

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR**



**TESE**

**Qual a influência do cultivo de pessegueiro em sistemas agroecológico e convencional sob a macrofauna edáfica?**

**Juliana dos Santos Carvalho**

**Pelotas, 2020**

**JULIANA DOS SANTOS CARVALHO**

**QUAL A INFLUÊNCIA DO CULTIVO DE PESSEGUEIRO EM SISTEMAS  
AGROECOLÓGICO E CONVENCIONAL SOB A MACROFAUNA EDÁFICA?**

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

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Ana Cláudia Rodrigues de Lima

Coorientador: Dr. Flávio Roberto Mello Garcia

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

C331q Carvalho, Juliana dos Santos

Qual a influência do cultivo de pessegueiro em sistemas agroecológico e convencional sob a macrofauna edáfica? / Juliana dos Santos Carvalho ; Ana Cláudia Rodrigues de Lima, orientadora ; Flávio Roberto Mello Garcia, coorientador. — Pelotas, 2020.

98 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Invertebrados edáficos. 2. Agroecologia. 3. Sustentabilidade. 4. Qualidade do solo. 5. Formicidae. I. Lima, Ana Cláudia Rodrigues de, orient. II. Garcia, Flávio Roberto Mello, coorient. III. Título.

CDD : 634.25

**JULIANA DOS SANTOS CARVALHO**

**QUAL A INFLUÊNCIA DO CULTIVO DE PESSEGUEIRO EM SISTEMAS  
AGROECOLÓGICO E CONVENCIONAL SOB A MACROFAUNA EDÁFICA?**

Tese aprovada, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 20 de agosto de 2020.

Banca Examinadora:

.....  
Professor Dr. Flávio Roberto Mello Garcia (Coorientador)  
PhD em Entomologia pela University of Florida

.....  
Professora Dr<sup>a</sup>. Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli  
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

.....  
Professora Dr<sup>a</sup>. Cristiane Mariliz Stöcker  
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

.....  
Professor Dr. Junir Antonio Lutinski  
Doutor em Biodiversidade Animal pela Universidade Federal de Santa Maria

Aos meus pais Gilso e Magnólia

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por me guiar nessa jornada.

Aos meus pais Magnólia e Gilso Carvalho por me incentivarem, nunca me deixarem desistir e sempre torcer por mim.

Ao Arthur Cruz da Silva pela paciência em toda essa caminhada e por estar sempre ao meu lado.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar pela oportunidade de realizar esse estudo.

Ao Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Pelotas, especialmente ao Sr. Paulo e a Rosemary.

Ao Laboratório de Biologia do Solo, especialmente ao Sr. Sérgio e a professora Tânia Morselli por sempre me receberem tão bem e me auxiliarem nas análises.

Ao Laboratório de Ecologia de Insetos da UFPEL.

Aos motoristas da UFPEL por nos conduzirem nesses dois anos sempre em segurança até as propriedades familiares para as coletas.

À família da propriedade agroecológica Schiavon por nos receberem de braços abertos e por dividirem conosco um pouco de sua sabedoria sobre agroecologia. Minha eterna gratidão!

Ao professor Dr. Décio Cotrim com quem tanto aprendi e por quem tenho uma grande admiração.

Ao professor e amigo Dr. Hélio Debli Casalinho pela amizade e auxílio na pesquisa. Obrigada por ser um exemplo de profissional!

A minha orientadora e amiga Dr.<sup>a</sup> Ana Cláudia Rodrigues de Lima por ter aceitado esse desafio com tanta alegria. Pela amizade e orientação. Muito obrigada!

Ao meu coorientador Dr. Flávio Roberto de Mello Garcia pela amizade, orientação e estar sempre disposto a ajudar. Minha eterna admiração!

Ao professor Dr. Junir Antônio Lutinski pela identificação das formigas e auxílio na pesquisa.

Aos bolsistas Tamires Ribeiro e Bruno Del Pino pelo auxílio nas análises e saídas de campo.

Ao meu amigo José Manuel Ochoa Henriquez que veio de tão longe e nos ensinou tanto. Obrigada pelo apoio e auxílio na pesquisa. Saludos!

As minhas amigas Roberta Jeske Kunde e Cristiane Mariliz Stöcker pelo constante apoio durante a jornada.

Aos agricultores familiares pela sua luta diária no campo para nos fornecer alimentos de qualidade.

À CAPES pela concessão da bolsa para realização do estudo.

A todos os colegas e professores do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

A todos que contribuíram para a realização dessa pesquisa.

*Nós vamos semear, companheiro  
No coração  
Manhãs e frutos e sonhos  
Pr'um dia acabar com esta escuridão  
Nós vamos preparar, companheiro  
Sem ilusão  
Um novo tempo, em que a paz e a fartura  
Brotem nas mãos*

*Vitor Ramil*

*“No fundo, a ciência está sempre em movimento, em ebulição e, talvez, o próprio fundamento de sua atividade é ser impulsionada por um poder de transformação.”*

*Edgar Morin*

## RESUMO

CARVALHO, Juliana dos Santos. **Qual a influência do cultivo de pessegueiro em sistemas agroecológico e convencional sob a macrofauna edáfica?** 2020. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Brasil, 2020.

O pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) é uma das frutíferas mais produzidas no mundo, o Brasil é o décimo terceiro produtor mundial de pêssego. Contudo, muitos produtores utilizam o sistema de produção convencional, o qual está fortemente alicerçado no uso de herbicidas acarretando perdas na biodiversidade do solo. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a abundância, diversidade, riqueza, frequência relativa e as possíveis associação dos grupos da macrofauna edáfica com as propriedades do solo e comparar a riqueza e a diversidade das assembleias de formigas em um sistema agroecológico e convencional sob cultivo de pessegueiro. O estudo foi realizado em duas propriedades agrícolas familiares na região na Colônia São Manoel, 8º distrito de Pelotas, RS, sendo um sistema de pessegueiro sob cultivo agroecológico (PA), um sistema de pessegueiro sob cultivo convencional (PC) e uma área de vegetação nativa (VN). Foram realizadas coletas na profundidade de 0,00 – 0,20m para análises físicas do solo como densidade (Ds), porosidade total (Pt), diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), bem como para análises de macro e micronutrientes e carbono orgânico total (COT). Foram instaladas armadilhas *pitfall* durante o verão e inverno de 2017 e 2018. A diversidade da macrofauna foi comparada utilizando-se os índices de Diversidade de Shannon (H'), Equabilidade (J'), Simpson, foi calculada a frequência relativa (FR), análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Correspondência Canônica (CCA). Foi calculada a riqueza, abundância, curva de rarefação, diversidade de Shannon, Equabilidade, Chao1 e PCA para as assembleias de formigas. O maior índice de Shannon foi verificado para o PA durante os dois anos de avaliação. A maior abundância para o ano de 2017 foi constatada para a VN, enquanto para o ano de 2018 esse resultado foi verificado para o PC, visto o elevado número de indivíduos da ordem Isopoda. No primeiro ano de amostragem, foi verificada alta FR para a ordem Coleoptera em todos os sistemas. A PCA para todo o período de estudo, associou a ordem Araneae ao PA, a ordem Isopoda ao PC e as ordens Coleoptera, Amphipoda e Dermaptera a VN. Através da análise de CCA, as variáveis que se destacaram para responder as alterações na qualidade do solo e, se relacionaram à macrofauna edáfica foram matéria orgânica, fósforo, cálcio, cobre, pH e DMP. O agroecossistema de PA apresentou maior número de ocorrências e riqueza, enquanto o pomar convencional o menor número. *Camponotus* sp.1, *Pogonomyrmex naegelli*, *Nylanderia fulva*, *Pheidole* sp.1 e *Solenopsis saevissima* apresentaram associação positiva com PC e PA. *Acromyrmex ambiguus*, *Pachycondyla striata*, *Gnamptogenys striatula*, *Gnamptogenys* sp.1 e *Cyphomyrmex rimosus* apresentaram associação positiva com a VN e PA. Os resultados encontrados corroboram a hipótese de que os sistemas agroecológicos se constituem em uma alternativa importante aos sistemas convencionais, pois podem preservar a qualidade física e química do solo, além de aumentar e preservar a diversidade e riqueza da macrofauna edáfica, bem como das

assembleias de formigas, favorecendo as espécies predadoras e contribuindo para o manejo ecológico de pragas.

Palavras-chave: Invertebrados edáficos. Agroecologia. Sustentabilidade. Qualidade do solo. Formicidae

## ABSTRACT

**CARVALHO, Juliana dos Santos. What is the influence of peach orchard in an agroecological and conventional system under the edaphic macrofauna? 2020.** 98f. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - Post Graduation Program in Family Farming Production Systems, Faculty of Agronomy "Eliseu Maciel", Federal University of Pelotas, Capão do Leão, Brazil, 2020.

The peach tree (*Prunus persica* (L.) Batsch) is one of the most produced fruit in the world, Brazil is the thirteenth world producer of peach. However, many producers use the conventional production system, which is strongly based on the use of herbicides causing losses in soil biodiversity. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the abundance, diversity, richness, relative frequency and possible association of groups of the edaphic macrofauna with soil properties and compare the richness and diversity of ant assemblages in an agroecological and conventional system under peach orchard cultivation. The study was carried out on two family farms in the region of Colônia São Manoel, 8th district of Pelotas, RS, being a peach orchard system under agroecological cultivation (PA), a peach orchard system under conventional cultivation (PC) and an area of native vegetation (VN). Collections were carried out at a depth of 0.00 - 0.20 m for physical analysis of the soil such as density (Ds), total porosity (Pt), aggregates weighted average diameter (DMP), as well as for macro and micronutrient analysis and organic carbon total (COT). Pitfall traps were installed during the summer and winter of 2017 and 2018. The macrofauna diversity was compared using the Shannon Diversity indices ( $H'$ ), Equability ( $J'$ ), Simpson, the relative frequency (FR) was calculated, Principal Component Analysis (PCA) and Canonical Correspondence Analysis (CCA). Wealth, abundance, rarefaction curve, Shannon diversity, Equability, Chao1 and PCA were calculated for ant assemblages. The highest Shannon index was found for PA during the two years of evaluation. The greatest abundance for the year 2017 was found for the VN, while for the year 2018 this result was verified for the PC, given the high number of individuals of the order Isopoda. In the first year of sampling, high FR was observed for the order Coleoptera in all systems. The PCA for the entire study period, associated the order Araneae to the PA, the order Isopoda to the PC and the orders Coleoptera, Amphipoda and Dermaptera to VN. Through CCA analysis, the variables that stood out to respond to changes in soil quality and related to the edaphic macrofauna were organic matter, phosphorus, calcium, copper, pH and DMP. The PA agroecosystem had the highest number of occurrences and richness, while the conventional orchard the lowest number. *Camponotus* sp.1, *Pogonomyrmex naegelli*, *Nylanderia fulva*, *Pheidole* sp.1 and *Solenopsis saevissima* showed a positive association with PC and PA. *Acromyrmex ambiguus*, *Pachycondyla striata*, *Gnamptogenys striatula*, *Gnamptogenys* sp.1 and *Cyphomyrmex rimosus* showed a positive association with VN and PA. The results found corroborate the hypothesis that agroecological systems are an important alternative to conventional systems, since they can preserve the physical and chemical quality of the soil, in addition to increasing and preserving the diversity and richness of the edaphic macrofauna, as well as the assemblages of ants, favoring predatory species and contributing to ecological pest management.

Keywords: Edaphic invertebrates. Agroecology. Sustainability. Soil quality. Formicidae

## Sumário

<b>1 Introdução</b> .....	14
<b>2 Projeto de Pesquisa</b> .....	19
2.1 Antecedentes e Justificativa.....	22
2.2 Objetivos.....	30
2.2.1 Objetivo geral.....	30
2.2.2 Objetivos específicos.....	30
2.3 Material e Métodos.....	31
2.4 Recursos Necessários.....	33
2.5 Cronograma.....	34
2.6 Divulgação Prevista.....	35
2.7 Bibliografia Citada.....	36
<b>3 Relatório do Trabalho de Campo</b> .....	39
<b>4 Artigo 1: Macrofauna edáfica e atributos do solo sob cultivo de pessegueiro agroecológico e convencional</b> .....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos.....	49
Resultados.....	55
Discussão.....	60
Referências.....	66
<b>5 Artigo 2: Qual a influência dos cultivos agroecológico e convencional sob as assembleias de formigas?</b> .....	70
Introdução.....	72
Material e Métodos.....	73
Resultados.....	76

Discussão.....	81
Referências.....	86
<b>6 Considerações finais.....</b>	<b>89</b>
<b>7 Referências.....</b>	<b>90</b>

## Lista de Quadros

Quadro 1	Atividades da pesquisa no período compreendido entre março de 2016 a fevereiro de 2019.....	34
Quadro 2	Meio de divulgação prevista pra o período compreendido entre 2017 a 2019.....	35

## Lista de Figuras

Figura 1	Modelo conceitual para a gestão da atividade de macroinvertebrados dentro de um agroecossistema.....	27
Figura 2	Demarcação entre os agroecossistemas em estudo, Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2020.....	41
Figura 3	Armadilhas <i>pitfall</i> instaladas nos agroecossistemas em estudo. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil. 2017-2018...	43
Figura 4	Temperatura média (°C) e precipitação (mm) mensal no ano de 2017. Pelotas, RS.....	53
Figura 5	Temperatura média (°C) e precipitação (mm) mensal no ano de 2018. Pelotas, RS.....	54
Figura 6	Frequência relativa (%) da macrofauna edáfica em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, 2017 e 2018.....	57
Figura 7	Análise de componentes principais caracterizando a diversidade nos agroecossistemas de pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, verão e inverno de 2017 e 2018.....	58
Figura 8	Análise de Correspondência Canônica em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, 2017 e 2018.....	59
Figura 9	Comparação da riqueza pelo método da curva de rarefação baseado no número de ocorrências e da riqueza das assembleias de formigas em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017 e 2018.....	79
Figura 10	Análise de Componentes Principais (PCA) das associações entre as espécies, ambientes e estações, em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017 e 2018.....	80

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Discriminação dos recursos necessários para a execução do projeto de pesquisa.....	33
Tabela 2	Teores de argila, silte e areia em um Neossolo Litólico Eutrófico na profundidade de 0,00 – 0,20m em áreas de pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, 2017.....	51
Tabela 3	Relação de grupos taxonômicos da macrofauna edáfica, abundância (S), riqueza (R), Índice de diversidade de Shannon (H) e Índice de dominância de Simpson (Is) em pomar de pessegueiro agroecológico, pessegueiro convencional e área de vegetação nativa. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, 2017 e 2018.....	56
Tabela 4	Análises químicas e físicas de um Neossolo Litólico Eutrófico (camada de 0,00 – 0,20m) na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017.....	64
Tabela 5	Lista de espécies, ocorrências e frequência relativa (%) em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017 e 2018.....	77
Tabela 6	Indicadores ecológicos de riqueza, abundância, diversidade de Shannon, equitabilidade e Chao 1, em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017 e 2018. (v: verão; i: inverno).....	79

## 1 Introdução

No Brasil, a cultura do pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch] está presente há mais de 470 anos. O pessegueiro é uma planta perene tradicionalmente cultivada em regiões de clima temperado e segundo a FAO (2018), é a oitava frutífera mais cultivada do mundo, tendo como principal produtor a China.

No país a área cultivada corresponde a 17.606 hectares (ha), sendo o estado do Rio Grande do Sul (RS) o maior produtor nacional com uma área destinada a colheita de 13.140 ha (IBGE, 2019). O estado destaca-se no cenário nacional como principal produtor de pêssego em calda, principalmente nas regiões de Pelotas e Canguçu que representam mais de 81% da produção estadual (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2019). Tal produção advém de pomares de base familiar e empresariais, porém os pomares familiares representam mais de 90% do total (SEVERO, 2017), sendo aproximadamente 1.387 produtores/famílias (EMBRAPA, 2014).

Segundo Finatto e Corrêa (2011), os estabelecimentos agropecuários do município de Pelotas desenvolvem atividades diversificadas. As unidades agrícolas de menor área desenvolvem cultivos variados como pêssego, fumo, milho, feijão e hortigranjeiros. No município de Pelotas muitas propriedades têm na cultura do pêssego sua principal atividade de renda, com pomares de 2 ha, em média, por propriedade (MAYER, 2014).

Ainda de acordo com esse autor, o cultivo de pessegueiro sob manejo convencional pode ser considerado um retrocesso, pois os sistemas de produção de pêssego estão fortemente alicerçados no uso de “secantes”, herbicidas que estão desertificando o banco de sementes no solo e fortalecendo a perda de nutrientes pela erosão e fazendo o solo perder a capacidade de manter a umidade.

Embora em muitas dessas propriedades, o cultivo de pessegueiro ainda seja manejado sob sistema convencional do solo, segundo Finatto e Salamoni (2008) a produção de base ecológica no município de Pelotas está se expandindo ao longo do tempo, no aspecto quantitativo, em relação ao número de produtores trabalhando nesta atividade.

No que tange a sustentabilidade da cultura, o manejo do solo implica no sucesso da colheita, pois se realizado de maneira inadequada pode conduzir a baixas produtividades, comprometendo a qualidade dos frutos produzidos, e aumentando os custos de produção. Nesse sentido, a cobertura do solo é uma alternativa ecológica e econômica de conduzir o solo, possibilitando equilíbrio das propriedades físicas, químicas e biológicas que giram em torno do sistema solo-planta (RUFATO et al., 2006).

Ademais, o Bioma Pampa, situado na metade Sul do RS é o bioma mais devastado do Brasil, restando apenas 36% de remanescentes, possui como matriz principal os campos, e tem continuidade no Uruguai, parte da Argentina e sul do Paraguai (BOLDRINI, 2020). Segundo esse mesmo autor, as paisagens naturais desse bioma são caracterizadas pela dominância de vegetação campestre em relevo plano, ondulado a fortemente ondulado. Desde a década de 70 o Pampa sofre com a drástica redução de sua cobertura original, devido a progressiva conversão dos campos nativos em pastagens exóticas, lavouras de soja e silvicultura, com a consequente perda de sua notável biodiversidade.

Nesse contexto, os sistemas agrícolas convencionais, caracterizados pelo intenso revolvimento do solo e pelo uso de elevadas quantidades de adubos de alta solubilidade e inseticidas, contribuem, intensamente, para a degradação do ambiente. Por outro lado, é crescente o interesse em avaliar os efeitos de manejos com práticas conservacionistas do solo (XAVIER et al., 2006), como aqueles utilizados nos sistemas agroecológicos.

A ciência da agroecologia, a qual se define como a aplicação de conceitos e princípios ecológicos ao desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis, proporciona um marco para valorizar a complexidade dos agroecossistemas de modo a melhorar a qualidade do solo para produzir plantas fortes e saudáveis, debilitando ao mesmo tempo as pragas (plantas invasoras, insetos, doenças e nematóides) ao promover organismos benéficos via diversificação do agroecossistema (ALTIERI, 2010).

O manejo de sistemas de base ecológica considerando a preservação ambiental surge no início deste século XXI como a emergência de um processo de mudança de paradigma, a fim de se prevenir a degradação dos recursos naturais (SILVA et al., 2015). Uma série de conceitos de gestão e manejo sustentável tem

sido desenvolvida, sendo que a ideia central está associada ao uso equilibrado dos recursos dos ecossistemas.

Neste contexto, os solos são fontes essenciais de uma grande diversidade de serviços ecossistêmicos que fornecem benefícios para a população humana. Sendo um recurso natural vivo, a sustentabilidade ambiental depende do adequado funcionamento do solo.

Doran e Parkin (1994) e Doran (1997) propuseram o seguinte conceito de qualidade do solo, sendo ainda utilizado nos dias atuais: “Qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens”.

Assim, Doran e Parkin (1994) propuseram um conjunto básico de atributos de ordem química, física e biológica para avaliar e monitorar a qualidade do solo. Esses atributos devem estar relacionados com as cinco funções básicas do solo: habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de água; habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de elementos químicos; promover e sustentar o desenvolvimento de raízes; manter um habitat biológico adequado; e responder ao manejo, resistindo à degradação.

Quando se refere à utilização do solo com o objetivo de alcançar qualidade, sua fauna é um componente que recebe pouca atenção (BARETTA et al., 2011), visto que esse grupo carece de estudos a fim de avaliar os efeitos das ações antrópicas sobre a biota do solo.

A sensibilidade dos invertebrados do solo aos diferentes manejos reflete claramente o quanto determinada prática de manejo pode ser considerada ou não conservacionista do ponto de vista da estrutura e da fertilidade do solo (HOFFMANN et al., 2018) entre esses organismos destacamos a macrofauna. A intensa interação da diversificada comunidade de invertebrados edáficos com os demais atributos físicos e químicos torna-os importantes indicadores de qualidade, principalmente por sua rápida resposta às alterações do meio, em comparação aos atributos físicos e químicos do solo (ROUSSEAU et al., 2013).

A macrofauna edáfica engloba organismos maiores que 2mm, sendo seus principais representantes: besouros (Coleoptera), formigas (Hymenoptera), tatuzinhos (Isopoda), minhocas (Oligochaeta), aranhas (Arachnida), entre outros.

Essa desempenha papel chave no funcionamento do ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos da cadeia alimentar no solo, afetando a produção primária de maneira direta e indireta. Esses organismos alteram as populações de microrganismos, exercendo influência sobre o ciclo da matéria orgânica (MO) e a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas. Além disso, contribuem na formação de agregados estáveis que podem proteger a MO do solo (MORSELLI, 2009).

A fauna edáfica mostra-se sensível a modificações ocorridas no ambiente, sejam elas de ordem biológica, física e/ou química, como resultantes das práticas de manejo do solo e de cultivo empregadas. Dependendo do tipo e intensidade do impacto promovido ao ambiente, tais práticas podem ter efeitos sobre determinadas populações, ou seja, podem aumentar, diminuir ou não influenciar na diversidade de organismos edáficos (BARETTA et al., 2011).

As formigas, em especial, são consideradas de fundamental importância para a manutenção da qualidade do solo, sendo úteis como bioindicadoras (CREPALDI et al., 2014). Devido as suas características biológicas e ecológicas o conhecimento de sua diversidade em uma determinada área pode fornecer importantes informações para planos de manejo e conservação. Uma vez que a riqueza e a composição das espécies podem indicar o grau de conservação ou de degradação local, ou ainda uma possível vulnerabilidade a mudanças ambientais (ALONSO; AGOSTI, 2000). A biodiversidade de formigas tem sido estudada com o objetivo de compreender as perturbações ocasionadas pelas constantes simplificações dos ecossistemas naturais.

Neste contexto, a captura de organismos da fauna edáfica se constitui em uma alternativa viável para avaliação dos sistemas de manejo, já que existem metodologias de fácil aplicação, ou seja, acessíveis e simples. Dentre elas destaca-se armadilhas de queda do tipo Provid (ANTONIOLLI et al., 2006), em que utiliza-se uma garrafa pet com capacidade de dois litros, contendo quatro aberturas na forma de janelas com dimensões de 6 x 4 cm na altura de 20 cm de sua base, contendo 200 mL de álcool 70% mais 3-5 gotas de formol a 2 %. No trabalho de Lutinski et al. (2013), foram utilizados frascos de plástico de 10 cm de diâmetro x 15 cm de profundidade, inseridas no solo até a borda superior, contendo uma solução de 150 ml de água e uma gota de detergente. Em geral as armadilhas permanecem sete dias no campo e obedecem a uma distância de 10 m entre elas.

Considerando o aspecto promissor dos sistemas agroecológicos, este trabalho oportuniza a avaliação e conhecimento da macrofauna edáfica e das assembleias de formigas comparando dois sistemas de manejo no Bioma Pampa no estado do Rio Grande do Sul.

Assim, esta pesquisa parte das seguintes hipóteses: a) o manejo realizado no sistema agroecológico contribui para a manutenção e/ou melhoria da qualidade biológica do solo; b) o sistema agroecológico oportuniza maior diversidade e riqueza de organismos edáficos e contribui no estabelecimento das assembleias de formigas.

Neste contexto, este trabalho foi estruturado em dois artigos científicos. No primeiro artigo, avaliou-se a influência dos cultivos de pomar de pessegueiro agroecológico e convencional sob a macrofauna edáfica, bem como as possíveis associações destes grupos com as propriedades do solo. No segundo artigo objetivou-se avaliar a influência dos cultivos de pomar de pessegueiro agroecológico e convencional sob as assembléias de formigas em dois anos de coleta.

## **2 Projeto de pesquisa**



**Universidade Federal de Pelotas  
PRPPG – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel  
PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar**

**Projeto de Tese**

**Relação da fauna edáfica com atributos do solo sob cultivo de pessegueiro em um agroecossistema familiar de base ecológica**

**Equipe:**

Juliana dos Santos Carvalho (Doutoranda)  
Ana Cláudia Rodrigues de Lima (Orientadora)  
Flávio Roberto Mello Garcia (Coorientador)

Pelotas, setembro de 2016

## Sumário

---

1. Antecedentes e justificativa.....	2
2. Objetivos.....	10
3. Material e Métodos.....	11
4. Recursos Necessário.....	14
5. Cronograma.....	15
6. Divulgação Prevista.....	16
7. Bibliografia Citada.....	17

## 2.1 Antecedentes e Justificativa

---

O termo agricultura familiar começou a ser denominado na literatura a partir dos anos 1990. Inicialmente, foi definido como sendo um estabelecimento rural no qual a gerência da propriedade é feita pela própria família que a ocupa e o trabalho, em sua maior parte, é desempenhado pela família (FEIJÓ, 2011). Já Lamarche (1993) definiu a agricultura familiar como categoria social, sendo a uma unidade de produção agrícola onde propriedade e trabalho estão intimamente ligados à família. A interdependência desses três fatores no funcionamento da exploração engendra necessariamente noções mais abstratas e complexas, tais como a transmissão do patrimônio e a reprodução da exploração.

A agricultura familiar é parte relevante e indispensável na agricultura mundial, contribuindo para a geração de emprego, renda e para o desenvolvimento de modo geral (PLOEG, 2009). No cenário agrícola brasileiro, apresenta papel de grande importância, atuando nos aspectos social, econômico, ambiental e cultural e sendo um dos setores imprescindíveis à manutenção da vida. Segundo IBGE (2006), mais de 80% das propriedades rurais brasileiras são da agricultura familiar, estas são responsáveis por 70% dos alimentos produzidos no Brasil. Esses dados evidenciam a importância da produção para o consumo interno a partir da agricultura familiar.

O Rio Grande do Sul (RS) é a terceira unidade da federação com maior número de estabelecimentos agrícolas familiares, e estes representam uma parcela significativa da população rural da região Sul do RS, sendo responsável por 27% do Produto Interno Bruto (PIB) no Estado, produzindo 89% do leite, 74% do milho, 58% da soja, 74% de aves, 71% de suínos e 38% de bovinos de corte (IBGE 2006).

Segundo o censo do IBGE (2010) Pelotas é o município, do estado, com maior população (328.275) e maior densidade demográfica (203,89hab/km<sup>2</sup>), enquanto que Pedras Altas tem a menor população (2.546 hab/km<sup>2</sup>) e também a menor densidade demográfica (1,85 hab/km<sup>2</sup>). A população relativa residente no meio rural do município de Pelotas corresponde a 4,92% dos habitantes, em contraste com os 95,08% do espaço urbano (ITEPA 2008).

Segundo Finatto e Corrêa (2011), os estabelecimentos agropecuários do município de Pelotas desenvolvem atividades diversificadas. As unidades agrícolas de menor área desenvolvem cultivos variados como pêssego, fumo, milho, feijão e hortigranjeiros. No município de Pelotas muitas propriedades têm na cultura do

pêssego sua principal atividade, com pomares de 2 hectares, em média, por propriedade (MAYER, 2014).

Para esse mesmo autor, o cultivo de pessegueiro sob manejo convencional pode ser considerado um retrocesso, pois os sistemas de produção de pêsego estão fortemente alicerçados no uso de “secantes”, herbicidas que estão desertificando o banco de sementes no solo e fortalecendo a perda de nutrientes pela erosão e fazendo o solo perder a capacidade de manter a umidade.

Embora em muitas dessas propriedades, o cultivo de pessegueiro ainda seja manejado sob sistema convencional do solo, segundo Finatto e Salamoni (2008) a produção de base ecológica no município de Pelotas está se expandindo ao longo do tempo, no aspecto quantitativo, em relação ao número de produtores trabalhando nesta atividade.

Segundo Crisosto et al. (1997) o manejo do solo é considerado um importante fator para o sucesso da colheita, pois se realizado de maneira inadequada pode conduzir a baixas produtividades, comprometendo a qualidade das frutas produzidas, e aliado ao aumento dos custos de produção, provocando descrença na atividade e diminuição dos pomares principalmente por parte dos produtores menos assistidos tecnicamente. Nesse contexto, os sistemas agrícolas convencionais, caracterizados pelo intenso revolvimento do solo e pelo uso de elevadas quantidades de adubos químicos e pesticidas, contribuem, mais intensamente, para a degradação do ambiente.

Por outro lado, é crescente o interesse em avaliar os efeitos de manejos com práticas conservacionistas do solo (XAVIER et al., 2006), como aqueles utilizados nos sistemas agroecológicos.

A atividade agrícola desenvolvida com bases ecológicas é fundamental para que o desenvolvimento rural possa ser sustentável, e tem se constituído num importante instrumento de luta para que o segmento da agricultura familiar possa se contrapor à exclusão econômica e social e à degradação ambiental gerada pelo atual modelo de desenvolvimento (CASALINHO, 2003).

Os sistemas agroecológicos articulam conhecimentos de diferentes ciências, assim como o saber popular, permitindo tanto a compreensão, análise e crítica do atual modelo do desenvolvimento e de agricultura industrial, como o desenho de novas estratégias para o desenvolvimento rural e de estilos de agriculturas

sustentáveis, desde uma abordagem transdisciplinar e holística (CAPORAL et al., 2004).

Nesse sentido, Guzmán Casado et al. (2000) agrupam os elementos centrais da Agroecologia em três dimensões: a) ecológica e técnico-agronômica; b) socioeconômica e cultural; e c) sócio-política. Estas dimensões não são isoladas. Segundo Caporal e Azevedo (2011) na realidade elas se influem uma à outra e interagem o tempo todo, de modo que estudá-las, entendê-las e propor alternativas mais sustentáveis supõe, necessariamente, uma abordagem inter, multi e transdisciplinar, razão pela qual os agroecólogos lançam mão de ensinamentos presentes no saber popular, mas também de conhecimentos gerados no âmbito da Física, da Economia Ecológica e Ecologia Política, da Agronomia, da Ecologia, da Biologia, da Educação e Comunicação, da História, da Antropologia e da Sociologia, para ficarmos apenas em alguns exemplos que orientam esta reflexão.

O manejo de sistemas agroecológicos considerando a preservação ambiental aparece no início deste século como a emergência de um processo de mudança de paradigma, a fim de se prevenir a degradação dos recursos naturais (SILVA et al., 2015). Uma série de conceitos de gestão e manejo sustentável tem sido desenvolvida, sendo que a ideia central está associada ao uso equilibrado dos recursos dos ecossistemas.

Os solos são fonte essencial de uma grande diversidade de serviços ecossistêmicos que fornecem benefícios para as populações humanas. Eles apoiam a maioria dos sistemas de produção através dos serviços benéficos que mediam como: ciclagem de nutrientes, produção primária, regulação do clima controlando os fluxos de gases de efeito estufa e sequestro de carbono (REICHERT et al., 2003). O solo pode ser considerado a base de sustentação dos sistemas agrícolas. Assim, perdas nos seus atributos, que reduzam a capacidade de sustentar o crescimento vegetal ou que impliquem riscos ambientais, causam impacto negativo de grande significação para as comunidades rurais, com repercussões no meio urbano (REICHERT et al., 2003).

A discussão sobre a qualidade do solo intensificou-se no início dos anos 1990, quando a comunidade científica, consciente da importância do solo para a qualidade ambiental, começou a abordar nas publicações, a preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a função do solo nesse contexto (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Doran e Parkin (1994) e Doran (1997) propuseram o seguinte conceito de qualidade do solo, sendo ainda utilizado nos dias atuais: “Qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens”. A avaliação qualitativa e quantitativa da qualidade do solo é fundamental na determinação da sustentabilidade dos sistemas de manejo utilizados, com isso a determinação de atributos de qualidade se faz necessária para possibilitar a identificação de problemas na produção, fazer estimativas realistas de produtividade, monitorar mudanças na qualidade ambiental e auxiliar agências governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas de uso da terra (GOMES et al., 2006).

Nesse sentido, Doran e Parkin (1994) propuseram um conjunto básico de atributos de ordem química, física e biológica. A proposta é de que esses atributos sejam relacionados com cinco funções básicas do solo: habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de água; habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de elementos químicos; promover e sustentar o desenvolvimento de raízes; manter um habitat biológico adequado; e responder ao manejo, resistindo à degradação.

Os atributos físicos refletem nas limitações ao crescimento radicular, na emergência das plântulas, à infiltração e ou movimento da água no interior do perfil do solo e à disponibilidade de água às plantas. Entre eles estão a porosidade total do solo (macro e microporosidade), a densidade do solo, a estabilidade de agregados estáveis em água e a textura do solo. De acordo com Reichert et al. (2003), a macroporosidade, a microporosidade e a densidade do solo, indicam o estado em que a estrutura do solo se encontra e servem como indicadores do seu estado de compactação. A densidade fornece informações a respeito do estado de conservação do solo, inferindo sobre sua infiltração, retenção de água, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e grau de compactação. Ela é dependente do espaço poroso, portanto, solos com maior porosidade têm menor densidade (REICHERT et al., 2003). Segundo Loss et al. (2009), o manejo agroecológico propicia agregados de maior diâmetro, quando comparado a sistemas convencionais sem a utilização de práticas agroecológicas, visto que essas práticas podem propiciar melhor desenvolvimento radicular das culturas e,

consequentemente, melhorar a agregação do solo, culminando na formação de agregados de maior tamanho.

Os atributos químicos do solo afetam as relações solo-planta, a qualidade da água, a disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos. Entre eles estão o pH, os macro e micronutrientes, a matéria orgânica (MO) do solo, os teores de carbono (C) e nitrogênio do solo e o fracionamento da MO do solo. Os micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu), assim como os macronutrientes (Ca, Mg, K, N, P, S) do solo são bastante influenciados pelas características do meio, estando ligados à fatores como textura e mineralogia do solo, MO, pH, condições de oxirredução e interação entre nutrientes, o que torna mais complexa a dinâmica no solo e interfere na disponibilidade às plantas (RESENDE, 2005).

A MO é o atributo que mais está relacionado com a qualidade do solo. Com o acúmulo de MO e ativação de vários processos no solo, manifestam-se diversas "propriedades emergentes", como a maior resistência à erosão, maior taxa de infiltração e retenção de água no solo, aumento na capacidade de retenção de cátions, no estoque de nutrientes, na adsorção e complexação de compostos, na ciclagem de elementos químicos, no sequestro de carbono atmosférico, na atividade e diversidade biológica do solo e na resistência a perturbações (VEZZANI, 2001).

A comparação entre os estoques de C em diversos agroecossistemas, em relação aos do sistema natural existente, tem sido utilizada para avaliar o papel do solo como fonte ou depósito de C-CO<sub>2</sub> (CORAZZA et al., 1999).

Entre os atributos biológicos encontramos a avaliação da fauna edáfica, sobretudo da macrofauna edáfica, que é um atributo sensível às mudanças no solo, refletindo rapidamente às alterações que ocorrem em um espaço curto de tempo (ALMEIDA et al., 2012).

A macrofauna edáfica engloba organismos maiores que 2mm, sendo seus principais representantes: os besouros (Coleoptera), formigas (Hymenoptera), tatuzinhos (Isopoda), minhocas (Oligochaeta), aranhas (Arachnida), entre outros. Essa desempenha um papel chave no funcionamento do ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos da cadeia alimentar no solo, afetando a produção primária de maneira direta e indireta. Esses organismos alteram as populações de microrganismos, exercendo influência sobre o ciclo da MO e a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas. Além disso, contribuem na formação de agregados estáveis que podem proteger a MO do solo (MORSELLI, 2009).

No modelo de gestão proposto por Lavelle et al. (2001) são considerados três compartimentos interativos: a) o agroecossistema ou as práticas de gestão e ocupação temporal do solo com tipos de utilização; b) os parâmetros do solo (MO e estrutura física) e c) a macrofauna definida pela abundância e a composição das populações (Figura 1).

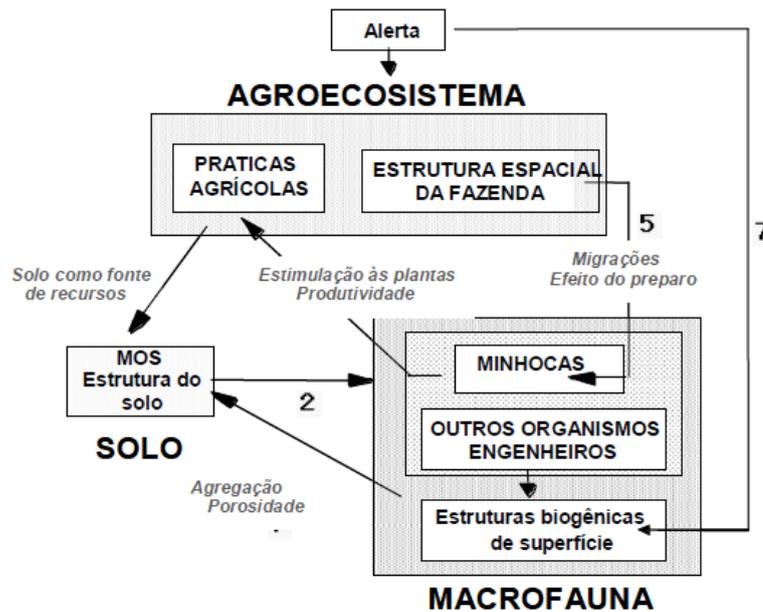


Figura 1. Modelo conceitual para a gestão da atividade de macroinvertebrados dentro de um agroecossistema (MARCHÃO 2007).

De acordo com o modelo conceitual proposto, o monitoramento da qualidade do solo ao longo do tempo, dentro dos diversos usos do solo, deve ser conduzido com o objetivo de alertar o agricultor sobre a necessidade de restaurar e/ou manter a qualidade do seu solo.

As práticas agrícolas determinam a atividade da macrofauna indiretamente, por meio da qualidade nutricional do solo e as possibilidades de recolonização de habitats desfavoráveis a partir de habitats favoráveis e, diretamente, pelo efeito negativo do revolvimento e da aplicação de defensivos agrícolas (MARCHÃO, 2007). A atividade da fauna edáfica contribui para a estrutura do solo por meio da movimentação de partículas minerais, orgânicas, ciclagem de nutrientes, constituindo um ambiente fértil, aumentando a porosidade do solo, através de atividades pedobiológicas (HÖFER et al., 2001).

No entanto, nenhum atributo, individualmente, conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo, evidenciando, assim, a necessidade de estudos que avaliem os atributos de forma integral e integrada para a melhor compreensão de um sistema como um todo (ARAÚJO; MONTEIRO 2007), visto que no solo, existem diversas inter-relações entre os atributos físicos, químicos e biológicos que controlam os processos e os aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço. Assim, qualquer alteração no solo pode influenciar diretamente em sua estrutura e em sua atividade biológica e, conseqüentemente, em sua fertilidade, com reflexos na dinâmica do sistema solo-água-plantas-animal nos agroecossistemas (BROOKES, 1995), podendo promover prejuízos à qualidade do solo e à produtividade das culturas.

Qualquer prática agrícola, como aração, adubação, calagem, incorporação de MO, aplicação de agrotóxicos, pode afetar a estrutura da comunidade de invertebrados edáficos, pois estas podem afetar os nichos disponíveis por meio da intervenção nas características físico-químico e biológicas do ecossistema.

Segundo Assad (1997), a comunidade edáfica pode ser afetada por:

- a) Compactação e seus efeitos na porosidade, na circulação de água e de ar, afetando a mobilidade dos organismos no espaço poroso;
- b) Diminuição da quantidade e da qualidade de material orgânico e redução do abrigo ou locais para oviposição. A tendência é a redução da diversidade de espécies, principalmente a população total de organismos;
- c) Destruição do revestimento vegetal do terreno, que causa flutuações microclimáticas e expõe os organismos aos excessos de temperatura (exposição do solo ao sol), a ciclos de umedecimento e secagem (estresse hídrico e inundação) e ao fogo.

No contexto ambiental, Almeida (2013), menciona que os sistemas agroecológicos podem aumentar a reciclagem da biomassa e otimização da disponibilidade e fluxo balanceado de nutrientes; assegurar condições do solo favoráveis para o crescimento das plantas, em particular através do manejo da MO e o aumento da atividade biológica do solo; minimizar as perdas devido a fluxos de radiação solar, ar e água, mediante o manejo do microclima, coleta da água e o manejo do solo através do aumento da cobertura; diversificar específica e geneticamente o agroecossistema no tempo e no espaço; aumentar as interações

biológicas e dos sinergismos entre os componentes da biodiversidade promovendo processos e serviços ecológicos chave.

Atualmente são conhecidos efeitos isolados do uso do solo nos atributos físicos, químicos e biológicos, como verificado nos trabalhos de Gomes et al. (2015) que avaliou a qualidade do solo através de bioindicadores em solo cultivado com milho em sucessão adubos verdes sob bases agroecológicas, Loss et al. (2009) estudou a distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos e Rosa et al. (2012) que avaliou os atributos físicos do solo em pomares de maçãs em sistemas convencional e orgânico de produção.

No entanto, há a necessidade de avaliar esses atributos em conjunto, e entender suas relações para compreender a dinâmica do sistema solo-água-planta-animal, principalmente em sistemas agroecológicos.

## 2.2 Objetivos

---

### 2.2.1 Objetivo Geral

Estudar a relação da fauna edáfica com atributos do solo sob cultivo de pessegueiro em um sistema agroecológico.

### 2.2.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar os efeitos do sistema agroecológico sobre as propriedades biológicas, químicas e físicas do solo;
- b) Identificar e compreender a relação da fauna edáfica com os atributos físicos e químicos do solo;
- c) Identificar as potencialidades e limitações dos solos a fim de propor ações/práticas agrícolas que possam restaurar, manter, melhorar a qualidade biológica do solo, contribuindo para a sustentabilidade dos agroecossistemas.

### 2.3 Material e Métodos

---

A presente pesquisa será desenvolvida em uma propriedade agrícola familiar sob cultivo de pessegueiro em sistema agroecológico localizada no território Zona Sul do Rio Grande do Sul.

Os atributos do solo que serão avaliados deverão ser escolhidos tendo-se como critérios: facilidade de avaliação, capacidade de interação, adequação ao nível de análise da pesquisa, sensibilidade às variações de manejo e clima e possibilidade de medições por métodos quantitativos ou qualitativos. Em resumo, os atributos da qualidade do solo deverão integrar os efeitos combinados de diversas propriedades ou processos do solo, os quais devem ser precisos, simples para o uso e terem sentido, ou seja, devem estar associados à função para a qual se pretende usar o solo.

Trabalhos anteriormente realizados sugerem o uso de atributos FÍSICOS tais como: densidade do solo que está entre as propriedades utilizadas para avaliar a compactação do solo (REICHERT et al., 2007), a porosidade do solo (macro e microporosidade) serve como parâmetro de avaliação do mesmo, servindo como indicador de manejo e estando diretamente ligada à dinâmica do armazenamento e movimento de solutos e de circulação de gases no seu interior, essenciais aos processos bioquímicos das plantas, sobretudo aqueles relacionados à produtividade vegetal (LIMA et al., 2007). A análise granulométrica infere informações sobre a textura do solo, pois esta contribui para a capacidade do solo em receber, manter e liberar nutrientes e outros constituintes químicos, manter e liberar água para as plantas, promover e sustentar o crescimento das raízes, manter o habitat biótico do solo adequado e resistir à degradação (LARSON; PIERCE, 1991). Entre os atributos QUÍMICOS são sugeridos os micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu) do solo que são bastante influenciados pelas características do meio, estando ligados a fatores como textura e mineralogia do solo, matéria orgânica, pH, condições de oxirredução e interação entre nutrientes tornam mais complexa a dinâmica no solo e interferem na disponibilidade às plantas (RESENDE, 2005), assim como os macronutrientes (Ca, Mg, K, N, P, S). Para os atributos BIOLÓGICOS sugere-se: macrofauna edáfica e carbono microbiano, que são bons indicadores em agroecossistemas por serem diretamente atingidos pelas ações do manejo (ALMEIDA, 2012).

Sendo assim, serão coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo nas camadas de 0,00 - 0,05m, de 0,05 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m. As coletas serão

feitas durante as quatro estações do ano, ou seja, nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2017. Na propriedade, cada coleta será constituída de 10 pontos (5 pontos localizados em pomares agroecológicos e 5 pontos em área de mata adjacente). Serão realizadas as análises Físicas, Químicas e Biológicas, detalhadas abaixo.

Físicas – As amostras indeformadas serão coletadas com anéis volumétricos de 0,030m por 0,048m para a determinação da densidade e porosidade do solo conforme Embrapa (2011). A análise granulométrica será realizada a partir das coletas de amostras deformadas, conforme metodologia Embrapa (2011).

Químicas – As amostras deformadas serão coletadas com pá de corte, acondicionadas em sacos plásticos, posteriormente serão passadas em peneira de malha de 2,00mm para a determinação das propriedades químicas como: pH, macronutrientes (Ca, Mg, K, N, P, S) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu) segundo metodologia descrita em Tedesco et al. (1985). O carbono orgânico total e o nitrogênio total do solo serão determinados em um analisador de oxidação elementar CHNS.

Biológicas – A macrofauna do solo será avaliada através de armadilhas pitfall do tipo trampa de Tretzel (BACHELIER, 1963).

A riqueza dos grupos taxonômicos de macroinvertebrados e morfotipos será comparada através da confecção de curvas de rarefação por indivíduos (GOTELLI; COLWELL, 2001) utilizando programa estatístico PAST (HAMMER et al., 2001). A diversidade será comparada utilizando-se os índices de Diversidade (H') e Equabilidade (J') de Shannon-Wiener e de Simpson conforme Begon et al. (2007).

Para avaliar quantitativamente a qualidade do solo, os resultados dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo serão submetidos à análise multivariada de componentes principais e de agrupamento utilizando o programa SPSS 11.0 (SPSS, 1998).

## 2.4 Recursos Necessários

Para a realização do doutorado o projeto conta com recursos financeiro e logístico do PPG SPAF e da CAPES, os quais estão detalhados na tabela 1.

**Tabela 1.** Discriminação dos recursos necessários para a execução do projeto de pesquisa.

<b>Discriminação do item</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor total</b>
<b>Materiais para consumo</b>			
Reagentes e auxiliares (análises físicas e biológicas)	4.000,00	1	4.000,00
Sacos plásticos, atilhos e etiquetas	10,00	300	3.000,00
Folhas A4, Cartuchos, DVDs	100,00	5	500,00
<b>Material permanente</b>			
Vidraria	2.000,00	1	2.000,00
<b>Custeio</b>			
Combustível	4	100L	400,00
Análises químicas (macro e micronutrientes)	18,00	30	540,00
Análises elementares (CHNS)	20,00	30	600,00
Diárias (congressos, reuniões e análises)	600,00	3	1.800,00
Manutenção de equipamentos	2.000,00	1	2.000,00
Publicação em artigos científicos	500,00	3	1.500,00
Material bibliográfico	100,00	3	300,00
Imprevistos		10%	16.640,00
<b>Total</b>			<b>18.304,00</b>



## 2.6 Divulgação Prevista

---

Os resultados da pesquisa serão divulgados no período compreendido entre janeiro de 2017 à fevereiro de 2019 (Quadro 2).

**Quadro 2.** Meio de divulgação prevista para o período compreendido entre 2017 a 2019.

MEIO DE DIVULGAÇÃO	ANO						
	2016		2017		2018		2019
	1	2	1	2	1	2	1
Periódicos				X		X	X
Anais de Congresso			X	X	X	X	
Reuniões Técnicas				X			X

## 2.7 Bibliografia Citada

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic, 1995. 576p.
- ALMEIDA, D. O. **Fauna epiedáfica e atributos microbiológicos de solos sob sistemas de manejo no subtropical brasileiro**. 2012. 95 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- ALMEIDA, M. T. **Estabelecimento de Indicadores da Qualidade da Água e do Solo: Uma Construção ao Nível de Agroecossistema Familiar e de Base Ecológica**. 2013. 84f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropicals oil biological and fertility: a handbook of methods**. Oxford, CAB. 1993, 221p.
- ASSAD, M. L. L. Biologia dos Solos do Cerrado. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Fauna do Solo**. Planaltina: Embrapa - Cpac, 1997. p. 363-443.
- ARAÚJO, A. F. S.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.3, p.66-75, 2007.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos à ecossistemas**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.
- BROOKES, P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology Fertility Soils, Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 19, p.269-279, 1995.
- CASALINHO, H. D. **Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas**. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003. 187p.
- CAPORAL, F.R. (Org.); AZEVEDO, E. O. (Org.). **Princípios e Perspectivas da Agroecologia**. 1.ed. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, v.1. 192p, 2011.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e Extensão Rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: MDA/SAF/DATERIICA, 2004. 166 p.
- CORAZZA, E. J., J.; SILVA E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.
- CRISOSTO, C.H.; JOHNSON, R.S.; DEJONG, T. Orchard Factors Affecting Postharvest Stone Fruit Quality. **Hort Science**, Alexandria, v. 32, n.5, p. 820-823, 1997.
- CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica, impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.16, n.1, 2012.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 1-20. (Special 35)
- DORAN, J. W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

- FEIJÓ, R. L. C. **Economia agrícola e desenvolvimento rural**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- FINATTO, R. A., SALAMONI, G. Agricultura familiar e agroecologia: perfil da produção de base agroecológica do município de Pelotas/RS. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n.20, v.2, p. 199-217, 2008.
- FINATTO, R. A., CORRÊA, W. K. A organização da agricultura familiar de base agroecológica em Pelotas/rs. Campo-território: **Revista de Geografia Agrária**, v. 6, n.11, 2011.
- GOMES, A. S.; SILVA, C. A. S.; PARFITT, J. M. A.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. **Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Documentos, 169. 2006.40p.
- GOMES, S. S.; GOMES, M. S.; GALLO, A. S.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; SILVA, R. F. **Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas**. Revista de La Facultad de Agronomía, La Plata, v.114 (Núm. Esp.1) Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio, p.30-37, 2015.
- GOTELLI, N. J. & COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v.4, p.379-391, 2001.
- GUZMÁN CASADO, G.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M.; SEVILLA GUZMÁN, E. (coords.). **Introducción a La Agroecología como desarrollo rural sostenible**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.; RYAN, P. PAST: Paleontological Statistics software for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v.4, p.9, 2001.
- HÖFER, H. HANAGARTH, W., GARCIA, M.V.B., MARTIUS, C., FRANKLIN, E.N., RÖMBKE, J., BECK, L. **Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems**. European Journal of Soil Biology, New Jersey, v.37, n.4, p.229-235, 2001.
- IBGE Cidades - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. (2010) Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431440>>. Acesso em: 14 ago. 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário de 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>> Acesso em: 15 ago.2016
- ITEPA - INSTITUTO TÉCNICO DE PESQUISA E ASSESSORIA – **Banco de Dados da Zona Sul**. Pelotas/RS: EDUCAT, 156p, 2008.
- LAMARCHE, H. **Agricultura familiar: Comparação Internacional**. Campinas/SP: Ed: Unicamp, 336p. 1993.
- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In: J.W. Doran et al. (ed.) **Evaluation for sustainable land management in the developing world**. Bangkok, Thailand: International Board for Soil Research and Management, p.521-536, 1991.
- LIMA, C.G.R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto - SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.6, p.1233-1244, 2007.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; PEREIRA, E. F.; RIBEIRO, E. M. S.; BEUTLER, J.S. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos, **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.3, p. 523-528, 2009.

- MARCHÃO, R. L. **Integração lavoura-pecuária num Latossolo do Cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna.** 2007. 153 f. Tese (Doutorado) - Curso de Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.
- MAYER, F. **Princípios agroecológicos para a cultura do pessegueiro.** Pelotas: CAPA, 2014.
- MORSELLI, T.B.G.A. **Biologia do Solo.** Pelotas: Universitária UFPEL/PREC, 2009. 146p.
- MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.
- PLOEG, J.D.C. **Sete teses sobre a agricultura Camponesa.** Rio de Janeiro, Brasil, 2009.15p.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. Tópicos em Ciência do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.5, p.49-134, 2007.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.
- RESENDE, A. V. **Micronutrientes na agricultura brasileira: disponibilidade, utilização e perspectivas.** Série Estudos e Documentos. CETEM/MCT, 2005.
- ROSA, E. F. F.; STÜPP, J. J.; AMARANTE, C. V. T.; MAFRA, A. L. Atributos físicos do solo em pomares de maçã “Royal Gala” em sistemas convencional e orgânico de produção. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.11, n.3, p. 187-195, 2012.
- SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CÂNDIDO, B. M. **Curso da EMATER: manejo do solo em sistemas agroecológicos de produção** – Lavras: UFLA, 2015.54 p.
- SPSS. **SPSS 9.0 for windows user's guide.** SPSS Inc., Chicago, IL, 1998.
- TEDESCO, M. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Departamento de solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, p.188, Porto Alegre – RS, 1985.
- VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola.** 2001. 184f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.743-755, 2009.
- XAVIER, F. A. Silva.; MAIA, S. M. FERREIRA.; OLIVEIRA, T. SENNA.;
- MENDONÇA, E. SÁ. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânicos e convencionalna Chapada da Ibiapina – CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30.n.2. p. 247-258, 2006.

### **3 Relatório do trabalho de campo**

## **Relatório do trabalho de campo**

Durante a execução do trabalho de campo, foi realizada coleta de solo para as análises físicas e químicas em janeiro de 2017 nos pomares de pessegueiro agroecológico, convencional e na área de vegetação nativa, na Colônia São Manoel (31° 26' S e 52° 33' O), 8º distrito do município de Pelotas, RS, Brasil, bem como coletas de fauna edáfica em 2017 e 2018 (verão e inverno).

As áreas foram divididas em três estratos, conforme a topossequência do local em: parte alta, parte média e parte baixa. Em cada parte foram coletadas amostras de solo em três pontos distintos, na linha de cultivo do pomar, sendo três linhas e totalizando nove amostras por ambiente. O solo das propriedades foi classificado como Neossolo Litólico Eutrófico (SANTOS et al., 2018).

Para a seleção das propriedades agrícolas em estudo adotou-se os seguintes critérios: apresentarem as mesmas condições de solo, clima e relevo e estarem com um tempo uniforme e considerável de implantação dos pomares.

Os atributos do solo avaliados foram escolhidos tendo-se como critérios: facilidade de avaliação, capacidade de interação, adequação ao nível de análise da pesquisa, sensibilidade às variações de manejo e clima e possibilidade de medições por métodos quantitativos ou qualitativos. Em resumo, os atributos da qualidade do solo devem integrar os efeitos combinados de diversas propriedades ou processos do solo, os quais devem ser precisos, simples para o uso e terem sentido, ou seja, devem estar associados à função para a qual se pretende usar o solo.

O estudo foi realizado em duas propriedades familiares pertencentes ao Bioma Pampa. O Bioma está situado na metade sul do Rio Grande do Sul, é o menor bioma brasileiro em extensão (176.496 km<sup>2</sup>), correspondendo a aproximadamente 2,07% do território nacional. As paisagens naturais do Pampa são caracterizadas pela dominância de vegetação campestre em relevo plano, ondulado a fortemente ondulado (BOLDRINI, 2020).

As propriedades agrícolas situam-se na região fisiográfica denominada Serra do Sudeste. A região apresenta uma cobertura vegetal natural classificada como campos e florestas de pequena escala, próximo à savana (PORTO, 2002). De

acordo com a classificação de Köppen, do tipo Cfa (C: clima temperado quente, com temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18° C; f: em nenhum mês a precipitação é inferior à 60 mm; a: temperatura do mês mais quente é superior à 22° C).

O pomar de pessegueiro agroecológico localiza-se nas coordenadas geográficas 31°25'55" S e 52°33'24" W (Figura 2).

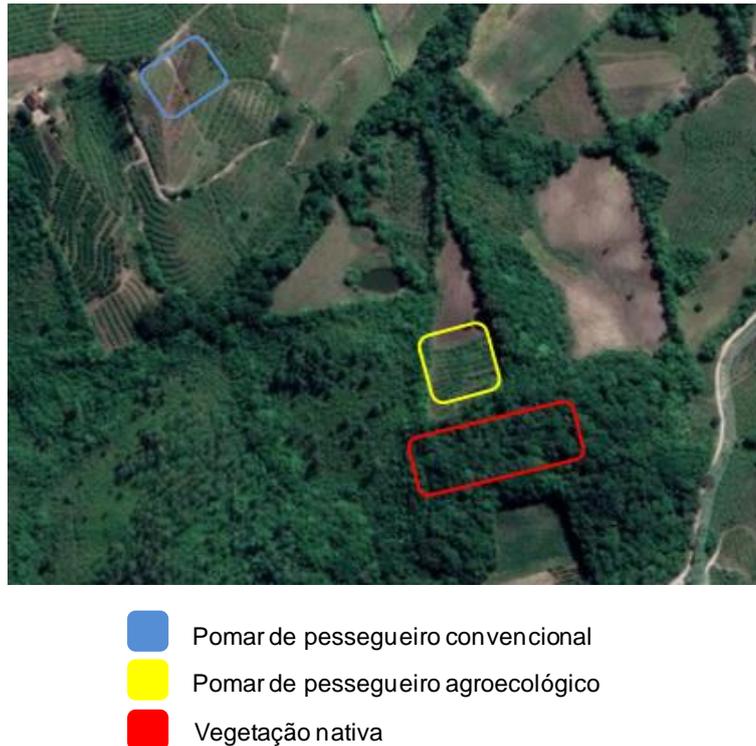


Figura 2 - Demarcação dos agroecossistemas em estudo, Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2020.  
 Fonte: Google Earth

Essa área era constituída originalmente de vegetação nativa, posteriormente foi utilizada para pastagem. Em 2002 foram implementadas 195 plantas da cultivar Granada. O espaçamento entre plantas possui distância de 2m e entre linhas de 4m, em uma área de aproximadamente 0,22 hectares (ha).

Nessa área, no período de verão surge vegetação espontânea e é realizada uma roçada mecânica em março. No inverno é realizada sementeira de *Vicia sativa* L. (ervilhaca), *Avena sativa* L. (aveia) e *Lolium multiflorum* L. (azevém). A correção consiste em aplicação de calcário (em torno de meio quilograma por planta quando o agricultor julga necessário).

A área de vegetação nativa pertence à propriedade do agricultor agroecológico. Situa-se nas coordenadas geográficas 31°25'45" S e 52°33'25" W,

possui aproximadamente 1ha. Nela encontram-se espécies como: *Rapanea ferruginea* Ruiz & Pav. (Capororoca), *Luehea divaricata* Mart & Zucc. (Açoita-cavalo), *Matayba elaeagnoides* Radlk. (Camboatá), *Ficus carica* L. (Figueira), *Allophylus edulis* St. Hil. (Chau-chau), *Eugenia myrcianthes* Nied (Pessegueiro-do-mato), *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro) entre outras espécies.

O pomar de pessegueiro convencional situa-se nas coordenadas geográficas 31°25'33" S e 52°33'30" W. Essa área era constituída originalmente de vegetação nativa. Em 1996 foram implementadas 200 plantas da cultivar Esmeralda. O espaçamento entre plantas possui distância de 2m e entre linhas de 4m, em uma área de aproximadamente 0,22 hectares (ha).

O manejo do pomar é feito com herbicidas, fertilização com adubos de alta solubilidade e o solo encontra-se sem cobertura vegetal entre as linhas de cultivo do pessegueiro. Nesse sistema é aplicado um herbicida sistêmico de amplo espectro e dessecante de plantas espontâneas, além do uso de calda bordalesa no início da primavera (final de setembro). Como tratamento fitossanitário é utilizado um inseticida organofosforado de contato e ingestão (fase de enchimento dos frutos), inseticida e acaricida organofosforado de ação sistêmica (controle da mosca-das-frutas) e fungicida sistêmico do grupo dos triazóis e enxofre.

### **Amostragem de solo**

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo nas camadas de 0,00-0,05m, 0,05-0,10m e 0,10-0,20m para compor uma única amostra composta de 0,00-0,20m por ponto. As coletas foram realizadas em janeiro de 2017, juntamente aos pontos das coletas de macrofauna edáfica. As amostras indeformadas foram coletadas com anéis volumétricos de Kopeck com volume de 38,7 cm<sup>3</sup> para determinação da densidade do solo e porosidade total do solo conforme Embrapa (2011). A análise granulométrica foi realizada conforme metodologia Embrapa (2011). E a estabilidade de agregados estáveis em água, conforme metodologia descrita em Kemper e Rosenau (1986) e Palmeira et al. (1999).

As amostras deformadas foram coletadas com auxílio de pá de corte, acondicionadas em sacos plásticos e secas ao ar até o ponto de friabilidade. Para a determinação das propriedades químicas do solo como: pH, macronutrientes (Ca, Mg, K, P) e micronutrientes (Mn, Zn, Cu) foi utilizada metodologia descrita em

Tedesco et al. (1985). O carbono orgânico total do solo foi determinado em um analisador de oxidação elementar CHNS.

### **Amostragem da fauna do solo**

A amostragem da fauna do solo foi realizada nos dias 01/março, 09/março (verão) e 24/julho, 31/julho (inverno) de 2017 e 23/janeiro, 30/janeiro (verão) e 31/julho, 07/agosto (inverno) de 2018. As armadilhas eram trocadas a cada sete dias em média.

Foram utilizadas armadilhas de queda do tipo *pitfall* conforme metodologia descrita em Lutinski et al. (2013) adaptada. As armadilhas consistiam em um pote plástico com capacidade 1 kg, inserido no solo até a altura da abertura do mesmo, sendo protegido por uma telha de barro apoiada a uma estaca de madeira. No interior de cada armadilha foi adicionada uma solução de 200mL, sendo 5% de glicerina bihidratada, 22% de água destilada e 73% de álcool 96° GI (Figura 3).



Figura 3 - Armadilhas *pitfall* instaladas nos agroecossistemas em estudo. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil. 2017-2018.

As mesmas foram instaladas na linha de cultivo dos pomares respeitando o mínimo de 10m de distância entre elas (LUTINSKI et al., 2013). Foram instaladas três armadilhas por linha, em três linhas de cultivo, totalizando nove armadilhas em cada ambiente.

A macrofauna edáfica foi separada com auxílio de peneira de 2mm e posteriormente acondicionada em frascos plásticos de 80 mL em álcool 70° GI. Os

organismos foram triados no Laboratório de Biologia do Solo da Universidade Federal de Pelotas.

As formigas foram separadas dos demais organismos para a identificação ao nível de espécie seguindo as chaves propostas por Baccaro et al. (2015) e a classificação foi baseada em Bolton (2019).

Para avaliar a macrofauna em geral (exceção das formigas), a diversidade foi comparada utilizando-se os índices de Diversidade de Shannon ( $H'$ ), Equabilidade ( $J'$ ) e de Simpson conforme Begon et al. (2007). A relação entre os grupos taxonômicos e as áreas foi avaliada através da Análise de Componentes Principais (PCA) pelo software PAST (HAMMER et al., 2001). As possíveis associações dos grupos taxonômicos com as propriedades químicas e físicas do solo foram testadas através da Análise de Correspondência Canônica (CCA) usando o programa Canoco for Windows (TER BRAAK; SMILAUER, 1998).

Para a análise das assembleias de formigas, a riqueza foi definida como o número de espécies que ocorreram em cada área, a frequência relativa com base na ocorrência de cada espécie em cada ambiente amostrado e a abundância com base na frequência relativa (LUTINSKI et al., 2017a). A riqueza das áreas foi comparada utilizando um estimador não paramétrico (Chao 1) no EstimatesS 8.0 (COLWELL, 2006; CHAO, 1987). A riqueza de formigas coletadas em cada ambiente foi comparada pela análise de rarefação baseada nas ocorrências das espécies através do software EcoSim 7 (GOTELLI; ENTSMINGER, 2001). Para testar associações entre espécies de formigas, ambiente (local) e estação (verão e inverno) utilizando a análise de PCA foi utilizado o programa estatístico PAST (HAMMER et al., 2001).

**4 Artigo 1: Macrofauna edáfica e atributos do solo sob cultivo de pessegueiro  
agroecológico e convencional**  
(Segundo Normas da Revista Anais da Academia Brasileira de Ciências)

## MACROFAUNA EDÁFICA E ATRIBUTOS DO SOLO SOB CULTIVO DE PESSEGUEIRO AGROECOLÓGICO E CONVENCIONAL

### RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a abundância, diversidade, riqueza e frequência relativa da macrofauna edáfica, estabelecer possíveis relações dos grupos taxonômicos aos sistemas de manejo e as variáveis químicas e físicas do solo em um sistema de pomar agroecológico e convencional sob cultivo de pessegueiro e uma vegetação nativa. A pesquisa foi realizada em um Neossolo Litólico Eutrófico em Pelotas, RS, Brasil. Foram instaladas armadilhas *pitfall* para coleta da macrofauna edáfica e realizadas coletas de solo para avaliar os macro e micronutrientes, carbono orgânico total, determinação do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água, além de coletas com anéis volumétricos para avaliação da densidade do solo e porosidade total do solo. A diversidade foi comparada utilizando-se os índices de Diversidade e Equabilidade de Shannon e de Simpson. Para testar associação dos grupos taxonômicos e os sistemas, foi realizada uma Análise de Componentes Principais. E uma Análise de Correspondência Canônica para testar associações dos grupos às variáveis químicas e físicas do solo. Sendo assim, o pomar de pessegueiro agroecológico influenciou positivamente a qualidade do solo, mantendo semelhante à vegetação nativa, através da alta diversidade de organismos edáficos e preservando a qualidade química e física do solo.

**Palavras-chave: fauna edáfica; sistemas de base ecológica; qualidade do solo; pomar; manejo do solo**

### INTRODUÇÃO

O pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) é uma das frutíferas mais produzidas no mundo, sendo o Brasil o décimo terceiro produtor mundial de pêssego (FAOSTAT, 2017) e o

Rio Grande do Sul o maior produtor da fruta no país (Raseira et al., 2019). Segundo Madail e Raseira (2008), essa produção advém de pomares de base familiar e empresariais, porém as propriedades familiares representam mais de 90% do total, contudo, muitos desses produtores utilizam o sistema de produção convencional. Esse sistema está fortemente alicerçado no uso de herbicidas desertificando o banco de sementes e fortalecendo a perda de nutrientes pela erosão, fazendo o solo perder a capacidade de manter a umidade (Mayer, 2014), acarretando perdas na biodiversidade.

O conceito de qualidade do solo surgiu no início dos anos 90 oriundo da preocupação com a degradação dos ecossistemas e pode ser definido como a capacidade de um tipo específico de solo desempenhar suas funções, dentro dos limites dos ecossistemas naturais ou manejados, para sustentar a produtividade vegetal, animal e a saúde humana, proporcionando habitação e mantendo ou melhorando a qualidade da água e do ar (Karlen et al., 1997).

Com isso, o manejo de sistemas de base ecológica considerando a preservação ambiental aparece no início do século XXI como a emergência de um processo de mudança de paradigma, a fim de se prevenir a degradação dos recursos naturais (Silva et al., 2015a). Uma série de conceitos de gestão e manejo sustentável tem sido desenvolvida, sendo que a ideia central está associada ao uso equilibrado dos recursos dos ecossistemas.

Um importante parâmetro para a avaliação da qualidade do solo está na interação dos invertebrados edáficos com as diferentes formas de manejar e fazer uso do solo, pois a abundância, a riqueza e a diversidade dos organismos são dependentes das práticas de manejo, intensidade de uso do solo, modificações no microclima e no tipo de cobertura vegetal (Spiller et al., 2017).

A macrofauna compreende os organismos que vivem no solo e possuem diâmetro corporal superior a 2mm, sendo alguns de seus representantes os besouros (Coleópteros), aranhas (Aranae) e tatu-bola (Isopoda). Esses organismos são eficazes como ferramenta de

bioindicação, pois são sensíveis às alterações no ambiente. Possuem facilidade de serem coletados através de métodos de baixo custo, com um amplo referencial teórico e para identificação a níveis de ordem e família (Pinzón Triana et al., 2015).

Acredita-se que modificações de áreas naturais ou em equilíbrio biológico, visando à adoção de sistemas convencionais de produção, acarrete mudanças consideráveis na estrutura da comunidade edáfica, bem como uma diminuição na velocidade do processo de ciclagem de nutrientes, fruto da diminuição da população dos organismos presente no solo (Pereira et al, 2010).

Os atributos físicos e químicos também refletem as alterações na qualidade do solo, no entanto esses podem não responder imediatamente as modificações decorrentes do manejo e uso. Essas alterações podem ser verificadas a médio-longo prazo. Alguns trabalhos indicam atributos sensíveis para detectar tais mudanças como: matéria orgânica (MO), pH, cálcio (Ca) fósforo (P), potássio (K), carbono orgânico total (COT), disponibilidade de nutrientes, além de avaliações físicas relacionadas a compactação, estabilidade de agregados e porosidade do solo (Baretta et al., 2011; Baretta et al., 2014; Rosa et al., 2015).

Nesse contexto, a qualidade do solo deve ser vista com uma abordagem sistêmica (Vezzani & Mielniczuk 2009), ou seja, que sua avaliação integre atributos físicos, químicos e biológicos. Nenhum atributo, individualmente, conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo, evidenciando, assim, a necessidade de estudos que avaliem os atributos de forma integral e integrada para a melhor compreensão do sistema como um todo (Araújo & Monteiro 2007). Assim, a comunidade de macrofauna edáfica em agroecossistemas associada aos atributos físicos e químicos pode ser utilizada no monitoramento da qualidade do solo.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a abundância, diversidade, riqueza e frequência relativa, verificar possíveis relações dos grupos taxonômicos aos sistemas de

manejo e as variáveis químicas e físicas do solo em um sistema agroecológico e convencional sob cultivo de pessegueiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em duas propriedades agrícolas localizadas no Bioma Pampa. Esse Bioma é situado na metade sul do Rio Grande do Sul, é o menor bioma brasileiro em extensão (176.496 km<sup>2</sup>) e corresponde a 2,07% do território nacional. As paisagens naturais do Pampa são caracterizadas pela dominância de vegetação campestre em relevo plano, ondulado a fortemente ondulado (Boldrini, 2020).

As propriedades situam-se na região da Colônia São Manoel (31° 26' S e 52° 33' O), 8° distrito do município de Pelotas, RS, Brasil, na região fisiográfica denominada Serra do Sudeste. A região apresenta uma cobertura vegetal natural classificada como campos e florestas de pequena escala, próximo à savana (Porto, 2002). De acordo com a classificação de Köppen, do tipo Cfa (C: clima temperado quente, com temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18° C; f: em nenhum mês a precipitação é inferior à 60 mm; a: temperatura do mês mais quente é superior à 22° C).

### **Caracterização dos locais de estudo**

#### **a) Pomar agroecológico:**

Localiza-se nas coordenadas geográficas 31°25'55" S e 52°33'24" W. Essa área era constituída originalmente de vegetação nativa, posteriormente foi utilizada para pastagem. Em 2002 foram implementadas 195 plantas da cultivar Granada. O espaçamento entre plantas possui distância de 2m e entre linhas de 4m, em uma área de aproximadamente 0,22 hectares (ha). Essa área é circundada por vegetação nativa.

No período de verão surge vegetação espontânea. É realizada uma roçada mecânica em março. No inverno é realizada semeadura de *Vicia sativa* L. (ervilhaca), *Avena sativa* L.

(aveia) e *Lolium multiflorum* L. (azévem). A correção do solo consiste em aplicação de calcário (em torno de meio quilograma por planta quando o agricultor julga necessário).

b) A área de vegetação nativa está situada na propriedade do agricultor agroecológico. Localiza-se nas coordenadas geográficas 31°25'45" S e 52°33'25" W com uma área de aproximadamente 1ha. Nela encontram-se espécies como: *Rapanea ferruginea* Ruiz & Pav. (Capororoca), *Luehea divaricata* Mart & Zucc. (Açoita-cavalo), *Matayba elaeagnoides* Radlk. (Camboatá), *Ficus carica* L. (Figueira), *Allophylus edulis* St. Hil. (Chau-chau), *Eugenia myrcianthes* Nied (Pessegueiro-do-mato), *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro) entre outras espécies. Entorno dessa vegetação, encontra-se a área de pomar agroecológico.

c) Pomar convencional:

Situa-se nas coordenadas geográficas 31°25'33" S e 52°33'30" W. Essa área era constituída originalmente de vegetação nativa. Em 1996 foram implementadas 200 plantas da cultivar Esmeralda. O espaçamento entre plantas possui distância de 2m e entre linhas de 4m, em uma área de aproximadamente 0,22 hectares (ha). O entorno da área possui uma estrada e outros cultivos como horta.

O manejo do pomar é feito com herbicidas, fertilização com adubos de alta solubilidade e o solo encontra-se sem cobertura vegetal entra as linhas de cultivo do pessegueiro. Nesse sistema é aplicado um herbicida sistêmico de amplo espectro e dessecante de plantas espontâneas, além do uso de calda bordalesa no início da primavera (final de setembro). Como tratamento fitossanitário é utilizado um inseticida organofosforado de contato e ingestão (fase de enchimento dos frutos), inseticida e acaricida organofosforado de ação sistêmica (controle da mosca-das-frutas) e fungicida sistêmico do grupo dos triazóis e enxofre.

### Amostragem de solo

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo na camada de 0,00 - 0,20m, em janeiro de 2017, juntamente aos pontos das coletas de macrofauna edáfica. As amostras deformadas foram coletadas com auxílio de pá de corte, acondicionadas em sacos plásticos e secas ao ar. Parte das amostras foi peneirada em peneira de malha de 2mm para a determinação dos atributos químicos como: pH em água, matéria orgânica (MO), CTC efetiva, macronutrientes (Ca, Mg, K, P) e micronutrientes (Mn, Cu, Zn) segundo metodologia descrita em Tedesco et al. (1985). O carbono orgânico total (COT) foi determinado em um analisador de oxidação elementar CHNS. A análise granulométrica foi realizada segundo Bouyoucos (1927), sendo o solo classificado como Neossolo Litólico Eutrófico (Santos et al., 2018) de textura franco argilo arenosa (Tabela 2).

**Tabela II**

Teores de argila, silte e areia em um Neossolo Litólico Eutrófico na profundidade de 0,00 – 0,20m em áreas de pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, 2017.

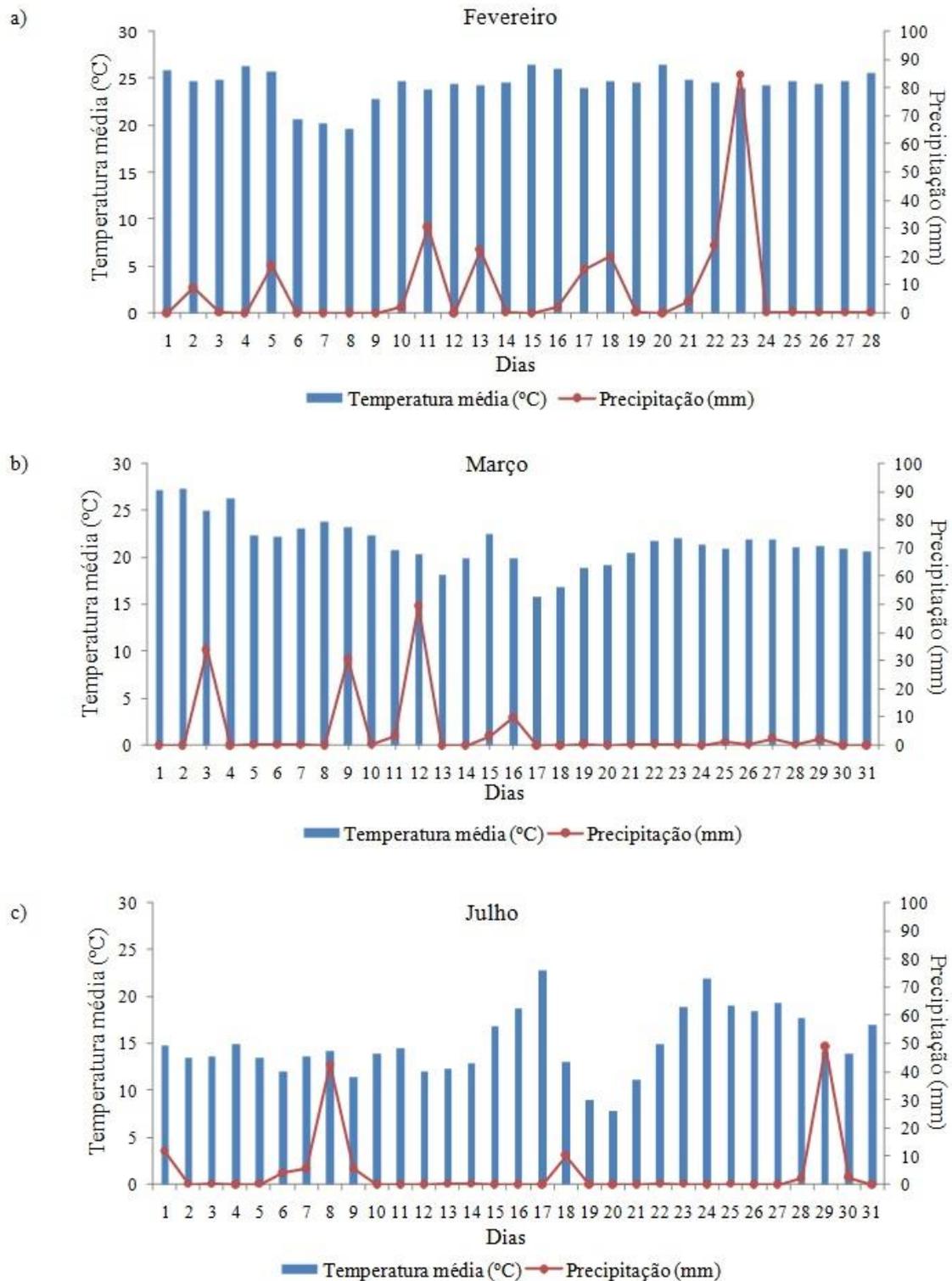
Áreas	Argila	Silte %	Areia
Pomar agroecológico	24,62	15,49	59,89
Pomar convencional	24,61	14,02	61,38
Vegetação nativa	20,63	15,64	63,73

Uma parte das amostras foi peneirada em malha de 9,52mm e utilizada para a determinação dos agregados estáveis em água para o cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP), de acordo com Kemper e Rosenau (1986) e Palmeira et al. (1999).

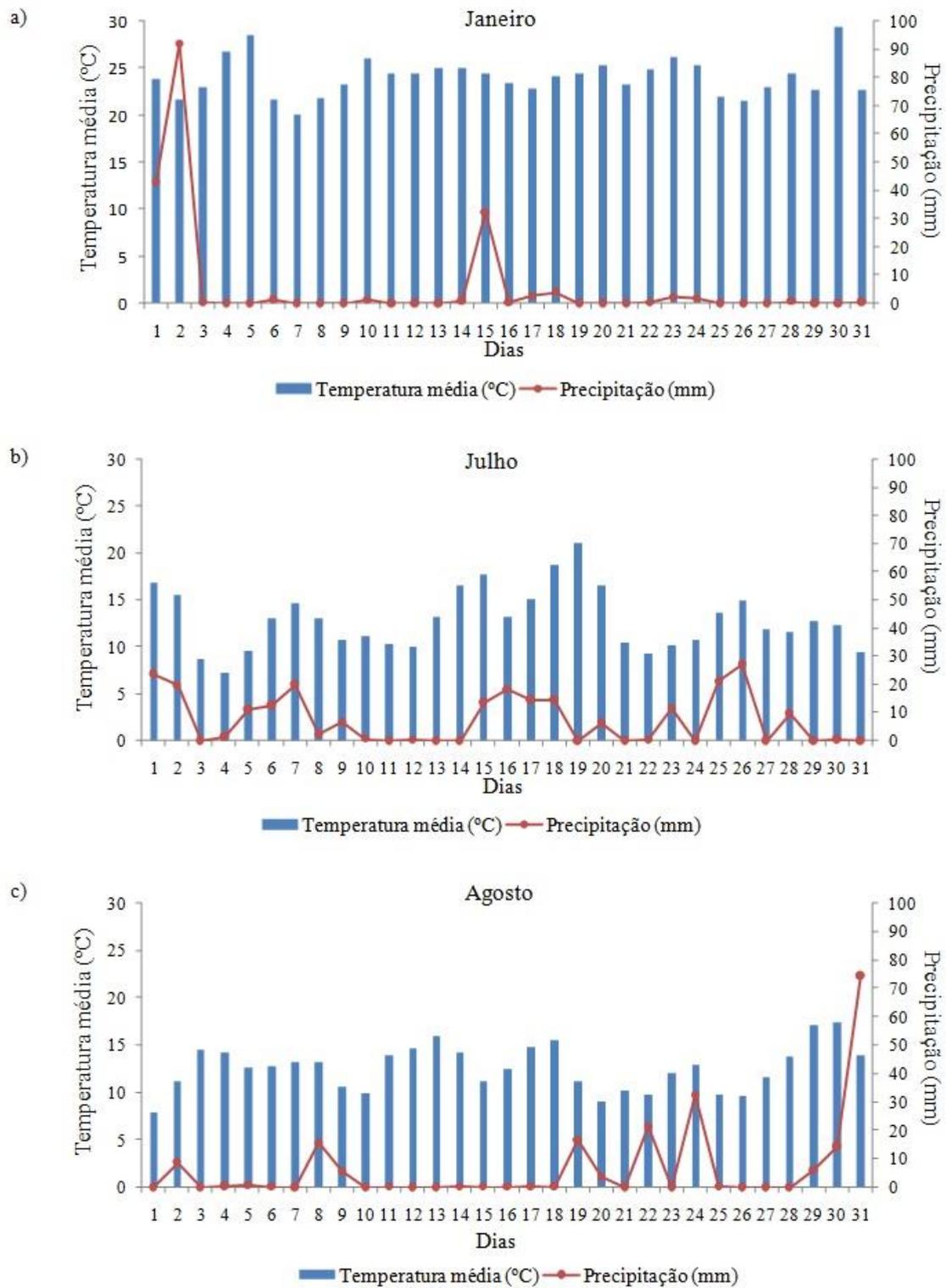
As amostras indeformadas foram coletadas com anéis volumétricos de Kopeck com volume de 38,7 cm<sup>3</sup> para a determinação da densidade do solo e porosidade do solo conforme Embrapa (2011).

### **Amostragem da fauna do solo**

Os organismos foram coletados em duas estações do ano (verão e inverno) nos anos de 2017 e 2018. As coletas foram realizadas nos dias 01/março, 09/março (estação verão) e 24/julho, 31/julho (estação inverno) em 2017 e 23/janeiro, 30/janeiro (verão) e 31/julho, 07/agosto (inverno) em 2018. As temperaturas e a precipitação pluviométrica da época de amostragem são apresentadas nas Figuras 4 e 5.



**FIGURA 4.** Temperatura média (°C) e precipitação (mm) mensal no ano de 2017. Pelotas, RS.  
a) fevereiro; b) março; c) julho  
Fonte: EMBRAPA Clima Temperado.



**FIGURA 5.** Temperatura média (°C) e precipitação (mm) mensal no ano de 2018. Pelotas, RS.

\*a) janeiro; b) julho; c) agosto

Fonte: EMBRAPA Clima Temperado.

Foram utilizadas armadilhas *pitfall* conforme metodologia descrita em Lutinski et al. (2013) adaptada. As armadilhas foram compostas por um pote plástico com capacidade 1L, inserido no solo até a altura da abertura do mesmo, sendo protegido por uma telha de barro apoiada a uma estaca de madeira. Em cada armadilha foi adicionada uma solução de 200mL, composta por 5% de glicerina bihidratada, 22% de água destilada e 73% de álcool 96° Gl. As mesmas foram instaladas na linha de cultivo dos pomares respeitando o mínimo de 10m de distância entre elas (Lutinski et al., 2013). Foram instaladas três armadilhas por linha, em três linhas de cultivo, totalizando nove armadilhas em cada ambiente. As formigas foram separadas com auxílio de peneira de 2mm e posteriormente acondicionada em frascos plásticos de 80mL em álcool 70° Gl, sendo excluídas deste estudo, visto que a análise faunística deve ser realizada de forma diferente por serem insetos sociais, inviabilizando a comparação com outros animais (Lutinski & Garcia 2005).

A diversidade foi comparada utilizando-se os índices de Diversidade de Shannon (H') e Equabilidade (J') e de Simpson (Is) conforme Begon et al. (2007). A relação entre os grupos taxonômicos e as áreas foi avaliada através da Análise de Componentes Principais (PCA) pelo software PAST (Hammer et al., 2001). Associações dos grupos taxonômicos com as variáveis químicas e físicas do solo foram testadas através da Análise de Correspondência Canônica (CCA) usando o programa Canoco for Windows (Ter Brassk & Smilauer, 1998).

## **RESULTADOS**

Ao total foram coletadas 12 ordens no período deste estudo (2017 e 2018), a vegetação nativa apresentou o maior número de ordens encontradas (12) seguida do pessegueiro agroecológico (11) e do pessegueiro convencional (10) (Tabela 3).

**TABELA III**

Relação de grupos taxonômicos da macrofauna edáfica, abundância (S), riqueza (R), Índice de diversidade de Shannon (H) e Índice de dominância de Simpson (Is) em pomar de pessegueiro agroecológico, pessegueiro convencional e área de vegetação nativa. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, 2017 e 2018.

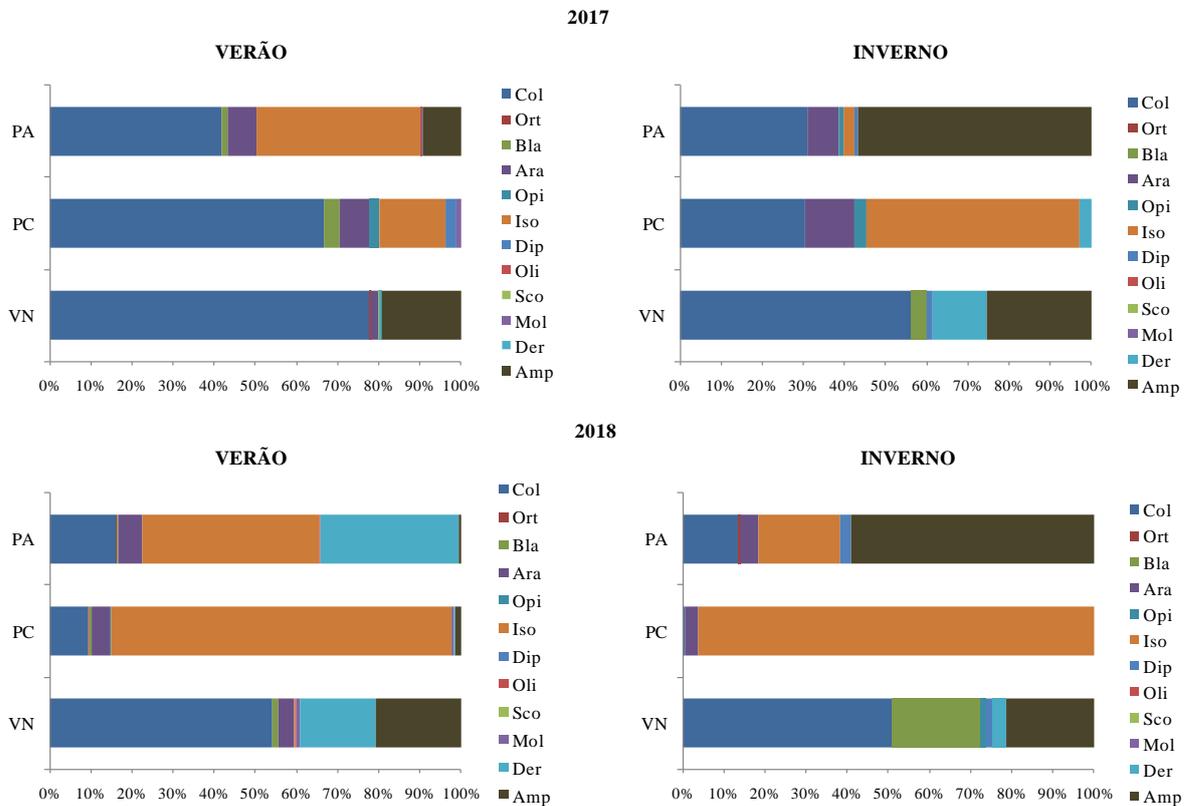
Ordem	2017			2018		
	PA	PC	VN	PA	PC	VN
Amphipoda	84	0	120	73	6	71
Araneae	26	10	8	26	24	11
Blattodea	4	3	4	2	3	17
Coleoptera	141	64	448	74	41	185
Dermaptera	0	1	13	122	1	55
Diplopoda	1	2	2	3	0	1
Isopoda	106	30	0	180	514	1
Mollusca	1	1	0	0	3	2
Oligochaeta	1	0	0	1	0	1
Opiliones	1	3	0	0	1	1
Orthoptera	0	0	1	2	1	0
Scorpionidae	0	0	1	0	0	0
<b>Abundância (S)</b>	365	114	597	483	594	346
<b>Riqueza</b>	9	8	8	9	9	10
<b>Shannon (H')</b>	1,36	1,23	0,75	1,53	0,57	1,30
<b>Simpson (Is)</b>	0,70	0,60	0,39	0,74	0,24	0,64

\*PA: pomar de pessegueiro agroecológico; PC: pomar de pessegueiro convencional; VN: vegetação nativa

O pessegueiro agroecológico apresentou o maior índice de Shannon (H), mas, no entanto também apresentou o maior índice de dominância de Simpson (Is). A vegetação nativa apresentou a maior riqueza de grupos taxonômicos para o ano de 2018 e a maior abundância em 2017.

No ano de 2017 o pomar de pessegueiro convencional apresentou o menor número de indivíduos coletados (114). Já para o ano de 2018, esse mesmo pomar apresentou o maior número de invertebrados (594) comparado ao pomar agroecológico e a vegetação nativa. No entanto, o índice de H (0,57) foi menor as demais áreas, devido ao elevado número de indivíduos coletados da ordem Isopoda (Tabela 3).

No primeiro ano de coleta (2017), verificou-se alta frequência relativa (FR) da ordem Coleoptera para a maioria das áreas, já no segundo ano (2018) a FR reduziu, sendo alta somente para a vegetação nativa (Figura 6), superior a 50%.



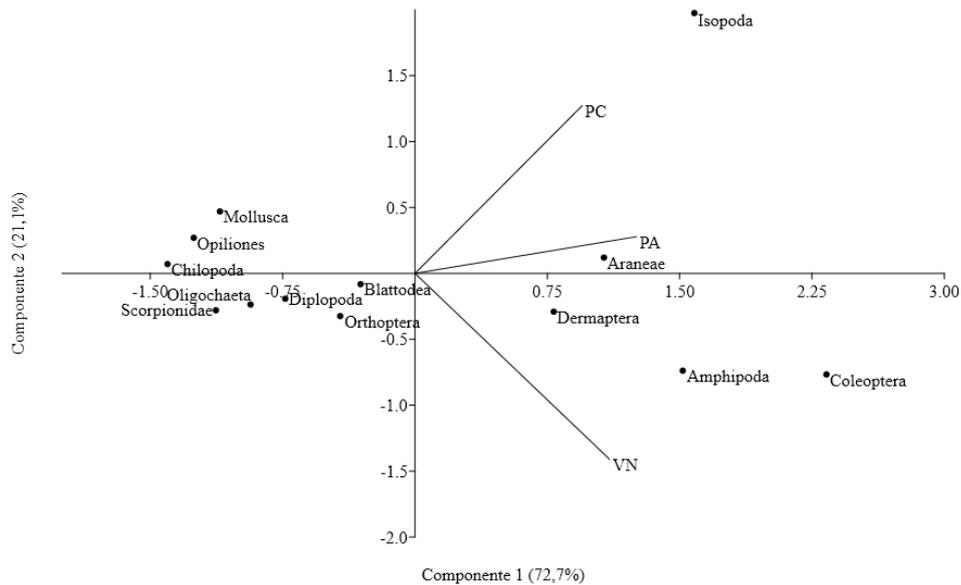
**FIGURA 6.** Frequência relativa (%) da macrofauna edáfica em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, 2017 e 2018.

\*PA: pessegueiro agroecológico; PC: pessegueiro convencional; VN: vegetação nativa

\*\* Col – Coleoptera; Ort – Orthoptera; Bla – Blattodea; Ara – Araneae; Opi – Opiliones; Iso – Isopoda; Dip – Diplopoda; Oli – Oligochaeta; Sco – Scorpionidae; Mol – Mollusca; Der – Dermaptera e Amp – Amphipoda

A ordem Amphipoda foi coletada nos dois anos para áreas de pessegueiro agroecológico e vegetação nativa. Na área de pessegueiro agroecológico a FR para o ano de 2017 (verão e inverno) correspondeu a 9% e 57%, respectivamente. Já para o ano de 2018 nos mesmos períodos a FR foi de 1% e 59%, respectivamente. Para a área de vegetação nativa no ano de 2017 (verão e inverno) a FR correspondeu a 19% e 25% respectivamente, e para o ano de 2018 em ambas as estações correspondeu a 21%.

Na figura 7 encontra-se a análise de componentes principais (PCA) caracterizando as áreas segundo a diversidade para os dois anos de coleta, onde o componente 1 explica 72,7% e o componente 2 explica 21,1%.

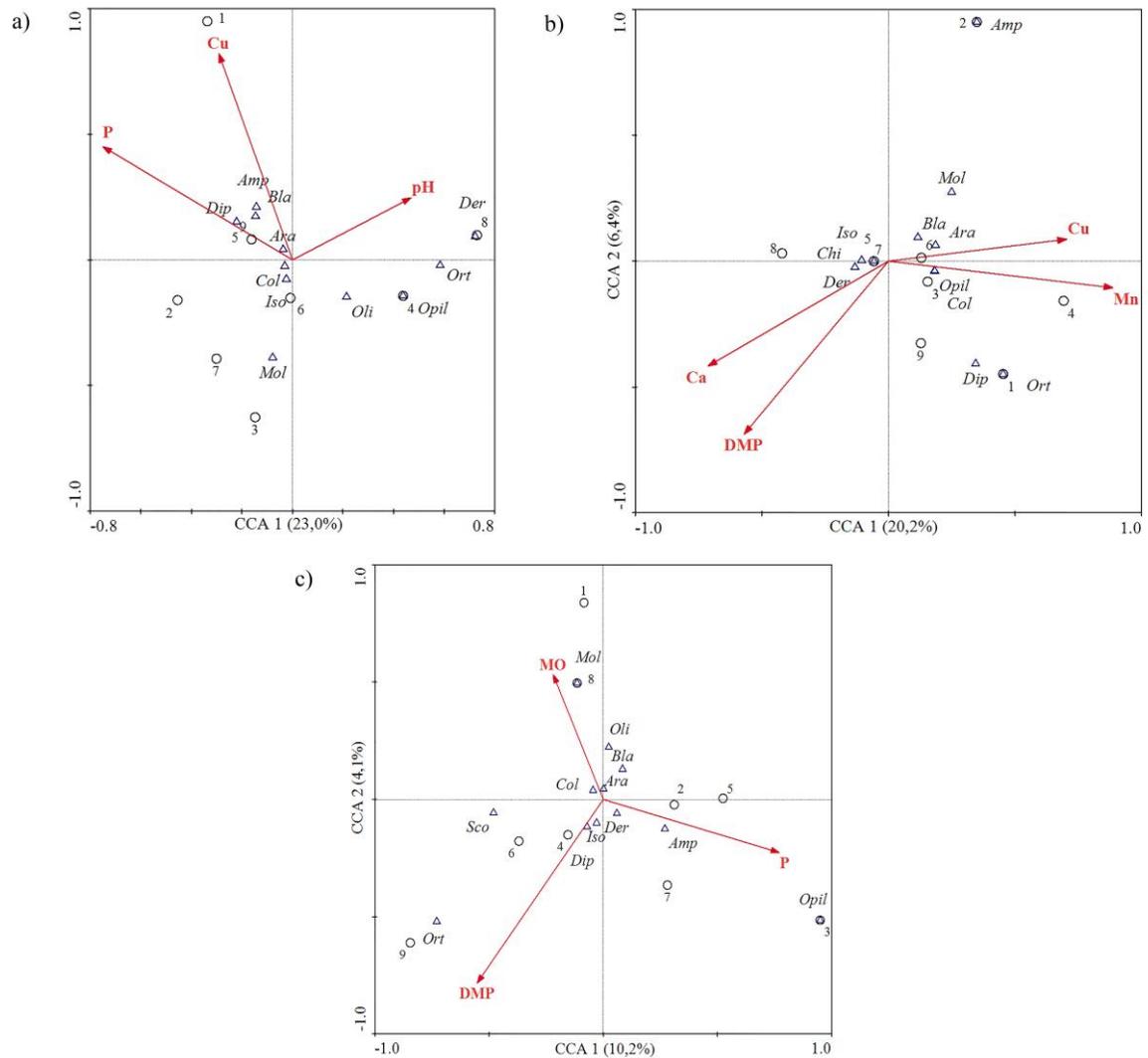


**FIGURA 7.** Análise de componentes principais caracterizando a diversidade nos agroecossistemas de pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa. Colônia São Manoel, Pelotas, RS, verão e inverno de 2017 e 2018.

\*PA: pomar de pessegueiro agroecológico; PC: pomar de pessegueiro convencional; VN: vegetação nativa

A área de vegetação nativa está separada do pessegueiro agroecológico e do pessegueiro convencional pelo eixo 2. A PCA indicou que as áreas que sofreram algum tipo de intervenção antrópica, se diferenciaram da área de vegetação nativa. A análise corrobora com a alta FR da ordem Isopoda (Figura 5) para o sistema de pomar convencional no ano de 2018.

Segundo a Análise de Correspondência Canônica (CCA), o fósforo (P) e o cobre (Cu) podem ter determinado a presença das ordens Diplopoda, Amphipoda, Blattodea e Aranea na área de pessegueiro agroecológico (Figura 8).



**FIGURA 8.** Análise de Correspondência Canônica em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, 2017 e 2018.

\*a) Pomar de pessegueiro agroecológico; b) Pomar de pessegueiro convencional e c) Vegetação nativa

\*\* Col – Coleoptera; Ort – Orthoptera; Bla – Blattodea; Ara – Araneae; Opi – Opiliones; Iso – Isopoda; Dip – Diplopoda; Oli – Oligochaeta; Sco – Scorpionidae; Mol – Mollusca; Der – Dermaptera e Amp – Amphipoda

Já na área de pessegueiro convencional, o cobre pode ter influenciado a presença das ordens Mollusca, Blattodea e Aranea. Diferentemente, na vegetação nativa, a ordem Mollusca associou-se fortemente a MO. A ordem Amphipoda associou-se as áreas de vegetação nativa e pessegueiro agroecológico. Somente na vegetação nativa ocorreu associação de uma propriedade física, diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) à macrofauna pela ordem Othoptera.

## DISCUSSÃO

Na vegetação nativa foram encontradas pelo menos um exemplar das 12 ordens coletadas neste estudo. Este resultado provavelmente esteja relacionado à ausência de interferência antrópica na área. O que proporciona estabelecer diferentes nichos para abrigar a diversidade de fauna edáfica, e maior tendência ao equilíbrio ecológico, além da grande diversidade de espécies arbóreas. Gomes (2014) identificou ao menos 115 espécies arbóreas nativas para a região da Serra dos Tapes.

O pomar de pessegueiro agroecológico obteve o maior  $H'$  nos dois anos de coleta, no entanto o elevado número de indivíduos das ordens Coleoptera, Isopoda e Dermaptera também elevou o  $Is$ . Silva et al. (2015b) estudando a biodiversidade em uma associação de Neossolo e Chernossolo, também evidenciaram maior  $H'$  em área de pomar de pessegueiro quando comparada a áreas de campo nativo, reflorestamento de eucalipto, pomar de bananeiras e pomar de citrus. Corte et al. (2014) constataram maior abundância para mata nativa quando comparada a área de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, devido a complexidade estrutural da vegetação e maior oferta de alimentos para invertebrados edáficos.

Do mesmo modo, a cobertura vegetal presente na área de pomar agroecológico favorece a conservação da macrofauna edáfica e oferece melhores condições para sobrevivência e manutenção desses organismos. Ademais, proporciona abrigo, reduz a competição entre indivíduos e favorece a manutenção da fauna do solo.

Ao contrário, ocorre na área de pessegueiro convencional, onde o solo encontra-se descoberto, sendo, desfavorável à biota edáfica. Além disso, o relevo fortemente ondulado característico da região pode contribuir e acelerar o processo natural de erosão, sobretudo quando não são cultivados junto aos pomares plantas de cobertura.

Além disso, Abreu et al. (2014) ao avaliarem o efeito dos diferentes níveis da palhada de cana-de-açúcar sob a fauna edáfica, concluíram que as áreas mantidas com palhada favorecem a fauna do solo em comparação ao manejo tradicional (sem palhada).

A baixa incidência de indivíduos no pomar de pessegueiro convencional no ano de 2017 pode estar associada ao manejo do solo através do uso de herbicidas. Alguns grupos da fauna do solo podem ser prejudicados pelo uso dessas substâncias (Baretta et al., 2011), como o grupo dos coleóptera, isoptera e oligochaeta.

No mesmo sentido, Guimarães et al. (2016) encontraram redução na abundância para um sistema de cafeeiro em cultivo exclusivo, isto é, sem consórcios, quando comparado a sistemas de cafeeiros consorciados e fragmento florestal, evidenciando o menor acúmulo de serrapilheira no sistema sem consórcio. Sistemas com baixa diversidade vegetal estão susceptíveis a maior amplitude térmica e menor disponibilidade de alimento (Baretta et al., 2011).

A ordem Coleoptera obteve alta FR durante o período de estudo (Figura 6). Casaril et al. (2019) também evidenciaram predomínio dessa ordem em duas épocas de amostragem para uma área de mata nativa, quando comparada a duas áreas de bananal com diferentes anos de implantação. Esses resultados também corroboram com os encontrados por Souza et al. (2016a), também constataram o predomínio do grupo taxonômico Coleoptera em cultivos agroecológicos de coqueiro e feijoeiro.

A presença da ordem Amphipoda também foi associada à floresta nativa e a pastagem perene, através da coleta por monolitos de solo (Souza et al., 2016b). Segundo os mesmos autores, a presença de algumas ordens, entre elas as dos anfípodos indica um nível mais baixo de perturbação do solo.

Tal ordem tem sido associada ao aporte de matéria orgânica do solo e a ambientes úmidos (Spiller et al., 2017; Vasconcellos et al., 2015) revelando seu potencial como

bioindicador ambiental (Silva et al., 2015b). Além disso, são responsáveis pela fragmentação da matéria orgânica, facilitando a ciclagem de nutrientes pelo processo de fragmentação da serrapilheira para os fungos e as bactérias.

Em contraste, na área de pessegueiro convencional não ocorreu essa ordem para o ano de 2017, apenas para o verão de 2018 correspondendo a 1% da FR (Figura 6). Para esse pomar, a ordem Isopoda ocorreu nos dois anos de amostragem, sendo capturados um grande número de indivíduos no ano de 2018, onde a FR correspondeu a 96% no inverno e 86% no verão.

Na análise de PCA, a vegetação nativa está associada as ordens Amphipoda, Coleoptera e Dermaptera. Cunha Neto et al. (2012) constataram maior diversidade associada a floresta secundária quando comparada a diferentes coberturas vegetais como acácia, eucalipto e pastagem. Os mesmos autores também verificaram a ordem Isopoda associada ao plantio de acácia, já neste estudo tal ordem foi associada a área de pessegueiro convencional.

Assim como, verificado por Silva et al. (2015b) onde a análise de PCA mostrou a área de vegetação nativa separada das demais que sofreram desmatamento e transformação em áreas agrícolas ou recuperação do solo. No pomar de pessegueiro convencional, o solo encontra-se descoberto, apenas com algumas folhas do pessegueiro e pouca vegetação espontânea devido a aplicação de herbicidas. Silva et al. (2012) relatou a perda da camada H do solo em plantio convencional de cafeeiro, o mesmo parece ocorrer no presente estudo, devido a ausência de plantas de cobertura em consórcio com os pessegueiros.

Sales et al. (2017) ao avaliarem sistemas de café conilon com e sem consórcios, verificaram predomínio da ordem Isopoda para o cultivo sem consórcio. Segundo os autores os resultados obtidos confirmam a importância do cultivo consorciado para a manutenção da diversidade da fauna edáfica, além de representar uma alternativa promissora de manejo, visando à sustentabilidade e equilíbrio ambiental. No entanto, outras pesquisas associaram os

isópodes a áreas de mata, atribuindo a esses ecossistemas importância na preservação desse grupo taxonômico (Vasconcellos et al., 2015; Silva et al., 2015b).

A ordem Araneae foi fortemente associada ao pessegueiro agroecológico. As aranhas desempenham um papel fundamental na predação, sendo consideradas inimigos naturais, controlando populações de insetos, inclusive de insetos-praga. Alves et al. (2018) ao estudarem a assembleia de aranhas em pomares de pessegueiro orgânico e convencional no Sul do RS, concluíram que o pomar orgânico favoreceu a presença desses organismos, como ocorreu nesse estudo.

As variáveis mais comumente estudadas e difundidas na ciência do solo são as químicas, envolvendo a MO, pH, disponibilidade de nutrientes, além de avaliações físicas como compactação e a porosidade (Baretta et al., 2011). Corroborando com esta pesquisa, Oliveira Filho et al. (2018) encontraram relações do cobre a ordem Araneae através da coleta em monólitos de solo.

Neossolos em geral são solos pobres em fósforo. Na vegetação nativa foi encontrado o menor teor de fósforo (Tabela 4), visto que nessa área esse macronutriente ocorre naturalmente.

TABELA IV

Análises químicas e físicas de um Neossolo Litólico Eutrófico (camada de 0,00 – 0,20m) na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017.

Análises	Áreas		
	Pomar agroecológico	Pomar Convencional	Vegetação Nativa
pH em H <sub>2</sub> O	5,47±3,68a	5,33±12,09a	5,57±12,22a
MO %	3,06±13,71ab	2,83±12,22b	3,25±9,19a
Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	5,64±16,81a	6,67±17,07a	6,51±15,03a
Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,43±1,46a	1,52±1,53a	2,13±2,13a
P (mg/dm <sup>3</sup> )	115,23±10,01a	60,52±8,50b	12,32±7,03c
K (mg/dm <sup>3</sup> )	114,88±11,40a	111,73±11,10a	118,59±11,80a
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	1,37±1,38ab	0,63±14,28b	2,58±2,59a
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	0,14±7,03b	0,38±2,50a	0,20±2,08ab
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	16,58±16,59b	21,69±3,97b	108,77±10,87a
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	7,64±15,16a	9,30±13,03a	9,29±9,30a
COT (mg ha <sup>-1</sup> )	25,75±16,54a	25,87±11a	27,35±16a
Porosidade total (Pt)	46,36±5,20a	45,08±2,39b	37,19±10,83c
Densidade (Ds)	1,60±3,72b	1,71±1,16c	1,37±2,17a
Diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP)	3,64±7,14a	2,32±3,87b	3,16±1,89ab

\*\*pH em água: potencial hidrogeniônico em água; MO: matéria orgânica do solo; Ca: cálcio; Mg: magnésio; P: fósforo; K: potássio; Zn: zinco; Cu: cobre; Mn: manganês; CTC efetiva: capacidade de troca de cátions; COT: carbono orgânico total

Por outro lado, mesmo o teor de fósforo sendo elevado no pessegueiro convencional em comparação a vegetação nativa, essa área não favoreceu a ordem Amphipoda, como ocorreu no pomar de pessegueiro agroecológico e na vegetação nativa. Isso pode ocorrer devido à alta sensibilidade desse grupo aos sistemas de manejo adotados. Já no estudo de Souza et al. (2016b), os anfípodos associaram-se ao potássio em áreas de integração lavoura-pecuária, pastagem, vegetação nativa e mata de eucalipto.

Segundo Baretta et al. (2011), o cálcio e o fósforo são elementos chaves ao desenvolvimento da fauna edáfica, no entanto o cálcio foi verificado somente na área de pessegueiro convencional associado fracamente à Dermaptera. Já para a área de pessegueiro

agroecológico, o grupo se associou fortemente ao pH. Casaril et al. (2019), verificaram associações ao cálcio e ao pH através de coletas por monólitos de solo.

O pH do solo é o fator que mais influencia a disponibilidade de nutrientes às plantas, considerados valores ótimos de pH entre 6,0 e 6,5 (Malavolta, 1997) e bom entre 5,5 e 6,0 (Ribeiro et al., 1999). No presente estudo, os valores verificados variaram entre 5,33 para o sistema de pessegueiro convencional e 5,57 para a vegetação nativa (Tabela 4).

Segundo Loss et al. (2011), a MO está diretamente relacionada a formação de agregados, corroborando com os resultados verificados neste estudo, visto que a vegetação nativa apresentou o maior teor de MO (3,25) e um dos maiores valores de DMP (3,16) (Tabela 4), sendo, o DMP associado a ordem Orthoptera, representada pelos grilos. Esses organismos são exigentes na complexidade do ambiente e habitam a serrapilheira.

Oliveira et al. (2013) estudando a composição e diversidade de grilos em um fragmento florestal, concluíram que as modificações na cobertura vegetal promovem alterações na abundância e diversidade, pois estes organismos mostraram maior sensibilidade em áreas sem vegetação. Com isso, a população diminuiu consideravelmente no ponto mais impactado, respondendo assim, às perturbações do meio. Corroborando com este estudo, visto que a área vegetação nativa não sofre interferência antrópica, o que proporciona melhores condições para o desenvolvimento desses animais.

Pereira et al. (2020) encontraram associações entre uma área de araucária nativa e grupos da fauna edáfica, incluindo Orthoptera, segundo os autores, explicados através dos valores de macroporosidade, cálcio e fósforo do solo. Paula et al. (2015) avaliando pomares de pessegueiro sob manejo convencional em Neossolos na mesma região fisiográfica deste estudo, encontraram valores médios menores de DMP em relação a este estudo, sendo entre 2,19 para os pomares e 2,28 para as áreas de vegetação nativa.

A MO também determinou a presença do grupo taxonômico Mollusca na área de vegetação nativa, assim como no estudo de Rosa et al. (2015), onde os autores verificaram que a presença do grupo Mollusca pode estar relacionado a MO, bem como aos bioporos do solo.

Nesse estudo as variáveis que se destacaram para responder as alterações na qualidade do solo e, se relacionaram à macrofauna edáfica foram MO, fósforo, cálcio, cobre, pH e DMP. No trabalho de Rosa et al. (2015), as variáveis que apresentaram elevada relação com a macrofauna edáfica foram MO, cálcio, magnésio, fósforo, alumínio, potássio e os bioporos do solo. Baretta et al. (2014) comparando lavouras sob sistema convencional e plantio direto, concluíram que as variáveis químicas que responderam as alterações na qualidade do solo foram potássio, pH, cálcio, MO e fósforo.

Todos esses atributos podem influenciar a distribuição e o estabelecimento da macrofauna edáfica nos diferentes manejos do solo, através da disponibilidade de nutrientes e condições favoráveis ao desenvolvimento desses animais como umidade e temperatura do solo.

Com isso, é possível concluir que a macrofauna edáfica é influenciada pelo manejo nas áreas de pomar agroecológico e convencional ao ser comparada a vegetação nativa. No entanto, a área de pomar agroecológico manteve a qualidade do solo através da manutenção da diversidade da macrofauna. A qualidade física e química do solo que teve efeito positivo na presença da fauna edáfica no sistema.

## **REFERÊNCIAS**

- ABREU R R L, LIMA S S, OLIVEIRA N C R & LEITE L F C. 2014. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. *Pesq Agropec Trop* 44: 409-416.
- ALVES A M, ABEIJON L M, MENDES M F, BRESCOVIT A D, NUNES A M & GARCIA F R M. 2018. Assembleia de aranhas em pomares de pessegueiros orgânico e convencional no sul do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biodiversidade* 17:2-15.
- ARAÚJO A F S & MONTEIRO R T R. 2007. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. *BIOSCI J* 3:66-75.

- BARETTA D, SANTOS J C P, SEGAT J C, GEREMIAS E V, OLIVEIRA FILHO L C I & ALVES M V. 2011. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: Tópicos em Ciência do Solo, p.119-170.
- BARETTA D, BARTZ M L C, FACHINI I, ANSEMI R, ZORTÉA T & BARETTA C R D M. 2014. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. *Revis Ciênc Agron* 45:871-875.
- BOLDRINI I I. 2020 Por que e para que conservar o Pampa? p.12-29. In: A. Teixeira Filho and L. T. Wincler. (Eds.) *Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa: Reunindo Saberes*, Editora UFPel, Pelotas, RS.
- CASARIL C E, OLIVEIRA FILHO L C I, SANTOS J C P & ROSA M G. 2019. Fauna edáfica em sistemas de produção de banana no Sul de Santa Catarina. *Rev Bras Cienc Agrar* 14:1-12.
- CORTE A C D, BOSCARDIN J, COSTA E C, SCHUMACHER M V & SOUZA D B. 2014. Avaliação da fauna edáfica associada à serapilheira em três formações florestais, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul. *Ambiência*, 10:159-170.
- CUNHA NETO F V, CORREIA E F, PEREIRA G H A, PEREIRA M G & LELES P S S. 2012. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. *Rev Bras Cienc Solo*, 36:1407-1417.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2011. 2. (Ed.) Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FAO. Faostat: Production crops. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em: 01 de julho 2020.
- FERNANDES M M, MAGALHÃES L M S, PEREIRA M G, CORREIA M E F, BRITO R J & MOURA M R. 2011. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. *Revista Floresta*, 41:533-540.
- GOMES G C. 2014 As árvores nativas e o saber local como contribuição à sustentabilidade de agroecossistemas familiares na Serra dos Tapes, RS. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, 354p.
- GUIMARÃES N F, FONTANETTI A, FUJIHARA R T, GALLO A S, SOUZA, M D B, MORINGO K P G & SILVA R F. 2016. Fauna invertebrada epigéica associada a diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. *Coffee Sci* 11:484-494.
- HAMMER O, HARPER D & RIAN P D. 2001. Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. Version. 1.37. Electronic Database accessible at: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- KARLEN D L, MAUSBACH M J, DORAN J W, CLINE R G, HARRIS R F & SCHUMAN G E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci Soc Am J* 61:4-10.
- KEMPER W D & ROSENAU R C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, p. 425-442.
- LOSS A, PEREIRA M G, GIÁCOMO S G, PERIN A & ANJOS L H C. 2011. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. *Pesq agropec Bras* 46:1269-1276.
- LUTINSKI J A & GARCIA F R M. 2005. Análise faunística de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) em ecossistema degradado no município de Chapecó, SC. *Biotemas* 18:73-86.
- LUTINSKI J A, LUTINSKI C J, IOP S & GARCIA F R M. 2013. Evaluation of an ant sampling protocol (Hymenoptera: Formicidae) in three modified environments located inside an austral Atlantic Forest area of Brazil. *Ecol* 23:37-43.

- MACHADO D L, PEREIRA M G, CORREIA M E F, DINIZ A R & MENEZES C E G. 2015. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da mata atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ. *Ciênc Florest* 25:91-106.
- MADAIL J C M & RASEIRA M C B. 2008. Aspectos da produção e mercado do pêssego no Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 14p.
- MALAVOLTA E. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 319p.
- MAYER F. 2014. Princípios agroecológicos para a cultura do pessegueiro. Pelotas: CAPA.
- OLIVEIRA C S P O, MENDES M P, DUARTE M N & RODIGUES W C R. 2013. Composição e Diversidade da Fauna de Grilos (Orthoptera: Grylloidea) em um Fragmento de Floresta Pluvial Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. *EntomoBrasilis* 3: 184-192.
- OLIVEIRA FILHO L C I, SCHNEIDER L F, TELES J S, WETER S D & SANTOS J C P. 2018. Fauna edáfica em áreas com diferentes manejos e tempos de descarte de resíduos animais. *Sci Agrar* 19:113-123.
- PALMEIRA P R T, PAULETTO E A, TEIXEIRA C F A, GOMES A S & SILVA J B. 1999. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Rev Bras Ciênc Solo* 23:189-195.
- PAULA B V, LIMA A C R, CASALINHO H D, BUSS R B, RIBES R & RIBEIRO T R. 2015. Diagnóstico da qualidade do solo sob cultivo de pêssego em agroecossistemas de base familiar. *Revista Fac Agron Nac La Plata* 114: 271-278.
- PEREIRA JÚNIOR L R, FERRAZ D S, ALVES G S, SOUSA J S & SOUTO J S. 2010. Influência do cultivo agrícola convencional nas características químicas e macrofauna edáfica. *Eng Amb* 7:166-177.
- PEREIRA J M, BARETTA D, OLIVEIRA FILHO L C I, MALUCHE-BARETTA C R D & CARDOSO E J B N. 2020. Fauna edáfica e suas relações com atributos químicos, físicos e microbiológicos em Floresta de Araucária. *Ci. Fl.* 30:242-257.
- PORTO M L. 2002. Os campos sulinos, sustentabilidade e manejo. *Ciência & Ambiente*, 24:119-138.
- PINZÓN S. T, ROUSSEAU G X, PIEDADE A R, CELENTANO D, ZELARAYÁN M L C & BRAUN H. 2014. La macrofauna del suelo como indicadora de degradación de bosques ribereños em la amazonia oriental brasileira. *Revista Fac Agron Nac La Plata* 114:49-60.
- RASEIRA M C B, BELARMINO L C & FRANZON R C. 2019. Aspectos socioeconômicos e de melhoramento genético do pessegueiro no Brasil. *Pessegueiro no Mundo e no Brasil. Toda fruta*. Disponível em: <<https://www.todafruta.com.br/artigo-exclusivo-pessegueiro-no-mundo-e-no-brasil/>>. Acesso em: 07 jul. 2019
- RIBEIRO A C, GUIMARAES P T G & ALVAREZ V V. 1999 (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação*. Viçosa MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 359p.
- ROSA M G, KLAUBERG FILHO O, BARTZ M L C, MAFRA A L M, SOUSA J P F A & BARETTA D. 2015. Macrofauna Edáfica e Atributos Físicos e Químicos em Sistemas de Uso do Solo no Planalto Catarinense. *R. Bras. Ci. Solo*, 39:1544-1553.
- SALES E F, BALDI A, ROSA R, ALVES W S B, GOMES C F & QUEIROZ R B. 2017. Fauna edáfica como indicadora da qualidade biológica do solo em dois sistemas de produção de café conilon no norte do Estado do Espírito Santo. *Cadernos de Agroecologia* 13:1-7.
- SANTOS H G, JACOMINE P K T, ANJOS L H C, OLIVEIRA V A, LUMBRERAS J F, COELHO M R, ALMEIDA J A, ARAÚJO FILHO J C, OLIVEIRA J B & CUNHA T J F. 2018. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 590 p.
- SILVA J, JUCKSCH I, MAIA C I, FERES A & TAVARES R C. 2012. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. *J Biot And Biodivers* 3:59-71.

- SILVA M L N, FREITAS D A F & CÂNDIDO B M. 2015a. Curso da EMATER: manejo do solo em sistemas agroecológicos de produção – Lavras: UFLA, 54 p
- SILVA D A A, SILVA D M, JACQUES R J S & ANTONIOLLI Z I. 2015b. Biondicadores de qualidade edáfica em diferentes usos do solo. *Enciclopédia Biosfera*, 11:37-28.
- SOUZA J, FARIAS A A, FERREIRA R C C, OLIVEIRA S J C, CAVALCANTE L F, FIGUEIREDO L F & CORREIA F G. 2016a. Macrofauna Edáfica em Três Ambientes Diferentes na Região do Cariri Paraibano, Brasil. *Sci Agrar Parana* 15:94-99.
- SOUZA S T, CASSOL P C, BARETTA D, BARTZ L M C, KLAUBERG FILHO O, MAFRA A L & ROSA M G. 2016b. Abundance and Diversity of Soil Macrofauna in Native Forest, Eucalyptus Plantations, Perennial Pasture, Integrated Crop-Livestock, and No-Tillage Cropping. *Rev Bras Ciênc Solo* 40:1-14.
- SPILLER M S, SPILLER C, GARLET J. 2017. Arthropod bioindicators of environmental quality. *Revista Agro@mbiente*, 12:41-57.
- TEDESCO M J. 1985. Análise de solo, plantas e outros materiais. Departamento de solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre – RS, 188p.
- TER BRAAK C J F & SMILAUER P C. 1998. Reference manual user's guide to canoco for windows. Microcomputer Power. USA, Ithaca.
- VASCONCELLOS N J, SILVA R F, BINS F H & SILVA B L. 2015. Reservas legais: um importante refúgio para os isópodos terrestres em áreas agrícolas. *Rev Ambient Água* 10:676-684.
- VEZZANI F M & MIELNICZUK J. 2009. Uma visão sobre qualidade do solo. *Rev Bras Ciênc Solo* 33:743-755.

**5 Artigo 2: Qual a influência dos cultivos agroecológico e convencional sob as assembleias de formigas?**  
(Segundo Normas da Revista Environmental Entomology)

Qual a influência dos cultivos agroecológico e convencional sob as assembleias de formigas?

Seção: community ecology

Resumo: O objetivo desse trabalho foi caracterizar e comparar a riqueza e a diversidade das assembleias de formigas em pomares de pessegueiros agroecológico, convencional e vegetação nativa em propriedades agrícolas familiares inseridas no Bioma Pampa. O pomar de pessegueiro agroecológico está sob o sistema há 15 anos e o pomar de pessegueiro convencional há 21 anos. A amostragem da mirmecofauna foi realizada no verão e inverno de 2017 e 2018 utilizando-se armadilhas *pitfall*. Foi calculada a riqueza, a abundância, curva de rarefação, índices de diversidade de Shannon, Equabilidade e Chao1 para a assembleia de cada pomar e da vegetação nativa. Para testar associações entre espécies, ambiente e estação de cada ano foi realizada uma análise de Componentes Principais (PCA). O pomar de pessegueiro agroecológico apresentou maior número de ocorrências e riqueza, enquanto o pomar convencional o menor número. *Camponotus* sp.1, *Pogonomyrmex naegelli*, *Nylanderia fulva*, *Pheidole* sp.1 e *Solenopsis saevissima* apresentaram associação positiva com o pomar de pessegueiro convencional e o agroecológico. *Acromyrmex ambiguus*, *Pachycondyla striatra*, *Gnamptogenys striatula*, *Gnamptogenys* sp.1 e *Cyphormymex rimosus* apresentaram associação positiva com a vegetação nativa e o pomar agroecológico. Os resultados encontrados sugerem que os sistemas agroecológicos se constituem em uma alternativa importante aos sistemas convencionais, pois podem aumentar e preservar a diversidade e riqueza da assembleia de formigas, favorecendo as espécies predadoras contribuindo para o manejo ecológico de pragas.

Palavras-chave: mirmecofauna, agroecologia, *pitfall*, conservação do solo, Bioma Pampa

## Introdução

O manejo de sistemas de base ecológica considerando a preservação ambiental surge no início do século XXI como a emergência de um processo de mudança de paradigma, a fim de se prevenir a degradação dos recursos naturais (Silva et al., 2015). Tais sistemas entendem o solo de forma holística, ou seja, enxergam que as propriedades físicas, químicas e biológicas interagem entre si e dependem uma da outra.

Particularmente preocupante tem sido a degradação que o manejo convencional vem causando no solo. Este é componente ecológico base do funcionamento dos processos ecológicos dos ecossistemas e do rendimento agrícola sustentável (Gliessman, 2009). Práticas comuns desse tipo de manejo como aração, gradagem e uso de agrotóxicos podem degradar o solo, reduzindo sua qualidade e provocando erosão, encrostamento superficial e diminuição da matéria orgânica do solo. Essas alterações resultam na variação da temperatura, umidade e aeração do solo, fatores determinantes para o estabelecimento e desenvolvimento dos organismos que habitam o solo.

O solo, além de ser um substrato para o crescimento de plantas e produção de alimentos, também deve ser considerado um “ente” vivo, pois contém milhares de animais e micro-organismos (Brown et al., 2015), sendo habitat para a macrofauna edáfica. Esta engloba organismos com diâmetro corporal maior que 2 mm e abrange mais de 20 grupos taxonômicos. Segundo Baretta et al. (2014) tem potencial para ser utilizada na avaliação da qualidade do solo, visto que seus grupos são sensíveis à mudanças ambientais e ao preparo e manejo do solo, portanto, pode auxiliar no monitoramento da biodiversidade edáfica.

As formigas, em especial, são consideradas de fundamental importância para a manutenção da qualidade do solo, sendo úteis como bioindicadoras (Lutinski e Garcia 2005; Crepaldi et al., 2014). A riqueza e a diversidade desses organismos tende a aumentar de

acordo com a complexidade dos ambientes, devido à maior disponibilidade de nichos (Holdefer et al., 2017).

O tipo de solo e de vegetação são os principais fatores determinantes para a composição das assembléias de formigas, com isso, a identificação das espécies são importantes indicadores para o monitoramento ambiental (Schmidt et al., 2013). A biodiversidade de formigas tem sido estudada com o objetivo de compreender as perturbações ocasionadas pelas constantes simplificações dos ecossistemas naturais.

Diante disso, esse trabalho objetivou caracterizar e comparar a riqueza e a diversidade da assembleia de formigas em pomares de pessegueiro agroecológico, convencional e vegetação nativa no Sul no Rio Grande do Sul.

## **Material e métodos**

### Local do estudo

O estudo foi realizado em dois agroecossistemas agrícolas familiares e uma área de vegetação nativa localizadas no Bioma Pampa. O Bioma Pampa está situado na metade sul do Rio Grande do Sul, é o menor bioma brasileiro em extensão (176.496 km<sup>2</sup>), correspondendo a aproximadamente 2,07% do território nacional. As paisagens naturais do Pampa são caracterizadas pela dominância de vegetação campestre em relevo plano, ondulado a fortemente ondulado (Boldrini, 2020).

Os agroecossistemas agrícolas familiares, bem com a vegetação nativa, situam-se na região da Colônia São Manoel (31° 26' S e 52° 33' W), 8° distrito de Pelotas, RS, Brasil, na região fisiográfica denominada Serra do Sudeste. O solo dos agroecossistemas foi classificado como Neossolo Litólico Eutrófico (Santos et al., 2018). A região apresenta uma cobertura vegetal natural classificada como campos e florestas de pequena escala, próximo à savana (Porto, 2002). De acordo com a classificação de Köppen, do tipo Cfa (C: clima temperado

quente, com temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18° C; f: em nenhum mês a precipitação é inferior à 60 mm; a: temperatura do mês mais quente é superior à 22° C).

#### Caracterização dos agroecossistemas

##### a) Pomar agroecológico:

Localiza-se nas coordenadas geográficas 31°25'55" S e 52°33'24" W. Esse agroecossistema era constituído originalmente de vegetação nativa, posteriormente foi utilizado para pastagem. Em 2002 foram implementadas 195 plantas da cultivar Granada. O espaçamento entre plantas possui distância de 2m e entre linhas de 4m, em uma área de aproximadamente 0,22 hectares (ha). Essa área é circundada por vegetação nativa.

No período de verão surge vegetação espontânea. É realizada uma roçada mecânica em março. No inverno é realizada semeadura de *Vicia sativa* L. (ervilhaca), *Avena sativa* L. (aveia) e *Lolium multiflorum* L. (azévem). A correção do solo consiste em aplicação de calcário (em torno de meio quilograma por planta quando o agricultor julga necessário).

##### b) A área de vegetação nativa está situada na propriedade do agricultor agroecológico.

Localiza-se nas coordenadas geográficas 31°25'45" S e 52°33'25" W com uma área de aproximadamente 1ha. Nela encontram-se espécies como: *Rapanea ferruginea* Ruiz & Pav. (Capororoca), *Luehea divaricata* Mart & Zucc. (Açoita-cavalo), *Matayba elaeagnoides* Radlk. (Camboatá), *Ficus carica* L. (Figueira), *Allophylus edulis* St. Hil. (Chau-chau), *Eugenia myrcianthes* Nied (Pessegueiro-do-mato), *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro) entre outras espécies. Entorno dessa vegetação, encontra-se a área de pomar agroecológico.

##### c) Pomar convencional:

Situa-se nas coordenadas geográficas 31°25'33" S e 52°33'30" W. Esse agroecossistema era constituído originalmente de vegetação nativa. Em 1996 foram implementadas 200 plantas da cultivar Esmeralda. O espaçamento entre plantas possui

distância de 2m e entre linhas de 4m, em uma área de aproximadamente 0,22 hectares (ha). O entorno da área possui vegetação nativa e outros cultivos como horta.

O manejo do pomar é feito com herbicidas, fertilização com adubos de alta solubilidade e o solo encontra-se sem cobertura vegetal entre as linhas de cultivo do pessegueiro. Nesse agroecossistema é aplicado um herbicida sistêmico de amplo espectro e dessecante de plantas espontâneas, além do uso de calda bordalesa no início da primavera (final de setembro). Como tratamento fitossanitário é utilizado um inseticida organofosforado de contato e ingestão (fase de enchimento dos frutos), inseticida e acaricida organofosforado de ação sistêmica (controle da mosca-das-frutas) e fungicida sistêmico do grupo dos triazóis e enxofre.

#### Amostragem da mirmecofauna

Os organismos foram amostrados em duas estações do ano (verão e inverno) nos anos de 2017 e 2018, sendo realizadas nos dias 01/março e 09/março (estação verão); 24/julho e 31/julho (estação inverno) em 2017; 23/janeiro e 30/janeiro (verão) e 31/julho e 07/agosto (inverno) em 2018.

Foram utilizadas armadilhas *pitfall* conforme metodologia adaptada (Lutinski et al., 2013). As armadilhas foram compostas por um pote plástico com capacidade 1L, inserido no solo até a altura da abertura do mesmo, sendo protegido por uma telha de barro apoiada a uma estaca de madeira. Em cada armadilha foi adicionada uma solução de 200mL composta por 5% de glicerina bihidratada, 22% de água destilada e 73% de álcool 96° Gl. As mesmas foram instaladas na linha de cultivo dos pomares respeitando o mínimo de 10m de distância entre elas (Lutinski et al., 2013). Foram instaladas três armadilhas por linha, em três linhas de cultivo, totalizando nove armadilhas em cada ambiente.

A cada semana em média, as armadilhas eram retiradas e substituídas. As formigas separadas com auxílio de peneira de 2 mm e posteriormente acondicionada em frascos plásticos de 80 mL em álcool 70° Gl. A identificação das formigas foi realizada seguindo as chaves propostas por Baccaro et al. (2015) e a classificação foi baseada em Bolton (2019).

### Análise estatística

A riqueza foi definida como o número de espécies que ocorreram em cada área. A frequência relativa com base na ocorrência de cada espécie em cada ambiente amostrado e a abundância com base na frequência relativa (Lutinski et al., 2017a). A riqueza das áreas também foi comparada utilizando um estimador não paramétrico (Chao 1) no EstimatesS 8.0 (Colwell, 2006; Chao, 1987) e comparada pela análise de rarefação baseada nas ocorrências das espécies através do software EcoSim 7 (Gotelli e Entsminger, 2001).

Para testar associações entre espécies de formigas, ambiente (local) e estação do ano (verão e inverno) foi utilizada a Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando o programa estatístico Past (Hammer et al., 2001).

### Resultados

A espécie *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) apresentou a maior frequência no pomar agroecológico (24,2%) e convencional (31,9%) (Tabela 5).

**Tab 5.** Lista de espécies, ocorrências e frequência relativa (%) em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017 e 2018.

<b>Táxon</b>	<b>PA</b>	<b>VN</b>	<b>PC</b>
<b>Subfamília Ectatomminae</b>			
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	5 (1,9)	24 (16,0)	1 (0,9)
<i>Gnamptogenys</i> sp. 1	2 (0,8)	14 (9,3)	1 (0,9)
<i>Gnamptogenys</i> sp. 2	1 (0,4)	5 (3,3)	
<b>Subfamília Formicinae</b>			
<i>Camponotus alboannulatus</i> Mayr, 1887	5 (1,9)		
<i>Camponotus cingulatus</i> Mayr, 1862	5 (1,9)		1 (0,9)
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	3 (1,2)		
<i>Camponotus lespesii</i> Forel, 1886	7 (2,7)	4 (2,7)	
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	18 (6,9)		
<i>Camponotus</i> sp. 1	14 (5,4)	2 (1,3)	4 (3,5)
<i>Camponotus</i> sp. 2	3 (1,2)	1 (0,7)	1 (0,9)
<i>Camponotus</i> sp. 3	4 (1,5)		1 (0,9)
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	63 (24,2)	22 (14,7)	36 (31,9)
<b>Subfamília Myrmicinae</b>			
<i>Acanthognathus teledectus</i> Brown & Kempf, 1969			1 (0,9)
<i>Acromyrmex ambiguus</i> (Emery, 1888)	14 (5,4)	4 (2,7)	
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)	23 (8,8)	1 (0,7)	
<i>Cyphomyrmex strigatus</i> Mayr, 1887	7 (2,7)	1 (0,7)	
<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)	1 (0,4)		
<i>Mycocepurus</i> sp.	1 (0,4)		
<i>Pheidole</i> sp. 1	50 (19,2)	33 (22,0)	34 (30,1)
<i>Pheidole</i> sp. 2		1 (0,7)	
<i>Pheidole</i> sp. 3	2 (0,8)		
<i>Pogonomyrmex naegelii</i> Emery, 1878	1 (0,4)	3 (2,0)	8 (7,1)
<i>Solenopsis saevissima</i> (Smith, 1855)	3 (1,2)		16 (14,2)
<i>Solenopsis</i> sp. 1			5 (4,4)
<b>Subfamília Ponerinae</b>			
<i>Anochetus neglectus</i> Emery, 1894	1 (0,4)		
<i>Hypoponera</i> sp. 1	3 (1,2)	3 (2,0)	
<i>Hypoponera</i> sp. 2	5 (1,9)		3 (2,7)
<i>Hypoponera</i> sp. 3	3 (1,2)	2 (1,3)	
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	2 (0,8)	8 (1,3)	
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1858	14 (5,4)	22 (14,7)	1 (0,9)
<b>Riqueza (S)</b>	<b>27</b>	<b>17</b>	<b>14</b>
<b>Abundância (ocorrências)</b>	<b>260</b>	<b>150</b>	<b>113</b>

\*PA: pomar de pessegueiro agroecológico; PC: pomar de pessegueiro convencional; VN: vegetação nativa

Das trinta espécies amostradas, oito ocorreram nos três ambientes: *Gnamptogenys Striatula* Mayr, 1884, *Gnamptogenys* sp.1, *Camponotus* sp.1, *Camponotus* sp.2, *Nylanderia*

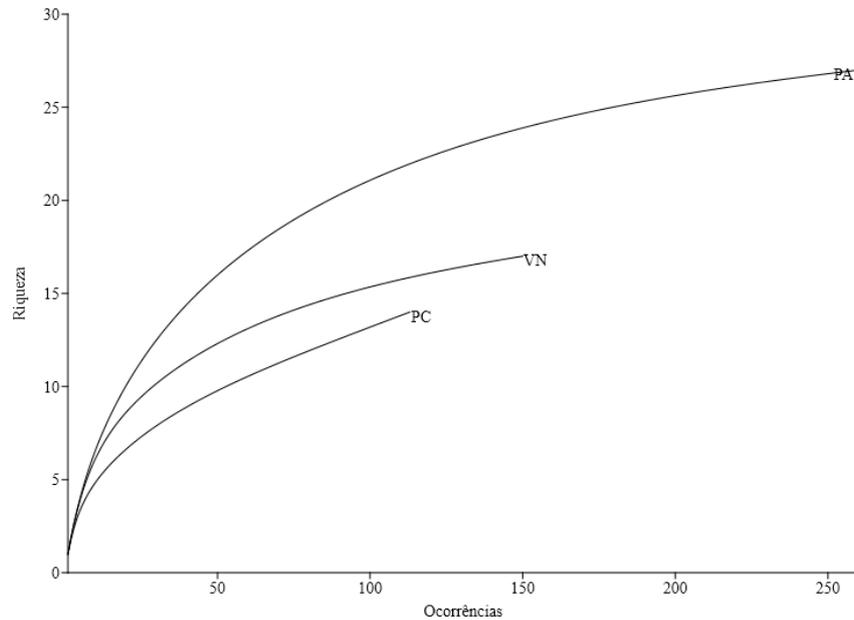
*fulva*, *Pheidole* sp.1, *Pogonomyrmex naegelli* Emery, 1878 e *Pachycondyla striata* (Smith, 1858) (Tabela 5).

Os gêneros mais frequentes nas amostras foram *Nylanderia*, *Pheidole*, *Pachycondyla*, *Gnamptogenys* e *Cyphormymex*, respectivamente. O gênero *Solenopsis* não foi coletado na vegetação nativa, no entanto, no pomar convencional representou 18,6% do total dos registros para o agroecossistema, já no pomar agroecológico o gênero representou 1,2% dos registros.

As espécies *Anochetus neglectus* Emery, 1894 encontrada no pomar agroecológico e *Acanthognathus teledectus* Brown & Kempf, 1969 coletada no pomar convencional, são os primeiros registros para o estado do Rio Grande do Sul. A espécie *Pachycondyla harpax* (Fabricius, 1804) foi encontrada no pomar de pessegueiro agroecológico e na vegetação nativa, não sendo no pomar de pessegueiro convencional.

Foram coletados um total de 5.323 espécimes de formigas de trinta espécies, em quatro subfamílias e 13 gêneros, correspondendo a 523 ocorrências (Tabela 5), sendo a maior riqueza verificada no pomar agroecológico ( $S = 27$ ), seguido da vegetação nativa ( $S = 17$ ) e pomar convencional ( $S = 14$ ), bem como a abundância (ocorrências)  $n = 260$ ,  $n = 150$  e  $n = 113$ , respectivamente.

O pomar de pessegueiro agroecológico e a vegetação nativa apresentaram a maior riqueza, enquanto no pomar de pessegueiro convencional ocorreu a menor riqueza (Figura 9).



**Fig 9.** Comparação da riqueza pelo método da curva de rarefação baseado no número de ocorrências e da riqueza das assembleias de formigas em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017 e 2018.

\*PAv: pomar de pessegueiro agroecológico (verão); PAi: pomar de pessegueiro agroecológico (inverno); PCv: pomar de pessegueiro convencional (verão); PCi: pomar de pessegueiro convencional (inverno); VNv: vegetação nativa (verão); VNi: vegetação nativa (inverno)

Em todos os agroecossistemas avaliados a riqueza e a abundância foram maiores durante o verão (Tabela 6).

**Tab 6.** Indicadores ecológicos de riqueza, abundância, diversidade de Shannon, equitabilidade e Chao 1, em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa na Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017 e 2018. (v: verão; i: inverno).

<b>Indicadores</b>	<b>PAv</b>	<b>PAi</b>	<b>VNv</b>	<b>VNi</b>	<b>PCv</b>	<b>PCi</b>
Riqueza (Sobs)	27	10	16	8	12	5
Abundância	197	63	120	30	91	22
Shannon (H')	2.76	1.56	2.29	1.83	1.86	1.25
Equitabilidade (J')	0.84	0.68	0.83	0.88	0.75	0.78
Chao1	29.5	12	19	8.5	22	6

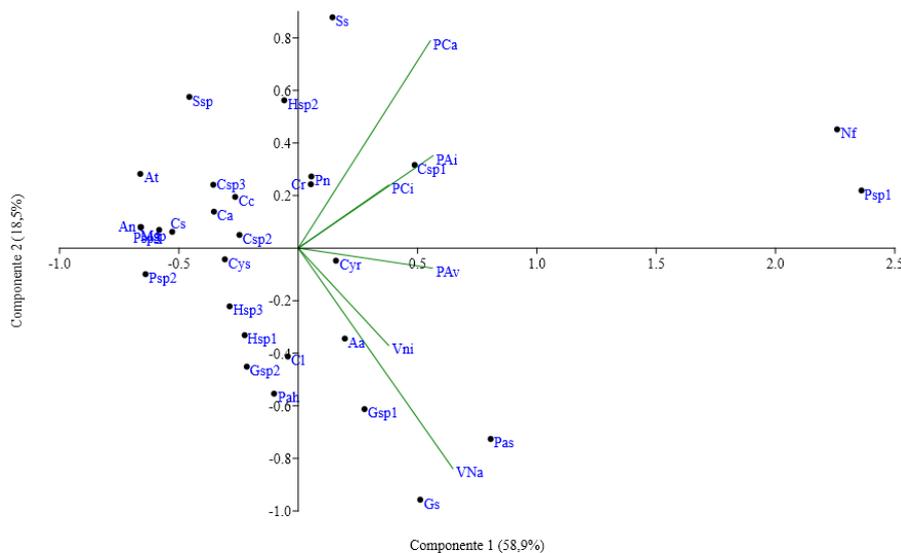
\*PAv: pomar de pessegueiro agroecológico (verão); PAi: pomar de pessegueiro agroecológico (inverno); PCv: pomar de pessegueiro convencional (verão); PCi: pomar de pessegueiro convencional (inverno); VNv: vegetação nativa (verão); VNi: vegetação nativa (inverno)

O pomar de pessegueiro convencional obteve o menor índice de Shannon (H') para as duas estações quando comparado ao pomar agroecológico e a vegetação nativa. Este índice

foi maior no verão para o pomar agroecológico, enquanto que para o inverno a vegetação nativa obteve o maior valor.

A equitabilidade ( $J'$ ) seguiu a mesma tendência da diversidade de Shannon, sendo o pomar agroecológico e a vegetação nativa com os maiores valores para verão e inverno a vegetação nativa apresentou o maior valor. No verão os maiores valores de Chao1 foram encontrados para os pomares agroecológico e convencional, já no inverno esses valores foram superiores para a vegetação nativa e o pomar agroecológico (Tabela 6).

A análise de componentes principais (PCA) explicou 77,40% da ocorrência das formigas nos ambientes e nas estações verão e inverno (Figura 10).



**Fig 10.** Análise de Componentes Principais (PCA) das associações entre as espécies, ambientes e estações, em pomar de pessegueiro agroecológico, pomar de pessegueiro convencional e vegetação nativa Colônia São Manoel, Pelotas, RS, Brasil, 2017 e 2018.

\*PAv: pomar de pessegueiro agroecológico (verão); PAi: pomar de pessegueiro agroecológico (inverno); PCa: pomar de pessegueiro convencional (verão); PCi: pomar de pessegueiro convencional (inverno); VNa: vegetação nativa (verão); VNi: vegetação nativa (inverno)

\*\*Gs: *Gnamptogenys striatula*; Gsp1: *Gnamptogenys sp. 1*; Gsp2: *Gnamptogenys sp. 2*; Ca: *Camponotus alboannulatus*; Cc: *Camponotus cingulatus*; Cs: *Camponotus crassus*; Cl: *Camponotus lespesii*; Cr: *Camponotus rufipes*; Csp1: *Camponotus sp. 1*; Csp2: *Camponotus sp. 2*; Csp3: *Camponotus sp. 3*; Nf: *Nylanderia fulva*; At: *Acanthognathus teledectus*; Aa: *Acromyrmex ambiguus*; Cyr: *Cyphomyrmex rimosus*; Cys: *Cyphomyrmex strigatus*; Mg: *Myrmeleon goeldii*; Msp: *Myrmeleon sp.*; Psp1: *Pheidole sp. 1*; Psp2: *Pheidole sp. 2*; Psp3: *Pheidole sp. 3*; Pn: *Pogonomyrmex naegelii*; Ss: *Solenopsis saevissima*; Ssp: *Solenopsis sp. 1*; An: *Anochetus neglectus*; Hsp1: *Hypoconerina sp. 1*; Hsp2: *Hypoconerina sp. 2*; Hsp3: *Hypoconerina sp. 3*; Pah: *Pachycondyla harpax*; Pas: *Pachycondyla striata*

Cinco espécies apresentaram associação positiva com as amostragens realizadas no pomar de pessegueiro convencional e no pomar de pessegueiro agroecológico no inverno: *Camponotus* sp.1, *P. naegelli*, *N. fulva*, *Pheidole* sp.1 e *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855).

A vegetação nativa, independente da estação do ano e o pomar agroecológico no verão apresentaram associação positiva com cinco espécies: *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888), *P. striatra*, *G. striatula*, *Gnamptogenys* sp.1 e *Cyphomyrmex rimosus* (Spinola, 1851). Todas as outras espécies ocorreram independentemente do tipo de ambiente.

## **Discussão**

A riqueza de formigas encontrada no pomar de pessegueiro agroecológico reflete a preservação do agroecossistema. A importância da complexidade estrutural dos ambientes devido ao tempo de implantação do sistema orgânico reflete na diversidade das formigas (Urrutia-Escobar e Armbrecht 2013; Holdefer et al., 2017). O agroecossistema de pomar agroecológico, com 15 anos na época da pesquisa, parece corroborar com a hipótese, atrelado a permanente cobertura vegetal do solo, bem como a ausência da aplicação de agrotóxicos, o que propicia diferentes nichos para o abrigo e alimento desses organismos.

Do mesmo modo, a vegetação nativa também apresentou riqueza e número de ocorrências superior ao pomar de pessegueiro convencional, sugerindo que o habitat caracteriza a assembleia de formigas. Estes dados corroboram aos obtidos por Santos et al. (2017) que coletaram o dobro de formigas em plantio de cana-de-açúcar orgânico comparado ao plantio de cana-de-açúcar convencional. Estrada et al. (2019) em um estudo da mirmecofauna em diversas áreas de plantas perenes sob cultivo orgânico e convencional, também observaram que áreas sob cultivo orgânico eram mais ricas e abundantes em comparação as áreas convencionais.

A maior frequência de *N. fulva* verificada nos pomares pode ser explicada pelo fato da espécie ser considerada generalista e nativa do sul do Brasil e norte da Argentina (Wang et al.

2016). Segundo os autores, essa espécie é importante no controle biológico conservacionista, pois é predadora de larvas de espécies de pragas de coleópteros e lepidópteros. No entanto, também possui a tendência de formar relações simbióticas com hemípteros que se alimentam de plantas podendo intensificar os problemas advindos de pragas.

Dentre os cinco gêneros mais frequentes neste estudo, Abeijon et al. (2019) registraram a presença de dois deles, *Pachycondyla* e *Pheidole*, em agroecossistemas de pomar de pessegueiro na mesma região fisiográfica do presente estudo. Ainda, Rosado et al. (2012) coletaram 24 gêneros de formigas em áreas de campos e vinhedos no Rio Grande do Sul, onze deles também foram verificados neste estudo. Segundo Antweb (2020), no Brasil existem 115 gêneros de formigas e 1515 espécies já descritas.

As formigas do gênero *Solenopsis* são associadas à antropização (Lutinski et al., 2014; Lutinski et al., 2017b), perda e fragmentação das florestas tropicais, reduzindo a riqueza de outras espécies de formigas pela competitividade (Dejean et al., 2015). É o caso de *Solenopsis saevissima*, espécie que é frequentemente encontrada em ambientes modificados pelo homem. Os resultados obtidos por Dejean et al. (2015) corroboram os deste estudo. Os autores constataram que a diminuição da riqueza de espécies conforme o nível de antropização se intensificou, de modo que a abundância de *S. saevissima* foi maior em ambientes antropizados, bem como ocorreu no pomar convencional.

Neste trabalho a espécie *A. teledectus* foi amostrada no pomar convencional. No entanto, há relatos que já foi também encontrada em uma área agroecológica de café sem sombreamento e em um fragmento florestal localizados no México (Urrutia-Escobar e Ambrecht, 2013). Os autores associaram a espécie ao grau de conservação dos ambientes, visto que a mesma é considerada exigente na busca de seu hábitat.

*Pachycondyla harpax* é uma espécie importante como bioindicadora de ambientes conservados e de baixo impacto humano. Corroborando com os resultados encontrados neste

etsudo em que nenhum exemplar foi encontrado no pomar convencional. Segundo a literatura, essa espécie se constitui uma potencial predadora de pequenos invertebrados como cupins, miriápodes e insetos de corpo mole, que provavelmente estão ausentes no agroecossistema de pessegueiro convencional, (Garcia-Pérez et al., 1997; Braga et al., 2010; Oliveira et al., 2015).

Insetos predadores, como as formigas da espécie *P. harpax* compõem um dos grupos mais importantes de inimigos naturais, cumprindo um papel fundamental na regulação das populações de pragas de artrópodes em diversos cultivos (Gonzales et al., 2014).

Os gêneros *Solenopsis* e *Pheidole* possuem ampla adaptação, podendo ser encontrados desde ambientes naturais até nos mais perturbados (Höldobler e Wilson, 1990; Freire et al., 2012), corroborando com os resultados encontrados, visto que esses gêneros foram coletados nos pomares agroecológico e convencional. Do mesmo modo, Estrada et al. (2019) encontraram tais gêneros em diversas áreas de pomar e horta sob cultivo orgânico e convencional.

Logo, as espécies *P. striata* e *G. striatula* que foram associadas à vegetação nativa e ao pomar agroecológico no verão, também foram encontradas por Lutinski et al. (2018) em um fragmento florestal e uma área de preservação permanente, indicando que estas espécies podem ser bioindicadoras da qualidade ambiental. O gênero *Pachycondyla* é predominante predador e tem um papel importante no controle populacional de outros organismos, sendo associado a áreas de vegetação em estágio avançado de sucessão (Oliveira et al., 2015). Prestes et al. (2006), encontraram um aumento da população desse gênero em cultivo de banana, associado ao aumento da população de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae), espécie que pode causar danos a cultura da banana, o que acabou culminando na redução de *C. sordidus*, e na sequência, redução do gênero *Pachycondyla* também.

Com relação as curvas de rarefação, as mesmas não atingiram assíntota, indicando que o esforço amostral não analisou completamente as assembléias de formigas, sendo possível

registrar espécies adicionais em todos os ambientes. No entanto, a falta de estabilização nas curvas de amostragem é comumente observada nas comunidades de formigas, um padrão que pode estar relacionado à distribuição agregada ou raridade de algumas espécies (Lutinski et al., 2017b; Lutinski et al., 2018).

O maior índice de Shannon ( $H'$ ) verificado no pomar agroecológico e na vegetação nativa corroboram com os encontrados na literatura. Golias et al. (2018) encontraram valores superiores de  $H'$  para um fragmento florestal de Mata Atlântica em comparação a um pomar de limoeiros e de laranjeiras, no entanto os mesmos eram mantidos sob manejo convencional. Já Estrada et al. (2019) verificaram maior diversidade para cultivos orgânicos quando comparado a cultivos convencionais.

Desse modo, no verão a equitabilidade ( $J'$ ) e diversidade de  $H'$  foram semelhantes entre o pomar agroecológico e a vegetação nativa enquanto que no inverno foi superior para a vegetação nativa. Esses resultados refletem a diversidade e a complexidade do pomar mantido sob o manejo agroecológico, bem como a vegetação nativa, visto que nesses ambientes mantem-se a cobertura do solo para a preservação e manutenção da matéria orgânica, proporcionando diferentes nichos para o abrigo da fauna edáfica.

Ademais, a temperatura e a pluviosidade possuem influência direta sobre a atividade dos organismos edáficos, influenciando, por exemplo, no forrageamento. A oscilação da atividade das assembleias de formigas perante as variações de temperatura podem influenciar no comportamento desses organismos, sugerindo que existam espécies tolerantes e intolerantes ao calor (Calanzas et al., 2020). Nas figuras 4 e 5 é possível verificar as condições climáticas durante as coletas da presente pesquisa. As médias de temperatura maiores no verão podem ter influenciado a atividade da mirmecofauna.

O tipo de solo e de vegetação são os principais fatores determinantes para a composição das assembléias de formigas, com isso, a identificação das espécies é um

importante indicador para o monitoramento ambiental (Schimidt et al., 2013). Além disso, práticas agrícolas intensivas ocasionam perdas na biodiversidade edáfica podendo afetar os serviços ecossistêmicos.

Dessa forma, sistemas de manejo do solo que promovam a sustentabilidade, ou seja, menos intensivos, sem uso ou com menos agroquímicos, mais espécies de culturas, sejam elas em rotação ou consórcio, são mais favoráveis e com uma maior capacidade de fornecer refúgio para a biodiversidade, podendo melhorar funções do ecossistema.

Segundo Magurran (2011) Chao1 consiste num estimador do número absoluto de espécies em uma assembléia e é baseado no número de espécies raras. Isso explica os maiores valores para esse índice nos pomares, já que cada um deles apresenta uma espécie exclusiva. *Anochetus neglectus* foi coletada somente no pomar agroecológico e *A. teledectus* somente no pomar convencional.

Os resultados deste estudo corroboram a hipótese de que os sistemas agroecológicos se constituem em uma alternativa viável frente aos sistemas convencionais na preservação dos ecossistemas para manter a biodiversidade edáfica, através da conservação da qualidade do solo pela ausência do uso de agrotóxicos e a manutenção da cobertura vegetal. Além disso, tende a aumentar e preservar a diversidade e riqueza da assembléia de formigas, favorecendo as espécies predadoras contribuindo, assim, para o manejo ecológico de pragas.

Além disso, as espécies *Anochetus neglectus* Emery, 1894 encontrada no pomar agroecológico e *Acanthognathus teledectus* Brown & Kempf, 1969 coletada no pomar convencional, são os primeiros registros para o estado do Rio Grande do Sul. O sistema agroecológico favoreceu as assembleias de formigas proporcionando maior riqueza e diversidade de espécies.

## Referências

- Abeijon, L. M., A. P. Kruger, J. A. Lutinski and F. R. M. Garcia. 2019 Can ants contribute to the conservative biological control of the south American fruit fly? *Biosci. J.*, Uberlândia, 35:941-948.
- Antweb <https://www.antweb.org/country.do?name=Brazil> acesso 06/02/2020
- Baccaro, F. B., R. M. Feitosa, F. Fernandez, I. O. Fernandes, T. J. Izzo, J. L. P. Souza and R. Solar. 2015. Guia para os gêneros de formigas do Brasil - Manaus: Editora INPA, 388p.
- Baretta, D., M. L. C. Bartz, I. Fachini; R. Anselmi; T. Zortéa and C. R. D. M. Baretta. 2014 Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. *Revista Ciência Agronômica*, 45:871-879.
- Boldrini, I. I. 2020 Por que e para que conservar o Pampa? p.12-29. In: A. Teixeira Filho and L. T. Wincler. (Eds.) *Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa: Reunindo Saberes*, Editora UFPel, Pelotas, RS.
- Bolton, B. 2019. *Synopsis and classification of Formicidae*. Gainesville: Am Entomol Inst, 370 p.
- Braga, D.; J. N. C. Louzada; R. Zanetti and E. J. Delabi. 2010 Avaliação Rápida da Diversidade de Formigas em Sistemas de Uso do Solo no Sul da Bahia. *Neotrop. Entomol.* 39:464-469
- Brown G. G.; C. C. Niva; M. R. G. Zagatto; S. de A. Ferreira; H. S. Nadolny; G. B. X. Cardoso; A. Santos; G. de A. Martinez; A. Pasini; M. L. C. Bartz; K. D. Sautter; M. J. Thomazini; D. Baretta; E. da S; Z. I. Antonioli; T. Decaëns; P. M. Lavelle; J. P. Sousa and F. Carvalho. 2015 Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais, pp.122-154. In: L. M. Parron; J. R. Garcia; E. B. de Oliveira; G. G. Brown and R. B. Prado (Eds.) *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*, Embrapa, Brasília, DF.
- Calazans, E. G; F. V. da Costa; M. P. Cristiano and D. C. Cardoso. 2020 Daily Dynamics of an Ant Community in a Mountaintop Ecosystem. *Environ. Entomol.*, 1–8.
- Chao, A. 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics* 43:783-791.
- Crepaldi, R. A., I. I. R. Portilho, R. Silvestre and F. M. Mercante. 2014 Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. *Ciência Rural*, 44:781-787.
- Colwell, R. K. 2006. EstimateS: statistical estimation of species richness and share species from simples: version 8 [online]. Connecticut: Connecticut University Editora. Available from: <http://viceroy.eeb.ucon.edu/estimates>
- Dejean, A., R. Céréghino, M. Leponde, V. Rossi, O. Roux, A. Compin, J. H.C. Delabie and B. Corbara. 2015 The fire ant *Solenopsis saevissima* and habitat disturbance alter ant Communities. *Biol Cons*, 187:145–153.
- Estrada, M. A., A. A. de Almeida, A. B. Vargas and F. S. Almeida. 2019 Diversidade, riqueza e abundância da mirmecofauna em áreas sob cultivo orgânico e convencional. *Acta Biológica Catarinense* 6:87-103.
- Freire, C. B., G. V. Oliveira, F. R. S. Martins, L. E. C. Souza, L. S. Ramos-Lacau and M. M. Correa. 2012 Riqueza de formigas em áreas preservadas e em regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 10:131-134.
- Garcia-Pérez, J. A.; A. Blanco-Piñon, R. Mercado-Hernández and M. Badii. 1997 El comportamiento depredador de *Pachycondyla harpax* Fabr. sobre *Gnathamitermes tubiformans* Buckley en condiciones de cautiverio. *Southwest Entomol*, 3:345-353.
- Gliessman, S. R. 2009 *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. 4ª ed. - Porto Alegre : Editora da Universidade/UFRGS. 654p.

- Golias, H. C., J. Lopes, J. Hubert, C. Delabie and F. de Azevedo. 2018 Diversity of ants in citrus orchards and in a forest fragment in Southern Brazil. *EntomoBrasilis* 11: 01-08.
- González F, M. L., S. M. Jahnke, R. M. Morais and G. S. Silva. 2014 Diversidad de insectos depredadores en área orizícola orgánica y de conservación, em Viamão, RS, Brasil. *Rev. Colomb. Entomol.* 1:120-128.
- Gotelli, N. J. and G. L. Entsmunger. *EcoSim: null models software for ecology*. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear, 2001. Available from: <<http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>>. Accessed on: 23 mar. 2016.
- Hammer O., D. Harper and P. D. Rian. 2001. *Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis*. Version. 1.37. Electronic Database accessible at: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Holdefer, D. R.; J. A. Lutinski, F. R. M. Garcia. 2017 Does organic management of agroecosystems contribute to the maintenance of the richness of ants? *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 38:3455-3468.
- Hölldoble R, B. and E. O Wilson. 1990. *The ants*. Harvard University, Cambridge. 772 p.
- Lutinski, J. A. and F. R. M. Garcia. 2005 Análise faunística de Formicidae (Hymenoptera: Apocrita) em ecossistema degradado no município de Chapecó, Santa Catarina. *Biotemas, Florianópolis*, 18:73-86.
- Lutinski, J. A.; C. J. Lutinski, S. Iop and F. R. M. Garcia. 2013 Evaluation of an ant sampling protocol (Hymenoptera: Formicidae) in three modified environments located inside an austral Atlantic Forest area of Brazil. *Ecol*, 23:37-43.
- Lutinski, J.A., C. J. Lutinski, B.C. Lopes and A. B. B. Morais. 2014 Estrutura da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em quatro ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica. *Ecol Austral* 24: 229-237.
- Lutinski, J. A., L. Baucke, M. Filtro, M. A. Busato, A. C. Knakiewicz and F. R. M. Garcia. 2017a Ant assemblage (Hymenoptera: Formicidae) in three wind farms in the State of Paraná, Brazil. *Braz J Biol*, 77:176-184.
- Lutinski, J.A., C. J. Lutinski, C. Guarda, M. A. Busato and F. R. M. Garcia. 2017b Richness and structure of ant assemblies (Hymenoptera: Formicidae) in Atlantic forest in southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89: 2719-2729.
- Lutinski, J. A., Lutinski, C. A., J. F. Beling, M. A. Busato and V. Corralo. 2018 Ant Assemblages (Hymenoptera: Formicidae) associated to environments of a rural property in the extreme western region of the state of Santa Catarina. *RBCIAMB*, 47:12:23.
- Magurran, A. E. 2011. *Medindo a diversidade biológica*. Tradução: Viana D M. Curitiba: Ed. da UFPR. 261p.
- Oliveira, D. M., F. S. Franco, M. N. Schlindwein, E. C. Leite and C. S. Branco. 2015 Mirmecofauna em agroecossistemas e sua função na transição agroecológica. *Revista Verde (Pombal - PB - Brasil)* 10: 01-15.
- Porto, M. L. 2002 Os campos sulinos, sustentabilidade e manejo. *Ciência & Ambiente*, 24:119-138.
- Prestes, T. M. V., A. Zanini, L. F. A. Alves, A. Batista Filho and C. Rohde. 2006 Aspectos ecológicos da população de *Cosmopolites sordidus*, (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) em São Miguel do Iguaçú, PR. *Semin Cienc Agrar.*, 3:333-350.
- Rosado, J. L. O., M. G. de Gonçalves, W. Dröse, E. J. E. Silva, R. F. Krüger, R. M. Feitosa and A. E. Loeck. 2012 Epigeic ants (Hymenoptera: Formicidae) in vineyards and grassland areas in the Campanha region, state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Check List* 8: 1184–1189.

- Santos, L. A. O., N. Naranjo-Guevara and O. A. Fernandes. 2017 Diversity and abundance of edaphic arthropods associated with conventional and organic sugarcane crops in Brazil. *Fla Entomol* 100:134-144.
- Schmidt, F. A., C. R. Ribas and J. H. Schoereder. 2013 How predictable is the response of ant assemblages to natural forest recovery? Implications for their use as bioindicators. *Ecol Indic* 24:158–166.
- Silva, M. L. N.; D. A. F. Freitas and B. M. Cândido. 2015 *Curso da EMATER: manejo do solo em sistemas agroecológicos de produção* – Lavras: UFLA, 54 p.
- Urrutia-Escobar, M. X. and I. Armbrrecht. 2013 Effect of two agroecological management strategies on ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity on coffee plantations in southwestern Colombia. *Environ. Entomol., Oxford*, 42:194-203.
- Wang, Z.; L. Moshman, E. C. Kraus, B. E. Wilson, N. Acharya and R. D. Diaz. 2016 A Review of the Tawny Crazy Ant, *Nylanderia fulva*, an Emergent Ant Invader in the Southern United States: Is Biological Control a Feasible Management Option? *Insects*, 7:1-10.

## 6 Considerações finais

Os sistemas agroecológicos são uma alternativa viável de produção agrícola que buscam minimizar o efeito da intervenção humana nos sistemas naturais através da conservação da biodiversidade e na manutenção da resiliência do solo.

Devido ao tempo de implantação dos sistemas agroecológico e convencional, foi possível observar as diferenças entre os dois sistemas. A cobertura vegetal presente no agroecossistema de pomar de pessegueiro agroecológico favoreceu a manutenção da macrofauna edáfica, oferecendo melhores condições para sobrevivência e manutenção desses organismos, e proporcionando abrigo e oferta de recursos, bem como a ausência da aplicação de agrotóxicos.

As variáveis físicas e químicas que se destacaram para responder as alterações na qualidade do solo e, se relacionaram à macrofauna edáfica foram matéria orgânica do solo, fósforo, cálcio, cobre, pH e o diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis.

O pomar de pessegueiro agroecológico obteve a maior diversidade de Shannon durante o período da pesquisa. O grupo taxonômico da macrofauna que se destacou para diferenciar os agroecossistemas foi o Amphipoda, visto que estava presente na vegetação nativa e no pomar de pessegueiro agroecológico em todos os períodos do estudo. No entanto para o pomar de pessegueiro convencional, tal ordem foi coletada somente no inverno de 2018.

O sistema agroecológico favoreceu as assembleias de formigas proporcionando maior riqueza e diversidade de espécies. Além disso, as espécies *Anochetus neglectus* Emery, 1894 encontrada no pomar agroecológico e *Acanthognathus teledectus* Brown & Kempf, 1969 coletada no pomar convencional, são os primeiros registros para o estado do Rio Grande do Sul.

Ainda que essa pesquisa tenha demonstrado resultados positivos relacionados aos sistemas agroecológicos, ainda são necessários estudos a fim de conhecer as espécies de invertebrados edáficos, bem como das assembleias de formigas presentes nesses sistemas e no Bioma Pampa.

## 7 Referências

- ABEIJON, L. M.; KRUGER, A. P.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Can ants contribute to the conservative biological control of the south American fruit fly? **Bioscience Journal**, Uberlândia, n. 35, n. 3, p. 941-948, 2019.
- ABREU, R. R. L.; LIMA, S. S.; OLIVEIRA, N. C. R.; LEITE, L. F. C. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p.409-416, 2014.
- ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press, 2000. p.1–8.
- ALTIERI, M. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista Nera**, Presidente Prudente, n. 16, p. 22-32, 2010.
- ALTIERI, M. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Expressão Popular, Rio de Janeiro, 2012.
- ALVES, A. M.; ABEIJON, L. M.; MENDES, M. F.; BRESCOVIT, A. D.; NUNES, A. M.; GARCIA, F. R. M. Assembleia de aranhas em pomares de pessegueiros orgânico e convencional no sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 17, n. 2, p.2-15, 2018.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n. 4, p. 407-417, 2006.
- ANTWEB – Disponível em: <https://www.antweb.org/country.do?name=Brazil> Acesso em: 06 fev. 2020.
- ARAÚJO, A. F. S.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p.66-75, 2007.
- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015, 388p.
- BACHELIER, G. **La vie animale dans les solo**. ORSTOM, Paris: 1963. 279 p.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIAS, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. *In*: KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa. 7. ed. p.119-170, 2011.
- BARETTA, D.; BARTZ, M. L. C.; FACHINI, I.; ANSELMINI, R.; ZORTÉA, T.; BARETTA, C. R. D. M. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil

management systems. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p.871-875, 2014.

BOLDRINI, I. I. Por que e para que conservar o Pampa? *In*: TEIXEIRA FILHO, A.; WINCKLER, L. T. (Eds.) **Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa: Reunindo Saberes**, Editora UFPel, Pelotas, RS, 2020.

BOLTON, B. **Synopsis and classification of Formicidae**. Gainesville: American Entomological Institute, 2019, 370 p.

BRAGA, D.; LOUZADA, J. N. C.; ZANETTI, R.; DELABI, E. J. Avaliação Rápida da Diversidade de Formigas em Sistemas de Uso do Solo no Sul da Bahia. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 464-469, 2010.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATO, M. R. G.; FERREIRA, S. A.; NALDOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. *In*: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Eds.) **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**, Embrapa, Brasília, 2015. p.122-154.

CALANZAS, E. G; COSTA, F. V.; CRISTIANO, M. P.; CARDOSO, D. C. Daily Dynamics of an Ant Community in a Mountaintop Ecosystem. **Environmental Entomology**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 1–8, 2020.

CASARIL, C. E.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SANTOS, J. C. P.; ROSA, M. G. Fauna edáfica em sistemas de produção de banana no Sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2019.

CHAO, A. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. **Biometrics**, n.43, p. 783-791, 1987.

COLWELL, R. K. EstimateS: statistical estimation of species richness and share species from simples: version 8 [online]. Connecticut: Connecticut University Editora, 2006. Disponível em: <http://viceroy.eeb.ucon.edu/estimates>

CORTE, A. C. D.; BOSCARDIN, J.; COSTA, E. C.; SCHUMACHER, M. V.; SOUZA, D. B. Avaliação da fauna edáfica associada à serapilheira em três formações florestais, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ambiência**, Guarapuva, v. 10, n. 1, p.159-170, 2014.

CREPALDI, R. A.; PORTILHO, I. I. R.; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 781-787, 2014.

CUNHA NETO, F. V.; CORREIA, E. F.; PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; LELES, P. S. S. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and

secondary forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p.1407-1417, 2012.

DEJEAN, A.; CÉRÉGHINO, R.; LEPONDE, M.; ROSSI, V.; ROUX, O.; COMPIN, A.; DELABIE, J. H.C.; CORBARA, B. The fire ant *Solenopsis saevissima* and habitat disturbance alter ant Communities. **Biological Conservation**, v. 187, p. 145–153, 2015.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. *In*: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, (Special 35), 1994. p. 1-20.

DORAN, J. W. Soil quality and sustainability. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2297860/pelotas-promove-abertura-da-safra-do-pessego> Acesso em: 30 jul. 2020

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo**. 2011. 2. (Ed.) Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

ESTRADA, M. A.; ALMEIDA, A. A.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Diversidade, riqueza e abundância da mirmecofauna em áreas sob cultivo orgânico e convencional. **Acta Biológica Catarinense**, Joinville, v. 6, n. 2, p. 87-103, 2019.

FAO. Faostat: Production crops. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> Acesso em: 01 de julho 2020.

FERNANDES, M. M.; MAGALHÃES, L. M. S.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; BRITO, R. J.; MOURA, M. R. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 533-540, 2011.

FINATTO, R. A.; SALAMONI, G. Agricultura familiar e agroecologia: perfil da produção de base agroecológica do município de Pelotas/RS. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n.20, v.2, p. 199-217, 2008.

FINATTO, R. A.; CORRÊA, W. K. A organização da agricultura familiar de base agroecológica em Pelotas/rs. Campo-território: **Revista de Geografia Agrária**, Uberlândia, v. 6, n.11, p. 208-311, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Base de dados estatísticos – Faostat Agriculture. Acesso: 30 jul. 2018.

FREIRE, C. B.; OLIVEIRA, G. V.; MARTINS, F. R. S.; SOUZA, L. E. C.; RAMOS-LACAU, L. S.; CORREA, M. M. Riqueza de formigas em áreas preservadas e em

regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p.131-134, 2012.

GARCIA-PÉREZ, J. A.; BLANCO-PIÑÓN, A.; MERCADO-HERNÁNDEZ, R.; BADII, M. El comportamiento depredador de *Pachycondyla harpax* Fabr. sobre *Gnathamitermes tubiformans* Buckley en condiciones de cautiverio. **Southwestern Entomology**, v. 22, n. 3, p.345-353, 1997.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4ª ed. - Porto Alegre : Editora da Universidade/UFRGS. 2009. 654 p.

GOLIAS, H. C.; LOPES, J.; HUBERT, J.; DELABIE, C.; AZEVEDO, F. Diversity of ants in citrus orchards and in a forest fragment in Southern Brazil. **EntomoBrasilis**, v.11, n. 1, p.01-08, 2018.

GOMES, G. C. **As árvores nativas e o saber local como contribuição à sustentabilidade de agroecossistemas familiares na Serra dos Tapes, RS**. Orientador: Carlos Alberto Barbosa Medeiros. 2014. 354 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

GONZÁLEZ, F, M. L.; JAHNKE, S. M.; MORAIS, R. M.; SILVA, G. S. Diversidad de insectos depredadores en área orizícola orgánica y de conservación, em Viamão, RS, Brasil. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 40, n. 1, p.120-128, 2014.

GOTELLI, N. J.; ENTSMUNGER, G. L. **EcoSim: null models software for ecology**. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear, 2001. Disponível: <http://doi.org/10.5281/zenodo.16504>. Acesso em: 27 jul. 2020.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL - Radiografia da Agropecuária Gaúcha. 27p. 2019 Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/04160605-revist-final-revisada.pdf> Acesso em: 30 jul. 2020.

GUIMARÃES, N. F.; FONTANETTI, A.; FUJIHARA, R. T.; GALLO, A. S.; SOUZA, M. D. B.; MORINGO, K. P. G.; SILVA, R. F. Fauna invertebrada epigéica associada a diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Coffee Science**, Viçosa, v. 11, n. 4, p. 484-494, 2016.

HAMMER, O.; HARPER, D.; RIAN, P. D. **Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis**. 2001. Version. 1.37. Electronic Database Disponível em: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) Acesso em: 27 jul. 2020.

HOFFMANN, R. B.; LIMA, S. V.; HOFFMANN, G. S. S.; ARAÚJO, S. F. Efeito do uso do solo sobre a macrofauna edáfica. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 125-133, 2018.

HOLDEFER, D. R.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Does organic management of agroecosystems contribute to the maintenance of the richness of ants? **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, 38, p.3455-3468, 2017.

HÖLLDLOBLE, R, B; WILSON, E. O. **The ants**. Harvard University, Cambridge. 1990, 772 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pesquisa/15/12028> Acesso em: 30 jul. 2020.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society of American Journal**, v. 61, p.4-10, 1997.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. *In*: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America. 1986. p. 425-442.

LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Análise faunística de Formicidae (Hymenoptera: Apocrita) em ecossistema degradado no município de Chapecó, Santa Catarina. **Biotemas**, Florianópolis, n.18, p.73-86, 2005.

LUTINSKI, J. A.; LUTINSKI, C. J.; IOP, S.; GARCIA, F. R. M. Evaluation of an ant sampling protocol (Hymenoptera: Formicidae) in three modified environments located inside an austral Atlantic Forest area of Brazil. **Ecología Austral**, n. 23, p.37-43, 2013.

LUTINSKI, J. A.; LUTINSKI C. J.; LOPES, B. C.; MORAIS, A. B. B. Estrutura da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em quatro ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica. **Ecología Austral**, n. 24, p.229-237, 2014.

LUTINSKI, J. A.; BAUCKE, L.; FILTRO, M.; BUSATO, M. A.; KNAKIEWICZ, A. C.; GARCIA, F. R. M. Ant assemblage (Hymenoptera: Formicidae) in three wind farms in the State of Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 1, p.176-184, 2017a.

LUTINSKI, J.A.; LUTINSKI C. J.; GUARDA, C.; BUSATO, M. A.; GARCIA, F. R. M. Richness and structure of ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) in Atlantic forest in southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 2719-2729, 2017b.

LUTINSKI, J. A.; LUTINSKI, C. A.; BELING, J. F.; BUSATO, M. A.; CORRALO, V. Ant Assemblages (Hymenoptera: Formicidae) associated to environments of a rural property in the extreme western region of the state of Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 47, p.12-23, 2018.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com

integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n. 10, p.1269-1276, 2011.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; MENEZES, C. E. G. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da mata atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p.91-106, 2015.

MADAIL, J. C. M.; RASEIRA, M. C. B. **Aspectos da produção e mercado do pêssego no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008, 14 p.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Tradução: Viana D M. Curitiba: Ed. da UFPR. 2011. 261 p.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997, 319 p.

MAYER, F. **Princípios agroecológicos para a cultura do pessegueiro**. Pelotas: CAPA, 2014.

MORSELLI, T. B. G. A. **Biologia do Solo**. Pelotas: Universitária UFPEL/PREC, 2009. 146 p.

OLIVEIRA, C. S. P. O.; MENDES, M. P.; DUARTE, M. N.; RODIGUES, W. C. R. Composição e Diversidade da Fauna de Grilos (Orthoptera: Grylloidea) em um Fragmento de Floresta Pluvial Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v. 6, n. 3, p.184-192, 2013.

OLIVEIRA, D. M.; FRANCO, F. S.; SCHLINDWEIN, M. N.; LEITE, E. C.; BRANCO, C. S. Mirmecofauna em agroecossistemas e sua função na transição agroecológica. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n. 3, p.01-15, 2015.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SCHNEIDER, L. F.; TELES, J. S.; WETER, S. D.; SANTOS, J. C. P. Fauna edáfica em áreas com diferentes manejos e tempos de descarte de resíduos animais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 19, n. 1, p.113-123, 2018.

PALMEIRA, P. R. T.; PAULETTO, E. A.; TEIXEIRA, C. F. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p.189-195, 1999.

PAULA, B. V.; LIMA, A. C. R.; CASALINHO, H. D.; BUSS, R. B.; RIBES, R.; RIBEIRO, T. R. Diagnóstico da qualidade do solo sob cultivo de pêssego em agroecossistemas de base familiar. **Revista de La Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 114, n. 2, p.271-278, 2015.

PEREIRA JÚNIOR, L. R.; FERRAZ, D. S.; ALVES, G. S.; SOUSA, J. S.; SOUTO, J. S. Influência do cultivo agrícola convencional nas características químicas e macrofauna edáfica. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p.166-177, 2010.

PEREIRA, J. M.; BARETTA, D.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; MALUCHE-BARETTA, C. R. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica e suas relações com atributos químicos, físicos e microbiológicos em Floresta de Araucária. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 1 p.242-257, 2020.

PINZÓN TRIANA, S.; ROUSSEAU, G. X.; PIEDADE, A. R.; CELENTANO, D.; ZELARAYÁN, M. L. C.; BRAUN, H. La macrofauna del suelo como indicadora de degradación de bosques ribereños em la amazonia oriental brasileira. **Revista de La Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 114, n. 1, p.49-60, 2015.

PORTO, M L. Os campos sulinos, sustentabilidade e manejo. **Ciência & Ambiente**, 24, p.119-138, 2002.

PRESTES, T. M. V.; ZANINI, A.; ALVES, L. F. A.; BATISTA FILHO, A.; ROHDE, C. Aspectos ecológicos da população de *Cosmopolites sordidus*, (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) em São Miguel do Iguaçú, PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 333-350, 2006.

RASEIRA, M. C. B.; BELARMINO, L. C.; FRANZON, R. C. Aspectos **socioeconômicos e de melhoramento genético do pessegueiro no Brasil. Pessegueiro no Mundo e no Brasil**. 2019. Disponível em: <<https://www.todafruta.com.br/artigo-exclusivo-pessegueiro-no-mundo-e-no-brasil/>>. Acesso em: 07 jul. 2020

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, 359 p.

ROSA, M. G.; KLAUBERG FILHO, O.; BARTZ, M. L. C.; MAFRA, A. L. M.; SOUSA, J. P. F. A.; BARETTA, D. Macrofauna Edáfica e Atributos Físicos e Químicos em Sistemas de Uso do Solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 39, p.1544-1553, 2015.

ROSADO, J. L. O.; GONÇALVES, M. G.; DRÖSE, W.; SILVA, E. J. E.; KRÜGER, R. F.; FEITOSA, R. M.; LOECK, A. E. Epigeic ants (Hymenoptera: Formicidae) in vineyards and grassland areas in the Campanha region, state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Check List**, v. 8, n. 6, p. 1184–1189, 2012.

ROUSSEAU, L.; FONTE, S. J.; TELLEZ, O; VAN DER H. R.; LAVELLE, P. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, v. 27, p. 71-82, 2013.

RUFATO L.; ROSSI, A.; PICOLOTTO, L.; FACHINELLO, J. C. Plantas de cobertura de solo em pomar de pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch) conduzido no sistema de produção integrada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 814-821, 2006.

SALES, E. F.; BALDI, A.; ROSA, R.; ALVES, W. S. B.; GOMES, C. F.; QUEIROZ, R. B. Fauna edáfica como indicadora da qualidade biológica do solo em dois sistemas de produção de café conilon no norte do Estado do Espírito Santo. **Cadernos de Agroecologia**, Brasília, v. 13, n. 1, p.1-7, 2017.

SANTOS, L. A. O.; NARANJO-GUEVARA, N.; FERNANDES, O. A. Diversity and abundance of edaphic arthropods associated with conventional and organic sugarcane crops in Brazil. **Florida Entomologist**, v. 100, n. 1, p.134-144, 2017.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018, 590 p.

SEVERO, P. S. **Os pêssegos não caem do céu: relações de trabalho da agricultura familiar no município de Pelotas/RS**. Orientador: Flávio Sacco dos Anjos. 2017. 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

SCHMIDT, F. A.; RIBAS, C. R.; SCHOEDER, J. H. How predictable is the response of ant assemblages to natural forest recovery? Implications for their use as bioindicators. **Ecological Indicators**, v. 24, p.158–166, 2013.

SILVA, J.; JUCKSCH, I.; MAIA, C. I.; FERES, A.; TAVARES, R. C. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. **Journal of Biotechnology And Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 59-71, 2012.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CÂNDIDO, B. M. **Curso da EMATER: manejo do solo em sistemas agroecológicos de produção** – Lavras: UFLA, 2015. 54 p.

SILVA, D. A. A.; SILVA, D. M.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Biodicadores de qualidade edáfica em diferentes usos do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p.37-28, 2015b.

SOUZA, J.; FARIAS, A. A.; FERREIRA, R. C. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; CAVALCANTE, L. F.; FIGUEIREDO, L. F.; CORREIA, F. G. Macrofauna Edáfica em Três Ambientes Diferentes na Região do Cariri Paraibano, Brasil. **Scientia Agraria Paranaense**, v.15, n.1, p.94-99, 2016a.

SOUZA, S. T.; CASSOL, P. C.; BARETTA, D.; BARTZ, L. M. C.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; ROSA, M. G. Abundance and Diversity of Soil Macrofauna in Native Forest, Eucalyptus Plantations, Perennial Pasture, Integrated Crop-Livestock, and No-Tillage Cropping. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p.1-14, 2016b.

SPILLER, M. S.; SPILLER, C.; GARLET, J. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Revista Agro@mbiente Online**, Boa Vista, v. 12, n. 1, p.41-57, 2017.

TEDESCO, M. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Departamento de solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre – RS, 1985.188 p.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. C. **Reference manual user's guide to canoco for windows**. Microcomputer Power. USA, Ithaca, 1998.

URRUTIA-ESCOBAR, M. X.; ARMBRECHT, I. Effect of two agroecological management strategies on ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity on coffee plantations in southwestern Colombia. **Environmental Entomology**, Oxford, 42, p.194-203, 2013.

VASCONCELLOS, N. J.; SILVA, R. F.; BINS, F. H.; SILVA, B. L. Reservas legais: um importante refúgio para os isópodos terrestres em áreas agrícolas. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 3, p.676-684, 2015.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p.743-755, 2009.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânicos e convencional na Chapada da Ibiapina – CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 247-258, 2006.

WANG, Z.; MOSHMAN, L.; KRAUS, E. C.; WILSON, B. E.; ACHARYA, N.; DIAZ, R. D. A Review of the Tawny Crazy Ant, *Nylanderia fulva*, an Emergent Ant Invader in the Southern United States: Is Biological Control a Feasible Management Option? **Insects**, v. 7, n. 4, p.1-10, 2016.