 apresenta uma síntese da frequência relativa por ordem taxonômica nas amostras das camadas de perfil do solo e armadilhas nos dois períodos de coleta. Os resultados demonstram que as ordens mais presentes em todas as amostras nos dois períodos de coleta foram Coleoptera e Hymenoptera. Destaca-se as ordens de menor frequência descrita na Tabela 2 a saber em Q1T1 no inverno o resultado foi de: na camada 0-10 cm Lepidoptera 2,6%; Hemiptera 1,2%; Dermaptera 0,6%, no Q1T2 Lepidoptera 7,3%, Dermaptera 2,4% e nas armadilhas Lepidoptera e Anellida, ambas com 2,7% cada. No período do verão as ordens de baixa frequência em Q1T1 foi: na camada 0-10 cm Aracnida

1,9 e Myriapoda 1,9%; Q1T2 Isopodos 8,3% e Myriapoda com 16,6% e nas armadilhas no Q1T1 Díptera e Isopoda 1,5% cada e Q1T2 não obteve nenhum indivíduo. Conforme Marques *et al.* (2014) na serrapilheira foi observada a presença das ordens Aracnida, Coleoptera e Hymenoptera nas diferentes áreas (mata ciliar, cultura do café e eucalipto) e épocas coletadas (inverno e verão). A ordem Hymenoptera foi mais frequente no solo da cultura do café em ambos os períodos de coleta e a ordem Coleoptera encontrou-se distribuída na serrapilheira e no solo das diferentes coberturas vegetais, não sendo encontrada somente no inverno na serrapilheira da cultura do eucalipto. De acordo com Carvalho et al. (2017) a maior frequência relativa da fauna edáfica foi constatada para as ordens Coleoptera e Hymenoptera durante o inverno e verão em áreas de pessegueiro agroecológico, convencional e área nativa.

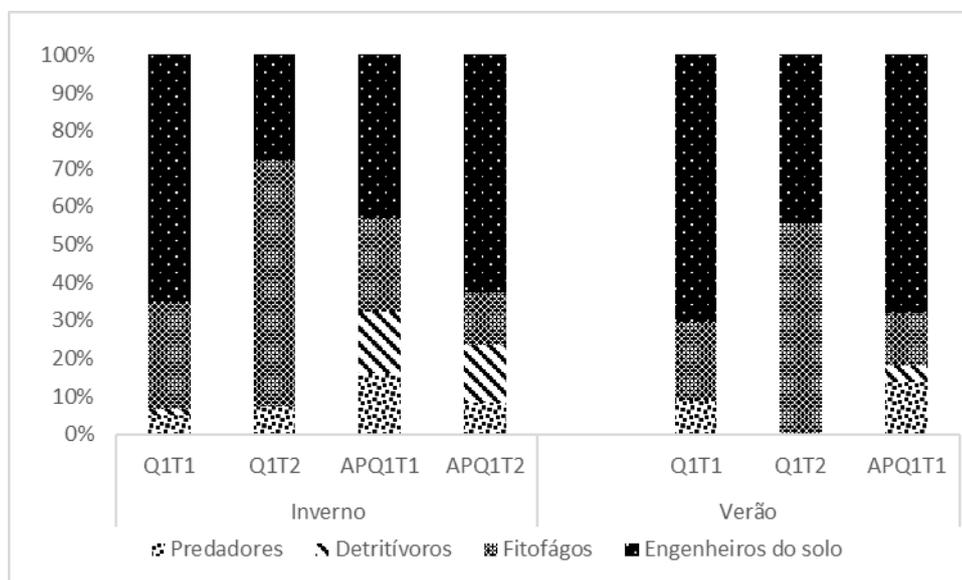
Tabela 2 - Relação entre frequência relativa (FR) por ordem taxonômica.

Local das Amostras	Ordem	FR (%)			
		Q1T1		Q1T2	
		INV	VE	INV	VE
COBERTURA	Aracnida	11,0	33,3	0,0	0,0
	Coleóptera	0,0	50,0	0,0	75,0
	Díptera	33,0	0,0	14,0	0,0
	Hymenoptera	0,0	16,7	72,0	25,0
	Hemiptera	45,0	0,0	14,0	0,0
	Orthoptera	11,0	0,0	0,0	0,0
0-10 CM	Aracnida	0,6	0,0	7,3	0,0
	Coleoptera	27,1	19,6	56,1	16,7
	Hymenoptera	23,2	76,5	4,9	25,0
	Myriapoda	2,5	0,0	2,4	0,0
	Anellida	3,2	0,0	19,5	0,0
	Isoptera	38,7	0,0	0,0	0,0
	Lepidoptera	0,0	0,0	0,0	16,7
	Thysanoptera	0,0	0,0	0,0	16,7
Outros	4,4	3,9	9,7	25,0	
10-20 CM	Coleoptera	94,8	63,6	80,0	57,1
	Hymenoptera	0,0	36,4	5,0	14,3
	Anellida	5,3	0,0	15,0	28,6
	Isoptera	0,0	0,0	0,0	0,0
	Myriapoda	0,0	0,0	0,0	0,0
	Outros	0,0	0,0	0,0	0,0
ARMADILHA	Aracnida	10,8	13,6	5,3	0,0
	Coleoptera	13,5	6,1	8,0	0,0
	Díptera	13,5	0,0	13,4	0,0
	Hymenoptera	40,5	68,2	64,0	0,0
	Myriapoda	5,4	0,0	2,7	0,0
	Hemiptera	5,4	0,0	5,3	0,0
	Orthoptera	5,4	9,1	1,3	0,0
	Outros	5,4	3,0	0,0	0,0

Fonte: autora (2021).

Os organismos vivos presentes no solo são indispensáveis para a manutenção do ambiente, sendo responsáveis por diversos processos. Os predadores são os responsáveis por predação em sua maioria organismos não desejados do sistema, ou seja, faz parte do controle biológico do ambiente; os detritívoros decompõem os materiais tornando-os mais acessíveis em forma de nutrientes para as plantas; os fitófagos são aqueles que se alimentam das plantas e os engenheiros do solo são incumbidos da função de melhorar a estruturação do solo (MANHÃES, 2011). Dessa forma, o gráfico 3 destaca a densidade absoluta dos grupos funcionais nos transectos do quintal estudado. Podemos verificar que o grupo dos engenheiros do solo nas amostras dos dois transectos prevaleceram aos fitófagos, em ambos os períodos amostrados. Nas armadilhas, os engenheiros do solo também se sobressaíram em relação aos demais grupos funcionais nos dois transectos e nos dois períodos de coleta.

Gráfico 1 - Relação entre densidade absoluta e os grupos funcionais nos diferentes transectos nos períodos de inverno e verão.



Fonte: autora (2021). AP=armadilha Pitfall

A predominância dos engenheiros do solo e dos fitófagos podem indicar que emerge a capacidade de melhora da estrutura do solo pelos engenheiros bem como de perda de produtividade nos quintais devido aos fitófagos. Segundo Santos (2019), a abundância de fitófagos encontrados em campo natural e em cultivo convencional pode estar associada à menor presença de predadores. O grupo dos fitófagos é considerado um indicador de deterioração ou perturbação do solo, uma vez que a fitofagia realizada estabelece a quantidade e a qualidade dos recursos que entram no solo, o que tende a afetar os detritívoros e

predadores (ZERBINO *et al.*, 2008). Os organismos maiores do solo representados pelas minhocas, térmitas e formigas influenciam nas propriedades físicas do solo, e a biota menor, atingem principalmente, a decomposição da serrapilheira e as reações químicas que ocorrem nesses ambientes (MANHÃES, 2011). No sudeste do Brasil se obteve resultados semelhantes mostrando que a macrofauna muda juntamente com as mudanças da vegetação. Além disso, a correlação positiva entre a densidade da macrofauna e a cobertura do dossel indica que a cobertura do dossel pode ser considerada um bom parâmetro para inferir a densidade da macrofauna em sistemas semelhantes (RAMÍREZ-SUÁREZ *et al.* 2018). Conforme Lima *et al.* (2010) a ocorrência de formigas, térmitas e minhocas foi elevada em todos os sistemas estudados devido ao ambiente coberto e ao manejo de poda e roçada que promoveram melhores condições climáticas e de disponibilidade de alimentos. Este fato reforça o objetivo de uso de pomares para implantação de SAFs como forma de unir qualificação do solo e produção agrícola.

Na Tabela 3 observa-se a densidade relativa nos dois períodos de coleta, relacionada aos grupos funcionais. Destaca-se que no inverno em Q1T1 os engenheiros do solo da ordem Isoptera obtiveram maior densidade de indivíduos em relação aos demais grupos com 32,8% e no verão 64,7% da ordem Hymenoptera. Segundo Marques *et al.* (2014) a ordem Isoptera foi encontrada, somente no inverno, na serrapilheira da cultura do eucalipto e no solo das diferentes coberturas vegetais. No Q1T2 se destacaram no inverno e verão a ordem Coleoptera do grupo dos fitófagos com 57,4% e 26,1%, respectivamente. Nas armadilhas identifica-se os engenheiros do solo com maior densidade em comparação aos outros grupos com destaque à ordem Hymenoptera no Q1T1 no inverno com 40,5% e no verão 68,1%. No Q1T2 no inverno observou-se 60% de engenheiros do solo da ordem Hymenoptera e no verão nenhum indivíduo foi encontrado. Esse resultado contrasta com os encontrados no sudeste do Cerrado onde o grupo dos engenheiros do solo foram pouco abundantes em áreas de plantio direto (SANTOS *et al.*, 2016).

Segundo Backes (2017), em estudos comparativos entre área de mata nativa, pousio e plantio convencional a ordem Hymenoptera foi a que apresentou o maior número de indivíduos em todas as áreas, em duas temporadas de coleta, seguidas das ordens Coleoptera, Diptera e Hemiptera. Segundo Melo *et al.* (2009) as formigas (Hymenoptera) em conjunto com outros indivíduos da macrofauna, atuam não somente como detritívoros, mas também agem na formação e estruturação do solo, atuando também como engenheiros do solo. Outros estudos também registraram que a ordem Hymenoptera foi a mais abundante em áreas de campo natural, bosque natural, cultivo e ambiente florestal (VIÑAS, 2020; SANTOS, 2019).

Tabela 3 - Relação entre densidade relativa (DR) nos distintos períodos de coleta.

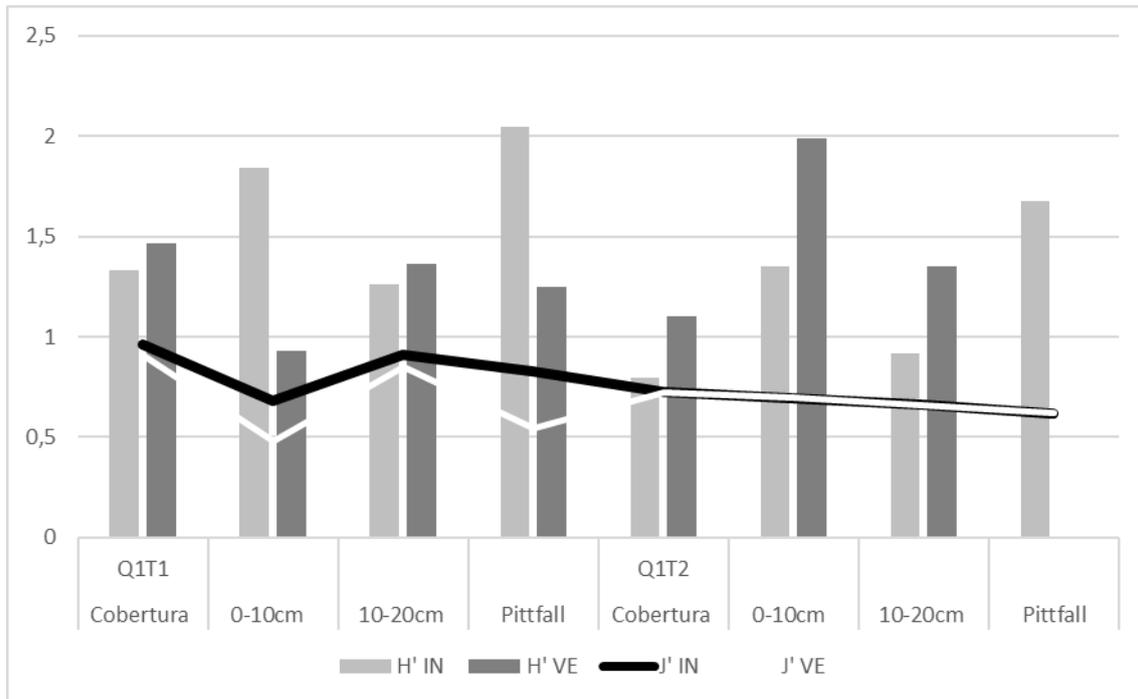
		Densidade relativa (DR %)							
Grupo Funcional	Ordem	Quintais				Armadilhas			
		Q1T1		Q1T2		Q1T1		Q1T2	
		INV	VE	INV	VE	INV	VE	INV	VE
Predadores	Aracnida	0,5	4,4	4,4	0,0	10,8	10,6	1,3	0
	Coleoptera	0,5	2,9	0,0	8,7	0,0	3,0	0,0	0
	Diptera	1,6	0,0	1,5	0,0	5,4	0,0	2,7	0
	Hemiptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0
	Hymenoptera	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
	Myriapoda	1,6	1,5	1,5	8,7	0,0	0,0	2,7	0
Detritívoros	Aracnida	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	4,0	0
	Coleoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	0,0	4,0	0
	Dermaptera	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
	Diptera	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	1,5	6,7	0
	Myriapoda	0,5	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0
Fitófagos	Coleoptera	22,4	20,6	57,4	26,1	5,4	3,0	4,0	0
	Diptera	0,0	0,0	1,5	0,0	5,4	0,0	4,0	0
	Hemiptera	3,3	0,0	1,5	0,0	5,4	0,0	4,0	0
	Lepidoptera	2,2	0,0	4,4	8,7	2,7	0,0	0,0	0
	Orthoptera	0,5	0,0	0,0	0,0	5,4	9,1	1,3	0
	Isopodos	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	1,5	0,0	0
	Thysanoptera	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	0,0	0
Engenheiros do solo	Anellida	3,3	0,0	16,2	8,7	2,7	0,0	0,0	0
	Coleoptera	9,8	5,9	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0
	Hymenoptera	19,1	64,7	11,8	21,7	40,5	68,2	60,0	0
	Isoptera	32,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

Fonte: autora (2021).

Conforme o gráfico 4, os dados do quintal avaliado demonstraram que com relação aos índices de diversidade de Shannon no inverno variou entre 0,8 (cobertura de Q1T2) a 2,0 (armadilha de Q1T1) e a equitabilidade de 0,61 (armadilha Q1T2) a 0,95 (cobertura Q1T1). No verão Shannon variou de 0 (armadilha de Q1T2) a 1,9 (0-10cm de Q1T2) e a equitabilidade de 0,47 (0-10cm Q1T1) a 0,91 (cobertura Q1T1). A diversidade de espécies é considerada um aspecto favorável às comunidades naturais e manejadas, pois confere estabilidade ao sistema e refere-se à pluralidade de organismos vivos de uma determinada comunidade, habitat ou região (CABRERA *et al.*, 2011).

A medida de equidade, compara o índice de diversidade de Shannon com a distribuição das espécies observadas, o que no estudo em questão marcou uma tendência de maior diversidade em Q1T2 no verão, principalmente nas amostras de cobertura. Segundo MARQUES *et al.* (2014), no verão, a melhor distribuição de frequência dos indivíduos, nos diferentes grupos taxonômicos, proporcionou o maior índice de biodiversidade para o solo cultivado. Provavelmente, a melhor época para estudos da biodiversidade do solo seria o inverno, pois tende a apresentar melhores índices de equitabilidade.

Gráfico 4 - Índices de diversidade e equitabilidade.



Fonte: autora (2021).

Na tabela 4 observa-se uma síntese dos dados com relação a riqueza, abundância e índices de diversidade do presente estudo. O quintal estudado apresentou 12 ordens diferentes, com destaque as ordens Coleoptera, Hymenoptera e Isoptera que obtiveram a maior número de indivíduos, com destaque às formigas cupins e besouros. As diferenças observadas para a riqueza e abundância de táxons entre as áreas de amostragem refletem a sensibilidade frente às alterações na estrutura e manejo do solo (UEHARA-PRADO *et al.*, 2009). Ao observar que Q1T2 apresenta-se bastante erosionado pelas chuvas e com solo deteriorado, o referido transecto apresentou menor diversidade e abundância do que Q1T1. De acordo com Vargas *et al.* (2013), a estrutura do solo e o manejo praticado impõem limitações à certos grupos de invertebrados e tendem a contribuir o desenvolvimento de outros.

Tabela 4 - Relação entre riqueza, abundância e índices de diversidade

Ordem	Q1T1							
	INVERNO				VERÃO			
	COB	0-10cm	10-20cm	AP	COB	0-10cm	10-20cm	AP
Aracnida	1	1	0	4	2	1	0	9
Díptera	3	0	0	5	0	0	0	1
Hemiptera	4	2	0	2	0	0	0	0
Orthoptera	1	0	0	2	0	0	0	6
Myriapoda	0	4	0	2	0	1	0	0
Dermaptera	0	1	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera	0	4	0	1	0	0	0	0
Anellida	0	5	1	1	0	0	0	0
Coleoptera	0	42	18	5	3	10	7	4
Hymenoptera	0	36	0	15	1	39	4	45
Isoptera	0	60	0	0	0	0	0	0
Isopodos	0	0	0	0	0	0	0	1
Abundância	9	155	19	37	6	51	11	66
Total de grupos	4	9	2	9	3	4	2	6
Shannon	1,33	1,84	1,26	2,05	1,47	0,93	1,37	1,25
Pielou	0,96	0,68	0,91	0,82	0,91	0,48	0,85	0,54
Ordem	Q1T2							
	0	3	0	4	0	0	0	0
	1	1	0	10	0	0	0	0
Hemiptera	1	0	0	4	0	0	0	0
Orthoptera	0	0	0	1	0	0	0	0
Myriapoda	0	1	0	2	0	2	0	0
Dermaptera	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera	0	3	0	0	0	2	0	0
Anellida	0	8	3	0	0	0	2	0
Coleoptera	0	23	16	6	2	3	4	0
Hymenoptera	5	2	1	48	1	3	1	0
Isopodos	0	0	0	0	0	1	0	0
Thysanoptera	0	0	0	0	0	2	0	0
Abundância	7	41	20	75	3	13	7	0
Total de grupos	3	7	3	7	2	6	3	0
Shannon	0,80	1,35	0,91	1,68	1,10	1,99	1,35	0,00
Pielou	0,72	0,70	0,66	0,62	0,72	0,70	0,66	0,62

Fonte: autora (2021)

6. CONCLUSÕES

O valor da avaliação dos grupos funcionais da macrofauna edáfica em diferentes épocas do ano e ambientes pode ser um importante indicador para identificar a qualidade do solo e planejar o manejo agrícola e em processos de transição agroecológica. Esta avaliação é especialmente importante no manejo de sistemas agroflorestais o qual tem como ponto central a biodiversidade acima e abaixo do solo como promotora da estabilidade e produtividade do sistema. Aliada a esta análise, a técnica de cromatografia de Pfeiffer auxilia no diagnóstico do estado de saúde do solo de forma simples e acessível para os agricultores. Essa abordagem metodológica pode ser estratégica para o redesenho de unidades produtivas que possuam pomares já estabelecidos. Nesse sentido, destaca-se que, para o território do Pampa, especialmente para pequenas propriedades familiares, pode ser um instrumento que alia geração de renda e promoção dos serviços ecossistêmicos.

Diante da realidade de as práticas agrônômicas serem centradas no manejo intensivo do solo, na adubação química, no uso de agrotóxicos, na manutenção do solo descoberto e na monocultura, o resultado é baixa diversidade e estabilidade no sistema produtivo. Assim, é importante o estudo e debate de práticas de conhecimento da biodiversidade local e de promoção de novos sistemas produtivos, baseados em conceitos e práticas agroecológicas. Para a continuidade desse estudo, é importante a realização de novas coletas e de avaliação temporal dos resultados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 120 p, 1998.

ANDERSON, J.M. **Spatio temporal effects of invertebrates on soil processes**. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v.6, p.216-227, 1998.

AMADO, T. J. C.; CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F., **Qualidade do solo avaliada pelo “Soil Quality Kit Test” em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 1, p. 109–121, 2007.

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*, v. 78, n. 3, p. 449–456, 2018.

AYUKE, F. O.; KARANJA, N.K.; MUYA, E.M.; MUSOMBI, B.K.; MUNGATU, J.; NYAMASYO, G.H.N. **Macrofauna diversity and abundance across different land use systems in Embu, Kenya**. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, n. 11, p. 371–384, 2009.

BACKES, M. A. **Diversidade da Macrofauna Edáfica em Diferentes Usos do Solo na Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul**. 2017. 37 f. Dissertação (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, 2017.

BAILLIE, I. C.; ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods**. *The Journal of Ecology*, v. 78, n. 2, p. 547, jun. 1990.

BARETTA, D.; GARDNER BROWN, G.; NOGUEIRA CARDOSO, E. J. B. **Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com Araucaria angustifolia**. *Acta Zoológica Mexicana*, v. 26, n. 2, 10 ago. 2010.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V. **Fauna edáfica e qualidade do solo**. *Tópicos em Ciência do Solo*, n. October 2014, p. 119–170, 2011.

BARISAUX, M. **How have environmental concepts reshaped the agroforestry concept?**. *Bois et Forêts des Tropiques*, v. 1, n. 331, p. 5–17, 2017.

CABRERA-DÁVILA, G. DE LA C. **Manual Práctico sobre la Macrofauna Edáfica como Indicador Biológico de la Calidad del Suelo, según resultados en Cuba**. impacto de la intensidad de uso de la tierra sobre la macrofauna del suelo en el Occidente de Cuba. La macrofauna como bioindicador de la fertilidad del suelo. impacto de la intensidad de uso de la tierra sobre la macrofauna del suelo en el Occidente de Cuba, p. 34, 2014.

CABRERA, G. **La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo**. Resultados obtenidos en Cuba Edaphic macrofauna as

biological indicator of the conservation/disturbance status of soil. Results obtained in Cuba. **Pastos y Forrajes**, v. 35, n. 4, p. 349–363, 2012.

CABRERA, G, RIVERO, A. A. S.;VIGOA, G.H. Composición e importancia funcional en la conservación y mejoramiento de los suelos. **Instituto de Ecología y Sistemática**, 2015.

CABRERA, G.; ROBAINA, N.; DE LEÓN, D. P. **Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba**, Cuba., v. 34, n. 3, p. 313–330, 2011.

CABRERA, G.; ROBAINA, N.; PONCE DE LEON, D. **Composicion funcional de la macrofauna edafica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba**. *Pastos y Forrajes*, v. 34, n. 3, p. 313–346, 2011.

CANUTO, J. C., Sistemas agroflorestais: experiências e reflexões. **Embrapa Meio Ambiente-Livro científico**, 2017.

CARMO, R. S. DO; CASTRO, F. P. DE;CARVALHO, M. S. P;BARBOSA, A. J.S.DA S.;MARQUES, G. **Cromatografia de Pfeiffer como Alternativa para Analise de Qualidade do Solo na Agricultura Familiar**. p. 1–7, 2019.

CARVALHO,J.S.; LIMA,A.C.R; OCHOA,J.M.; STOCKER,C.M.; SCHEFFER,B.; PINO,D.; REIS,T. Avaliação da fauna edáfica sob cultivo de pessegueiro agroecológico, convencional e vegetação nativa, **Revista da jornada da Pós-graduação e Pesquisa Congrega**,Universidade Regional da Campanha, Pelotas, RS, 2017.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. DE. **Fauna de Solo: aspectos gerais e metológicos**. Documentos 112, v. 1, n. 1, p. 46, 2000.

DE FREITAS, W. K.; PORTZ, A.; PERES, A. A. DE C.; TARRÉ, R.M.; CAMPOS, M. DE M.. **Soil nutrient content and plant phytosociology in agroforestry systems of the Rio de Janeiro state highlands, Brazil**. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, v. 40, n. 1, p. 1–8, 2018.

DEVIDE, A. C. P. & CASTRO, C. M. DE. **Manejo do solo e a dinâmica da fauna edáfica**. *Pesquisa e Tecnologia*, v. 1, 2015.

FAO & GTIS. State of the World's Soil Resource (EMRS). **Resumo Técnico. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura e o Grupo Técnico Intergovernamental em Solo**, Roma, Itália. pp. 80, 2015.

FLORES, C. A.; POTTER, R.O.; FASOLO, P. J.; HASENACK, H.; WEBER, E.. **Levantamento Semidetalhado de Solos**. 1a edição ed. UFRGS, Porto Alegre, 2007.

García-Alvarez, A & Bello, A. **Diversidade de organismos do solo e transformações da matéria orgânica**. Memórias: I Conferência Internacional Eco-Biologia do Solo e Adubo. Leon, Espanha. 211 pp, 2004.

GIRACCA, E. M. N. ANTONIOLLI, Z.I.;STEFFEN, R.B; STEFFEN, G. P.K.;SCHIRMER, G. K.;ELTZ, F. L. F.;. **Influência da aplicação de calcário na população da meso e**

macrofauna do solo sob sistema plantio direto. Ciência e Agrotecnologia, v. 32, n. 6, p. 1794–1801, 2008.

GRACIANO, I. **Avaliação da Saúde Do Solo por meio da Cromatografia de Pfeiffer : Aspectos Metodológicos e Aplicações Cromatografia de Pfeiffer**, 2018. Dissertação Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes-Paraná, Brasil, 2018.

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.

HUBER, A. C. K.; MORSELLI, T. B. G. A. **Estudo da mesofauna (ácaros e colêmbolos) no processo da vermicompostagem.** *Revista da FZVA*. Uruguaiana, v. 18, n. 2, p. 12-20, 2011.

LAVELLE, P.; SENAPATI, B.; BARROS, E. **Soil macrofauna.** In: SCHROTH, G.; SINCLAIR, F. I. (ed.). *Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods*. wallingford: cabi, 2003. cap. 16, pp. 303-323.

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

MANHÃES, C. M. C. **Caracterização da Fauna Edáfica de Diferentes Coberturas Vegetais no Norte do Estado Do Rio de Janeiro**, 2011. Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, Campos Dos Goytacazes ,Rio De Janeiro,2011.

MARQUES, D. M.; SILVA, A. B. DA; SILVA, L. M. DA.; MOREIRA, E. A.; PINTO, G. S. **Macrofauna Edáfica em Diferentes Coberturas Vegetais Edaphic Macrofauna in Different Plant Covers,** *Revista Biosci. J.*, Uberlandia, v. 30, n. 5, p. 1588-1597, 2014.

MATIENZO, Y.; ALFONSO-SIMONETTI, J.; MORENO, L. L. V.; ARIAS, R. DE LA M.; TORRES, M. M.; FINALÉ, Y. D.; LAGO, T.T.; GONZÁLEZ, Á. P. **Diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica y su relación con el diseño y manejo de tres sistemas de cultivos.** *Fitosanidad* 19 (1): 45-55, 2015.

MELO, F. V. DE; BROWN, GEORGE G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N.C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. de; ZANETTI, R. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como biondicadores.** *Boletim Informativo da SBCS*. janeiro – abril, 2009.

MBOW, C.; NOORDWIJK, M. V.;LUEDELING, E.;NEUFELDT, H.;MINANG,P. A.;KOWERO, G. **ScienceDirect Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa.** *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 6,

p. 61–67, 2014.

MVOTMA,. **Relatório do Estado do Meio Ambiente do Uruguai**. Primeira edição. DINAMA, Montevideú, Uruguai, 2014

NOVAES, W. DE O. F.; DINIZ, M. A.N.;SANTOS, D. G. DOS; MEIDEIROS, M. DA G. Estudo da cromatografia de Pfeiffer como alternativa agroecológica para análise de solos. **Cadernos de Agroecologia – Anais do VI Congresso Latino-Americano–X Congresso Brasileiro-V Seminário do Distrito Federal e entorno**, Brasília ,Brail,Vol. 13, N° 1, 2017.

PIELOU, E. C. **An introduction to mathematical ecology**. New York, NY: John Willey, 1969.

PILON, L. C.; CARDOSO, J. H.; MEDEIROS, F. S. **Guia Prático de Cromatografia de Pfeiffer**. Pelotas, RS. **Embrapa Clima Temperado**, 2018.

PILON, L. C.; REICHERT, J. M.; JACQUES, R. J. S.; SILVA, I. C. L. da. **Cromatografia de Pfeiffer: desenvolvimento de padrões brasileiros de uma metodologia para sistemas de agricultura orgânica**. In: **CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIÊNCIA DEL SUELO**, 20. 2014, Cusco. Anais... Cusco, Perú, 2014.

PRIMAVESI, A.; PRIMAVESI, A. **A biocenose do solo na produção vegetal & deficiências minerais em culturas: nutrição e produção vegetal**. 1 ed. ed. São Paulo, SP.: Expressão Popular, 2018.

RAMÍREZ-SUÁREZ, W. M.; HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, M. B.; ZURITA RODRÍGUEZ, A. A.; NAVARRO-BOULANDIER, M. Performance of the edaphic macrofauna in animal husbandry systems, in a productive entity of the Yaguajay municipality, Cuba. **Pastos y Forrajes**, v. 41, n. 4, p. 241–247, 2018.

RESTREPO RIVERA, J.; PINHEIRO, S. **Cromatografía**. Cali: Impresora Feriva, 2011.

RIVERA, J. R. Manual de Agricultura Orgânica, *In: Curso teórico-prático do ABC da Agricultura Orgânica: Remineralização e Recuperação da Saúde dos Solos; Microbiologia dos Solos e Técnica da Cromatografia de Pfeiffer*, Atalanta, Santa Catarina, Brasil, 2014.

ROVEDDER, A. P. M.; FOLETTO, F. L. E.; DRESCHER, M. S. ; SCHENATO, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1061-1068, 2009.

SANTOS, D. P.; SANTOS, G. G.; DOS SANTOS, I. L.;SCHOSSLER,T. R.;NIVA, C. C.; MARCHÃO, R. L.. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1466–1475, 2016.

SANTOS, P. D. L. **Determinación y análisis de la funcionalidad de la Fauna Edáfica, como posibles bioindicadores de calidad de suelo, en cuatro tipos de usos de suelo en el departamento de Rivera**, 2019. Texto de conclusão de curso, Universidad De La República Facultad De Ciencias - Centro Universitario de Rivera, Licenciatura en Recursos Naturales Rivera, Uruguai, 2019.

SHANNON, C.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: Urbana: University of Illinois Press, 1949.

SPGG-RS. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**, 2021. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>. Acesso em: 20 Jan.2021.

SWIFT, M.; BIGNELL, D. Standard methods for assessment of soil biodiversity and land use practice. **International Centre For Research In Agroforestry**, Bogor, Indonesia, p. 40, 2001.

TREVISAN, A. C. D.; BENAMU, M. A.; SILVA, V. L. DA. Desenho e manejo de sistemas de produção agroecológicos Paisagens rurais biodiversas : Sistemas Agroflorestais no Pampa. **In: VIII Congresso Latino Americano de Agroecologia**, Uruguai,2020.

UEHARA, P. M; FERNANDES, J. DE O.; BELLO, A. DE M.; MACHADO, G.; SANTOS, A. J.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; FREITAS, A. V. L.; **Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. Biological Conservation**, v.142, p. 1220–1228, 2009.

ØYVIND, H. 2019. **PAST 3.25**. Natural History Museum, University of Oslo.

VARELA, A.; CORTÉS, C.; COTES, C. Cambios en edafofauna asociada a descomposición de hojarasca en un bosque nublado. **Revista Colombiana de Entomología**. 33v. 33, n. 43, p. 45–53, 2007.

VARGAS, A.B.; CHAVES, D.A.; VAL, G.A.; SOUZA, C.G.; FARIAS, R.M.; CARDOZO, C.; MENEZES, C.E.G. Diversidade de artrópodes da macrofauna edáfica em diferentes usos da terra em pinheiral. **Acta Scientiae & Technicae**, v.1, 2013.

VASCONCELLOS, R. L. F. ; SEGAT, J. C.;BONFIM, J. A.;BARETTA, D.;CARDOSO, E. J.B. 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, set. 2013.

VIÑAS, P. R. F. **Caracterización y variabilidad estacional de la fauna edáfica para cuatro tipos de usos del suelo en el departamento de Rivera**, 2020. Texto de conclusão de curso, Facultad De Ciencias, Centro Universitario de Rivera Licenciatura en Recursos Naturales, Rivera-Uruguai 2020.

WILLIAMS, A.; HEDLUND, K. Indicators and trade-offs of ecosystem services in agricultural soils along a landscape heterogeneity gradient. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 77, p. 1-8, 2014.

ZERBINO, S.; ALTIER, N.; MORÓN, A. & RODRÍGUEZ, C. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. **Agrociencia**, 12(1):44-55,2008.

ZERBINO, M. **Avaliação da densidade, biomassa e diversidade da macrofauna do solo em diferentes sistemas de produção.** Tese (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade da República do Uruguai, Faculdade de Ciências, Montevideu, Uruguai, 2005.