

SHEILA

TRIERVEILER DE SOUZA

PD

MACROFAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS DE USO DO SOLO NAS REGIÕES LESTE E SUL CATARINENSE

Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção do
título de Mestre no Curso de Pós-
Graduação em Ciência do Solo da
Universidade do Estado de Santa
Catarina – UDESC.

Orientador:
Prof. Dr. Paulo Cezar Cassol
Co-orientadores:
Prof. Dr. Dilmar Baretta
Prof. Dra. Marie L.C. Bartz

**LAGES – SC
2014**

S1729m Souza, Sheila Trierveiler de
Macrofauna edáfica em sistemas de uso do solo
nas regiões leste e sul catarinense / Sheila
Trierveiler de Souza. - Lages, 2014.

134 p.: il.; 21 cm

Orientador: Paulo Cezar Cassol

Coorientador: Dilmar Baretta

Coorientadora: Marie L.C. Bartz

Bibliografia: p. 117-134

Dissertação (mestrado) - Universidade do
Estado de

Santa Catarina, Centro de Ciências

Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, Lages, 2014.

1. Qualidade do solo. 2. Análise multivariada.
3. SisBiota. 4. Fauna edáfica. 5. Oligochaeta.
- I. Souza, Sheila Trierveiler de. II. Cassol, Paulo
Cezar. III. Universidade do Estado de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do
Solo. IV. Título

CDD: 631.4 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do
CAV/ UDESC

SHEILA TRIERVEILER DE SOUZA

**MACROFAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS DE USO DO SOLO
NAS REGIÕES LESTE E SUL CATARINENSE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Cezar Cassol
UDESC/Lages – SC

Co-orientador:

Prof. Dr. Dilmar Baretta
UDESC/Chapecó – SC

Co-orientador:

Prof. Dr^a. Marie L. C. Bartz
Universidade Positivo/Curitiba – PR

Membro:

Prof. Dr. Luís Carlos Iuñes de Oliveira Filho
UDESC/Lages – SC

Lages, Santa Catarina

2014

Dedico este trabalho a minha família, em especial a minha mãe Rosana Bárbara Trierveiler e irmã Thamara Cristina Trierveiler Vargas, por todo apoio, suporte e pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar força para superar todas as barreiras e permitir essa conquista.

A minha mãe Rosana Bárbara Trierveiler, por estar sempre ao meu lado, acreditar nos meus sonhos, por me guiar e aconselhar, por enfrentar todos os obstáculos junto comigo e nunca desistir. A senhora é minha Vida, meu Amor, meu exemplo de garra, força e superação. Serei eternamente grata por tudo.

A minha irmã Thamara Cristina Trierveiler Vargas, por todo apoio nessa trajetória, por nunca duvidar da minha capacidade, pelo carinho e ombro amigo nos momentos difíceis. Você foi fundamental para conclusão desta etapa e sem você ao meu lado, “eu nada seria”.

A minha irmãzinha Maria Eduarda Trierveiler da Silva, por sempre me ligar e mandar mensagem “só pra incomodar”.

Ao meu orientador Prof.Dr. Paulo Cezar Cassol pela confiança, orientação, sugestões e principalmente, pela amizade, pelas palavras amigas e por todo apoio, fundamentais para realização deste trabalho.

Ao Prof.Dr. Dilmar Baretta pela orientação, confiança, pela paciência e ajuda durante todo o processo de conclusão desta dissertação, além do apoio e longas conversas de encorajamento.

A Prof.Dra. Marie L.C. Bartz pela orientação, pela ajuda prestada e pelas sugestões no trabalho.

Ao Márcio Gonçalves da Rosa por todas as dicas, correções e por toda ajuda prestada em tabelas, gráficos e fórmulas. Pelas longas horas de conversa, pelos puxões de orelha”, por todos os almoços e jantares,

pelas gargalhadas e principalmente pela amizade e apoio.

Aos meus amigos Leandro M. Pereira, Greice Daiane Acosta, Flávia Santos e Franciele Waltrick, por me aguentarem e sempre estarem ao meu lado.

Aos colegas do Laboratório de Solos e Sustentabilidade UDESC/CEO, Rogério Folarosso, Evandro Paulo Schonel, Deives Girardi, Renato Orso, Roney *Debastiani*, Marcos Locatelli que foram fundamentais para realização deste trabalho e Vanessa Dalla Rosa, Patrícia Eloísa Tormen, Eduardo Lucianer; Edpool da Rochapor toda ajuda prestada.

A UDESC – CAV e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de estudos e também pelo financiamento do projeto de pesquisa, selecionado através do Edital MCT/CNPq/MEC/CAPES Nº 47/2010 FAPESC (Processo 6.309/2011-6/FAPESC) e CNPq (Processo: 563251/2010-7/CNPq) Projeto SisBiota-SC

RESUMO

SOUZA, Sheila Trierveiler de. **Macrofauna edáfica em sistemas de uso do solo nas regiões leste e sul catarinense.** 2014. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2014

A expansão do setor agropecuário em larga escala leva ao uso intensivo do solo e pode influenciar alguns atributos edáficos, como a biodiversidade da macrofauna e, consequentemente a qualidade do solo. O presente trabalho objetivou avaliar o potencial dos grupos da macrofauna e outros atributos edáficos para separar os Sistemas de Usodo Solo (SUS) nas regiões Leste e Sul Catarinense. As amostragens foram realizadas nos municípios de Joinville, Blumenau e Timbó na região Leste e Orleans, Lauro Müller e Siderópolis no Sul do estado de Santa Catarina. Foram estudados cinco SUS, a saber: 1) floresta nativa (FN), 2) reflorestamento de eucalipto (RE), 3) pastagem(PA), 4) integração lavoura-pecuária (ILP) e 5) plantio direto (PD). A macrofauna foi avaliada por meio de monólitos de 25x25 cm de lado e na profundidade de 0-20 cm no verão (Jan./2012) e inverno (Jul./2012). Foram coletados nove pontos por SUS, distribuídos em uma grade amostral 3x3. Após a triagem do solo as minhocas e os demais grupos da macrofauna foram contados e identificados em nível de espécie quando possível e em

grandes grupos taxonômicos, respectivamente. Os dados foram utilizados para

calcular os índices de Diversidade de Shannon e os grupos da macrofauna e variáveis físico-químicas submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP) e de Redundância (RDA). Os resultados demonstraram que o SUS interfere na abundância e diversidade de grupos da macrofauna. Alguns atributos físicos e químicos foram importantes para explicar as modificações em termos de abundância de grupos da macrofauna do solo, destacando-se matéria orgânica, macroporosidade, densidade do solo, CTC pH 7,0, bases, acidez potencial e alumínio dentre os atributos físico-químicos. Os SUS mais estáveis e que favoreceram a biodiversidade da macrofauna edáfica foram FN, PA e RE, respectivamente.

Palavras-chave: Qualidade do solo. Análise multivariada. SisBiota. Fauna edáfica. Oligochaeta.

ABSTRACT

SOUZA, Sheila Trierveiler de Souza. **Soil macrofauna in land use systems in eastern and southern Santa Catarina.** 2014. 134 f. Dissertation (MSc in Soil Science) - University of the State of Santa Catarina. Graduate Program in Agricultural Sciences, Lages, 2014.

The expansion of the agricultural sector on a large scale leads to intensive use of land can influence some soil attributes such as macrofauna biodiversity and consequently soil quality. This study aimed to evaluate the potential of groups and other edaphic macrofauna to separate the Land Use Systems (SUS) in East and South regions of Santa Catarina attributes. Sampling was conducted in the cities of Joinville, Blumenau and Timbó in the East and Orleans, Lauro Müller and Siderópolis in south state of Santa Catarina. Five LUS were studied, namely: 1) native forest (NF), 2) eucalypt reforestation (RE), 3) pasture (PA), 4) crop-livestock integration (ILP) and 5) no tillage (NT). A macrofauna was evaluated by monoliths 25x25 cm across and 0-20 cm depth in two contrasting times: summer (Jan./2012) and winter (Jul./2012) in nine points for LUS, distributed on a sampling grid of 3x3. Upon screening soil earthworms and other macrofauna groups were counted and identified to the species level when possible and major taxonomic groups, respectively. The abundance data of soil macrofauna was used to calculate the frequency, richness and Shannon-Wiener index. The same data together with physico-chemical variables was subjected to Principal Components Analysis (PCA) and

Redundancy Analysis (RDA). Redundancy Analysis (RDA). The results showed that the abundance of LUS interferes with the variety of macrofauna groups and some physico-chemical parameters of the soil at different levels. Some physical and chemical attributes were more important in explaining changes in the abundance of macrofauna soil groups, especially organic matter, soil bulk density, macroporosity, CTC pH 7.0, bases, potential acidity, aluminum as physical and chemical properties. The most stable LUS favoring biodiversity of soil macrofauna were FN, PA and RE, respectively.

Key-words: Soil quality. Multivariate analysis. SisBiota. Soil fauna. Oligochaeta.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 -	Vista da localização das áreas de estudo. Nas regiões Leste Joinville (JOI); Timbó (TIM); Blumenau (BLU)] e Sul Orleans (ORL); Lauro Müller (LAU); Siderópolis (SID).....	54
Figura 02 -	Detalhe do grid amostral usado na coleta de amostras para análises químicas, físicas e TSBF.....	60
Figura 03 -	Detalhe das etapas da coleta de monólitos... ..	61
Figura 04 -	Riqueza dos grupos da macrofauna das áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão (a) e inverno (b), na região Leste de Santa Catarina.....	66
Figura 05 -	Abundância (ind.m ⁻²) dos grupos da macrofauna das áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão (a) e inverno (b), na região Leste de Santa Catarina.....	67
Figura 06 -	Índice de Shannon para os sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD) no verão-2012, na região Leste de Santa Catarina.....	69
Figura 07 -	Índice de Shannon para os sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD) no	

- inverno-2012, na região Leste de Santa Catarina.....69
- Figura 08 - Frequência relativa (%) de grupos da macrofauna edáfica nos sistemas de uso do solo, no verão/2012, na região Leste. FN = floresta, RE = reflorestamento de eucalipto, PA = pastagem, ILP = integração lavoura-pecuária e PD= plantio direto.....71
- Figura 09 - Frequência relativa (%) de grupos da macrofauna edáfica nos sistemas de uso do solo, no inverno/2012, na região Leste de Santa Catarina. FN

	= floresta, RE = reflorestamento de eucalipto, PA = pastagem, ILP = integração lavoura pecuária e PD= plantio direto.....	72
Figura 10 -	Análise de Componentes Principais (ACP) discriminando a floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para primeira época de amostragem (verão/2012), na região Leste de Santa Catarina.....	75
Figura 11 -	Análise de Componentes Principais (ACP) discriminando a floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para segunda época de amostragem (inverno/2012), na região Leste de Santa Catarina.....	76
Figura 12 -	Análise de Redundância (RDA) para os grupos de macrofauna e atributos físico-químicos do solo na primeira época de amostragem (Verão de 2012), na região Leste de Santa Catarina.....	78
Figura 13 -	Análise de Redundância (RDA) para os grupos	

	de macrofauna e atributos físico-químicos do solo na segunda época de amostragem (Inverno de 2012), na região Leste de Santa Catarina.....	81
Figura 14 -	Riqueza dos grupos da macrofauna das áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão (a) e inverno (b), na região Sul de Santa Catarina.....	83
Figura 15 -	Abundância dos grupos da macrofauna (ind.m-2) das áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão (a) e inverno (b), na região Sul de Santa Catarina.....	84
Figura 16 -	Índice de Shannon para os sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno-2012, na região Sul de Santa Catarina.....	86
Figura 17 -	Índice de Shannon para as áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio	

	direto (PD), no verão-2012, na região Sul de Santa Catarina.....	86
Figura 18 -	Frequência relativa (%) de grupos da macrofauna edáfica nos sistemas de uso do solo no verão/2012, na região Sul de Santa Catarina.....	88
Figura 19 -	Frequência relativa (%) de grupos da macrofauna edáfica nos sistemas de uso do solo no inverno/2012, na região Sul de Santa Catarina.....	89

Figura 20 -	Análise de Componentes Principais (ACP) discriminando a floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para primeira época de amostragem (verão/2012), na região Sul de Santa Catarina.....	92
Figura 21 -	Análise de Componentes Principais (ACP) discriminando a floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para segunda época de amostragem (Inverno/2012), na região Sul de Santa Catarina.....	93
Figura 22 -	Análise de Redundância (RDA) para os grupos de macrofauna e atributos físico-químicos do solo, na primeira época de amostragem (Verão de 2012), na região Sul de Santa Catarina....	95
Figura 23 -	Análise de Redundância (RDA) para os grupos de macrofauna e atributos físico-químicos do solo, na segunda época de amostragem (Inverno de 2012), na região Sul de Santa Catarina.....	97
Figura 24-	Abundância média (ind.m ⁻²) de minhocas no inverno e verão, independente da região e sistema de uso do solo no estado de Santa Catarina.....	99
Figura 25 -	Abundância média (ind.m ⁻²) de minhocas independente da época de amostragem e sistema de uso do solo, nas regiões Leste e Sul no Estado de Santa Catarina.....	100
Figura 26 -	Abundância média (ind.m ⁻²) de minhocas no inverno e no verão, nas regiões Leste e Sul do estado de Santa.....	101
Figura 27 -	Abundância média (ind. m ⁻²) de minhocas no	

- Figura 28 - Abundância média (ind. m-2) de minhocas no inverno e no verão, na região Sul do estado de Santa Catarina.....103
- Figura 29 - Abundância (ind.m-2) média de minhocas na floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), inverno e no verão, na região Leste do estado de Santa Catarina.....102

	pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), independente da região, no estado de Santa Catarina.....	104
Figura 30 -	Abundância (ind.m-2) média de minhocas na floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), independente da época de coleta, na região Leste no estado de Santa Catarina.....	105
Figura 31 -	Abundância (ind.m-2) média de na floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), independente da época de coleta, na região Sul no estado de Santa Catarina.....	107
Figura 32 -	Frequência relativa (%) das espécies de minhocas floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Leste no Estado de Santa Catarina..	112
Figura 33 -	Frequência das espécies de minhocas floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Sul no Estado de Santa Catarina.....	113

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	26
2REVISÃO NA LITERATURA.....	27
2.1O AMBIENTE SOLO.....	27
2.1.1Definição do solo.....	27
2.1.2 O solo como sistema.....	27
2.2 USO DO SOLO.....	27
2.2.1Sistemas de uso do solo.....	27
2.2.2Qualidade e atributos do solo.....	28
2.3FAUNA DO SOLO.....	29
2.3.1 Classificação.....	29
2.3.2Importância da fauna do solo.....	29
2.3.3Macrofauna como indicador ambiental.....	30
2.4 MINHOCAS.....	30
3HIPÓTESES.....	32
4OBJETIVOS.....	33
4.1OBJETIVO GERAL.....	33
4.1.2 Objetivos específicos.....	33
5MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
5.1 ÁREAS DE ESTUDO.....	34

5.1.1 Caracterização da região Leste.....	34
5.1.2 Caracterização da região Sul.....	35
6 AMOSTRAGEM.....	44
7ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	46
7.1ANÁLISE DOS DADOS.....	46
7.2 ANÁLISE MULTIVARIADA.....	46
8RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
8.1 REGIÃO LESTE DE SANTA CATARINA.....	47
8.1.1 Riqueza e Abundância da macrofauna edáfica.....	47
8.1.2 Índice de Diversidade de Shannon.....	48
8.1.3Frequência Relativa dos principais grupos da macrofauna edáfica.....	49
8.1.4 Análise de componentes principais (ACP).	50
8.1.5 Análise de redundância (RDA).....	51
8.2 REGIÃO SUL DE SANTA CATARINA.....	52

8.2.1 Riqueza e Abundância da macrofauna edáfica.....	53
8.2.2 Índice de diversidade de Shannon.....	54
8.2.3 Frequência dos principais grupos da macrofauna edáfica.....	55
8.2.4 Análise de componentes principais (ACP).	56
8.2.5 Análise de redundância (RDA).....	57
9 ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE MINHOCAS.....	59
10 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO GERAL.

O sistema agropecuário tem crescido em larga escala no Brasil, devido ao grande desenvolvimento tecnológico e produtivo, ampliando as exportações e renda do país. Com isso temas como: preservação ecológica, sustentabilidade da produção, mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) tem sido foco de estudo nos últimos anos e são cada vez mais discutidos (MACEDO, 2009; SILVA et al., 2011).

No quesito sustentabilidade dentre os vários aspectos abordados por esse tema, o uso do solo com preparo intensivo, monocultivos e a degradação das pastagens são as práticas de manejo que mais nos preocupam devido ao grande impacto e alterações que promovem no ambiente (MACEDO, 2009).

O monocultivo e outras práticas inadequadas de manejo podem causar diminuição dos teores de matéria orgânica do solo (MOS), reduzir a fertilidade e aumentar as taxas de erosão, que geram queda na produtividade e degradação do solo (MARCHÃO et al., 2009b; SIQUEIRA NETO et al., 2009; VENDRAME et al., 2010; LOSS et al., 2011).

O preparo do solo, principalmente com o excessivo revolvimento do solo, causa degradação das propriedades físicas, desestruturação e selamento superficial, podendo ainda, quando adotado o sistema de monocultivo aumentar a incidência de pragas e doenças nas culturas (SALTON et al., 2008; MACEDO, 2009).

Outro sistema de uso do solo com expressiva expansão são os plantios florestais, onde apenas os parâmetros físicos e químicos têm sido considerados na avaliação dos impactos ambientais. Porém, recentemente a inclusão dos atributos biológicos vem sendo utilizada nos estudos sobre as consequências das práticas

inadequadas de manejo sobre a qualidade do solo (SILVA et al., 2009; BARETTA et al., 2011).

A qualidade dos atributos físicos, químicos e biológicos está diretamente relacionada à qualidade do solo, onde qualquer alteração nesses parâmetros se reflete em modificações da fertilidade deste meio, influenciando as condições de crescimento e desenvolvimento das plantas (CARNEIRO et al., 2009).

A qualidade do solo está relacionada diretamente com a agregação, textura, porosidade, carbono orgânico, acidez do solo e diversidade da fauna edáfica, sendo esses parâmetros afetados pelo sistema de uso do solo (DORAN & PARKIN, 1994; CARNEIRO et al., 2009; BARETTA et al., 2010). Por apresentarem sensibilidade a alterações ocasionadas pelas práticas de manejo, os atributos edáficos são frequentemente empregados como indicadores da qualidade do solo (PARFITT et al., 2009; BARETTA et al., 2010; PEREIRA et al., 2013).

Apesar da importância da macrofauna edáfica para a diversidade biológica e qualidade do solo, poucos são os estudos sobre este tema, com trabalhos esparsos e com diferentes metodologias. Devido à carência de informações sobre este assunto, desenvolveu-se a presente dissertação com o objetivo de avaliar a macrofauna edáfica em sistemas de uso do solo (floresta nativa, reflorestamento de eucalipto, pastagem perene, integração lavoura-pecuária e plantio direto) nas regiões Leste e Sul de Santa Catarina a fim de compreender quais variáveis físico-químicas influenciam na distribuição dos grupos edáficos, em duas épocas contrastantes (verão e inverno).

2 REVISÃO NA LITERATURA.

2.1 O AMBIENTE SOLO.

2.1.1 Definição do solo.

O solo pode ser definido como uma coleção de corpos naturais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, com matéria viva e que podem ser vegetados na natureza onde ocorrem (EMBRAPA, 2013).

Jenny (1994) define o solo como um corpo natural tridimensional resultante das interações de clima, material de origem, relevo e organismos, atuando durante um determinado período de tempo.

O solo também pode ser visto como um meio para o crescimento de plantas (WHITE, 2009). Já para Vezzani & Mielniczuk (2011) o solo é o resultado de complexas interações entre os minerais, as plantas e a biota edáfica.

Segundo White (2009), devido à complexidade na elaboração das forças físicas, químicas e biológicas que atuam sobre o solo, o mesmo adquire diferentes significados para diferentes usuários.

2.1.2 O solo como sistema.

Os solos são sistemas que interagem com a biosfera, litosfera, hidrosfera e atmosfera. Constitui um sistema dinâmico, constantemente perturbado por forças internas e externas, sendo seus limites definidos a partir dos objetivos do estudo pretendido (KÄMPF & CURI, 2012).

No sistema solo ocorrem processos de dissipação e ordem constantemente, em função do fluxo de energia e matéria que passa pelo sistema, gerando atividade e

auto-organização em estados de ordem em diferentes níveis de complexidade (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011).

Os componentes do solo (minerais, íons metais, matéria orgânica e organismos) se auto-organizam, formando uma hierarquia representada pelo processo de agregação do solo. Esse processo inicia com a interação das partículas minerais formando agregados na ordem de nanômetros. Os compostos orgânicos formados pela interação das plantas e microrganismos interagem com os agregados minerais formando macroagregados de estruturas mais complexas (VEZZANI, 2001).

De acordo com Vezzani & Mielniczuk (2011), sendo o solo uma estrutura dissipativa, resultante das interações descritas anteriormente, só é capaz de funcionar adequadamente e atingir qualidade através das relações não lineares.

2.2 USO DO SOLO.

2.2.1 Sistemas de uso do solo.

Na década de 90 a comunidade científica preocupada com a degradação dos recursos naturais e sustentabilidade agrícola, desencadearam uma série de discussões sobre a importância do uso do solo para a qualidade ambiental (VEZZANI, 2001). Nessa época, o grande número de áreas degradadas e contaminadas por agroquímicos levaram Lal & Pierce (1991) a incentivar a pesquisa em busca de novas práticas de manejo que fossem capazes de balancear o requerimento das culturas e do solo (LAL & PIERCE, 1991; VEZZANI & MIELNICZUK, 2011).

Atualmente outros aspectos se destacam na discussão sobre a sustentabilidade agrícola como o uso

do solo com preparo contínuo e a degradação das pastagens (MACEDO, 2009). Segundo Kluthcouski et al. (2000) a desagregação da estrutura do solo, a compactação e a redução nos teores de matéria orgânica são considerados os principais precursores da degradação dos solos agrícolas.

A agricultura convencional intensificada com plantios sucessivos de culturas anuais ou monocultivos, pode levar a perdas na estrutura física do solo, diminuição na fertilidade química e da matéria orgânica, além de uma maior incidência de pragas, doenças e plantas invasoras (MARCHÃO, 2007).

O preparo convencional causa o revolvimento excessivo do solo, causando a degradação das propriedades físicas e sua estrutura é comprometida, com perdas de matéria orgânica e nutrientes por erosão (CARNEIRO et al., 2009; MACEDO, 2009).

A perda da qualidade física ocasionada por erosão hídrica é favorecida pela prática de incorporação dos resíduos vegetais no sistema de preparo convencional, resultando em alterações negativas nas propriedades da superfície e subsuperfície do solo (SCHICK et al., 2000).

A adoção do sistema de preparo convencional pode afetar, a longo prazo, a transmissão e a capacidade de armazenamento de água do solo, devido às alterações causadas na densidade, na estabilidade de agregados, na porosidade total e no teor de carbono orgânico do solo (BERHE et al., 2013). Segundo esses mesmos autores, o sistema convencional pode ainda causar compactação do solo, pois o cultivo contínuo tende a tornar o solo menos poroso na camada arável. Sendo assim, visando à melhoria das características e propriedades do solo, outros sistemas de produção tem sido adotado objetivando maior sustentabilidade agrícola.

Neste contexto, o sistema plantio direto, que preconiza o mínimo revolvimento do solo, a permanente cobertura do solo e a rotação de culturas como práticas obrigatórias, está entre as práticas conservacionistas mais adotadas e já atinge mais de 30 milhões de hectares no Brasil (BARTZ et al., 2010; BARTZ et al., 2012; FEBRAPDP, 2014).

Os resíduos culturais mantidos na superfície do solo propiciam um ambiente favorável, elevando os teores de matéria orgânica, beneficiando as características físicas, químicas e biológicas do solo (MENEZES & LEANDRO, 2004). Segundo Nicolodi et al., (2008), o teor mais elevado de matéria orgânica no sistema de plantio direto complexa o alumínio trocável diminuindo sua toxidez as plantas e aumenta a atividade dos microrganismos.

Outro método conservacionista que vem sendo utilizado é o sistema integração lavoura-pecuária (ILP) visa garantir a sustentabilidade agropecuária em comparação ao preparo convencional. Essa prática ILP permite a exploração da área em esquema de rotação, onde são alternados períodos ou anos de pecuária com a produção de fibras ou grãos, com o objetivo de maximizar a utilização dos ciclos das plantas, animais e seus resíduos (MACEDO, 2009).

Segundo Marchão et al.(2009a), o sistema ILP promove benefícios nas propriedades químicas e físicas do solo como o aumento da fertilidade devido à melhor ciclagem de nutrientes, maior estabilidade dos agregados, diminuição da compactação e aumento na taxa de infiltração da água no solo. Além da melhoria desses atributos, a quebra do ciclo de doenças e pragas e aumento na atividade biológica são vantagens apresentadas pelo uso integrado da lavoura - pecuária

(KLUTHCOUSKI et al., 2003; MACEDO, 2009; LOSS et al., 2012).

Além dos benefícios já citados, o sistema ILP pode proporcionar para as pastagens um aumento nutricional, através do aproveitamento dos resíduos das adubações que são deixados pelas lavouras, resultando numa maior produtividade das pastagens, melhor qualidade na produção de forragem, além da diminuição no custo de implantação de novas pastagens (NASCIMENTO & CARVALHO, 2011).

Esse sistema também pode auxiliar nos processos de movimentação da água e trocas gasosas do solo através da criação de uma rede de canais, resultado da decomposição do grande número de raízes que são geradas pelas pastagens e ficam no perfil do solo (ALVARENGA et al., 2005).

2.2.2 Qualidade e atributos do solo.

A qualidade de um solo está relacionada diretamente com as suas propriedades físicas, químicas e biológicas, como agregação, textura, porosidade, carbono orgânico, acidez do solo, fauna edáfica, sendo esses atributos afetados pelo tipo de sistema de uso do solo (DORAN & PARKIN, 1994; CARNEIRO et al., 2009; BARETTA et al., 2010). Desta forma, por apresentarem sensibilidade a alterações ocasionadas pelas práticas de manejo, os atributos edáficos são considerados indicadores da qualidade do solo (PARFITT et al., 2009; BARETTA et al., 2010; PEREIRA et al., 2013).

Os indicadores de qualidade do solo podem ser avaliados por diversas metodologias e de diferentes formas e são extremamente importantes apesar da complexa relação com os fatores existentes, pois apresentam susceptibilidade na avaliação dos processos

que interferem na qualidade ambiental (MENDES et al., 2006; CARVALHO, 2005; RODRIGUES, 2010).

Segundo Zanette et al., (2007) as variações das características de um solo pode ser resultado dos fatores de formação como material de origem, relevo, clima, organismos e tempo, que associados aos processos de adição, translocação, perda e transformação geram diferenças de ordem química no solo.

Os atributos químicos podem influenciar no desenvolvimento de raízes e na atividade biológica, sendo uma ferramenta na avaliação das condições da produtividade primária do solo. Dentre os atributos químicos os mais utilizados como indicadores de qualidade do solo destacam-se: matéria orgânica, CTC (capacidade de troca de cátions), teor de P, saturação por bases e de alumínio, pH, entre outros (DORAN & PARKIN, 1994; SHOENHOLTZ et al., 2000; MAFRA et al., 2011; PEREIRA, 2012).

O uso de atributos físicos para avaliação da qualidade do solo apresenta significativas vantagens, com uso de metodologias mais simples, rápidas e de baixo custo, além de apresentarem boa correlação com os indicadores químicos e biológicos, sendo que os mais comumente avaliados são porosidade, estabilidade de agregados, densidade infiltration e capacidade de retenção de água (DORAN et al., 1994; ALVES et al., 2006; RODRIGUES, 2010; PORTILHO et al., 2011; PEREIRA et al., 2013).

Apesar dos atributos biológicos do solo serem frequentemente relacionados a outras variáveis, como vegetação, mineralogia e principalmente clima, outros trabalhos tem enfatizado sua importância nos processos que ocorrem no solo, como por exemplo, a atuação da biota nos processos de mineralização e humificação da

matéria orgânica do solo (CORREIA & OLIVEIRA 2000; BARROS et al., 2003; RODRIGUES, 2010).

A fauna edáfica também exerce influência na disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas, na decomposição da matéria (MO) aportada pela vegetação (serapilheira), na redistribuição da MO na superfície e no perfil do solo, além de favorecer a diversidade e densidade dos microrganismos, que são responsáveis pela ciclagem dos nutrientes (DECAËNS et al., 2003; CARNEIRO et al., 2009).

Portanto, a abundância-composição da macrofauna edáfica é muito importante para avaliar a qualidade do solo, pois apresentam resposta rápida a distúrbios ambientais ou perturbações advindas do manejo intensivo do solo (VELASQUEZ et al., 2007; BARETTA et al., 2011; LIMA et al., 2013).

2.3 FAUNA DO SOLO.

2.3.1 Classificação.

A biota edáfica é composta pelos organismos do solo classificados em macro, meso e microrganismos, conforme o diâmetro do corpo (SWIFT et al., 1979).

A microbiota é representada pelos indivíduos cujo diâmetro varia de 4 a 100 µm (WARDLE & LAVELLE, 1997). Nesta classe estão às bactérias, os fungos e os protozoários (BARETTA et al., 2011). Esses organismos obtêm energia e carbono da decomposição dos resíduos vegetais ou da própria matéria orgânica e, portanto realizam o movimento de energia no sistema solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011).

A mesofauna é constituída pelos organismos que possuem diâmetro corporal entre 100 µm e 2 mm, como por exemplo os grupos Acari, Collembola, Protura,

Diplura, Symphyla, Enchytraidae, entre outros (BARETTA et al., 2011). Estão presentes na interface entre a serapilheira e o solo e contribuem na regulação da população microbiana (SWIFT et al., 1979).

Já a macrofauna edáfica é representada pelos animais que possuem o corpo maior do que 2 mm, como as formigas, coleópteros, aranhas, minhocas, centopéias, térmitas, diplópodes, entre outros, sendo visíveis a olho nu e que vivem e/ou passam pelo menos uma fase do seu ciclo no interior ou na superfície do solo (LAVELLE & SPAIN, 2001; AQUINO et al., 2008; BROWN et al., 2009). Devido à mobilidade e estratégias de alimentação destes organismos as suas atividades vão influenciar diretamente a funcionalidade do solo (BARETTA et al., 2011).

2.3.2 Importância da fauna do solo.

Segundo Vezzani & Mielniczuk (2011), a fauna edáfica participa das atividades do solo através da transformação da energia e matéria geradas nas plantas em uma forma adequada para o funcionamento do sistema. Essa transformação ocorre devido à acumulação e deposição de material orgânico (grande parte resíduos vegetais) pelas plantas em crescimento que em seguida serão decompostos.

A decomposição desses resíduos ocorre com o auxílio dos animais saprófagos, tais como Oligochaeta, Isopoda, Diplopoda e Isoptera, que realizam a fragmentação e mineração de compostos mais simples. Já o controle desses invertebrados é feito por grupos de animais predadores como Araneae, Diplopoda, Pseudoscorpionida e Opilionida (SWIFT et al., 1979; LEBRUN, 1987; JOUQUET et al., 2014).

A fauna do solo contribui para a ciclagem dos nutrientes através da decomposição dos resíduos orgânicos, alterando as propriedades químicas e físicas do solo (AQUINO et al., 2008). Isso ocorre devido à atividade biodinâmica da fauna edáfica, por meio da redistribuição do material orgânico e dos nutrientes, apresentando grande importância na manutenção dos níveis tróficos da cadeia alimentar e no fluxo energético (LABELLE & SPAIN, 2001; ANTONIOLLI et al., 2006; PORTILHO et al., 2011; CHAUVT & WOLTERS, 2014).

Segundo Lavelle et al (2006), os invertebrados do solo exercem influência sobre outros organismos devido as atividades que realizam no solo como a trituração e incorporação dos resíduos, a manutenção da porosidade estrutural e agregação através da construção de galerias, sendo considerados mediadores nos processos químicos, físicos e biológicos do solo.

Os organismos edáficos são afetados pelos tipos de cobertura morta, condições de temperatura, umidade, pH e práticas de manejo, tal como cultivo e o uso de produtos químicos agrícolas (WHITE, 2009; COMOR et al., 2014). Esses fatores alteram a velocidade de transformação dos resíduos orgânicos do solo, determinando a estrutura das comunidades de invertebrados as variações na biodiversidade edáfica (GARAY, 1989).

Em ecossistemas não perturbados e com temperaturas elevadas os nutrientes são distribuídos e disponibilizados no solo rapidamente, facilitando absorção pelas plantas, pois apresentam uma taxa de decomposição maior que a taxa de adição de matéria orgânica ao sistema (SWIFT et al., 1979; STORK & EGGLETON, 1992; OLIVEIRA & FRANKLIN, 1993; ROBERTSON et al., 1994).

As condições edafoclimáticas são características importantes para a produção de matéria orgânica do solo. Os fatores como disponibilidade de água, temperatura e presença da biota edáfica alteram a velocidade com que os resíduos são decompostos, afetando as propriedades físico-químicas, interferindo assim na disponibilidade de nutrientes para as plantas e na fertilidade do solo (BARETTA et al., 2011; PEREIRA, 2012).

Para um bom desenvolvimento e crescimento das plantas é necessária uma relação positiva entre os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (DORAN & PARKIN, 1994). Essas relações alteram a estrutura do solo, que por sua vez, está diretamente relacionado com a fertilidade e modificações drásticas podem ocasionar prejuízos para a produtividade das culturas (CARNEIRO et al.; 2009).

A estrutura do solo é afetada pela ação da fauna edáfica, refletindo diretamente na agregação e na matéria orgânica deste sistema. A atividade desses organismos no solo é importante para formação/manutenção da porosidade estrutural e agregação do solo, sendo considerados mediadores nestes processos (DECAËNS et al., 2003).

Alguns invertebrados como minhocas (Oligochaeta) e cupins (Isoptera) alteram o processo de agregação, através da construção de galerias, resultado da movimentação desses organismos no interior do solo e formação de “pellets fecais” devido à ingestão de solo, resíduos vegetais, orgânicos e inorgânicos (LAVELLE, 1993; BLANCHART et al., 1999; BATISTA, 2011; JOUQUET et al., 2014).

Segundo Curry & Good (1992) ecossistemas perturbados, com alterações na camada superficial do solo, apresentam mudanças na diversidade e densidade

da fauna edáfica. Isso ocorre devido à interação direta da biota nos processos serapilheira – solo e por esses invertebrados serem sensíveis a mudanças no ambiente.

Desta forma, a composição da fauna do solo reflete o padrão de funcionamento do ecossistema, onde alterações na estrutura, diversidade e abundância desses organismos são considerados indicadores de modificações ambientais (LAVELLE, 1997; RODRIGUES, 2010).

2.3.3 Macrofauna como indicador ambiental.

As atividades que realizam os grupos da macrofauna de função detritívora e predatória determinam melhores condições nos processos de incorporação de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, retenção de água e ainda auxiliam na regulação das populações microbianas e controle biológico de pragas (CORREIA & OLIVEIRA, 2000; MELO et al., 2009). Assim a macrofauna pode ser considerada um indicador de qualidade do solo, pois regula os processos desse sistema em determinados domínios funcionais (LAVELLE, 2003).

A qualidade do solo representa a capacidade dos atributos do solo (físicos, químicos e biológicos) em propiciar condições adequadas para sustentar o desenvolvimento e produtividade das plantas, manter a diversidade dos organismos edáficos, bem como aumentar a retenção e disponibilidade de água e qualidade do ar (DORAN & PARKIN, 1994), exercendo essas funções dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado.

Sendo assim, dentre os atributos biológicos do solo, a macrofauna edáfica desempenha um importante papel já que alguns de seus grupos (minhocas, formigas,

cupins) podem ser considerados como “engenheiros do ecossistema” (LAVELLE et al., 2006; JOUQUET et al., 2005), pois promovem mudanças físicas no seu habitat, relacionadas diretamente aos processos biofísicos, como a agregação (MOREIRA et al., 2008). As atividades desses organismos e os fatores abióticos determinam a organização dos solos através da acumulação de agregados e a formação de poros de diferentes tamanhos (LAVELLE et al., 2006).

A agregação do solo ocorre devido à interação dos minerais, das plantas e da biota edáfica, que resultam na formação de microestruturas até macroagregados. Esses agregados formados de diferentes diâmetros promovem a auto-organização do sistema solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011).

O conceito de auto-organização é usado para descrever as ligações entre os invertebrados do solo e outros organismos e a sua importância para a continuação da funcionalidade do ambiente solo (LAVELLE et al., 2006).

No aspecto ambiental a macrofauna edáfica é importante para o funcionamento e equilíbrio dos ecossistemas, evidenciando características físicas, químicas e estruturais do ambiente em que estão inseridas. Isso ocorre porque esses invertebrados são adaptados a sobreviver em condições ambientais específicas e são sensíveis a mudanças no meio, sendo que, qualquer alteração nas propriedades do solo e/ou variação ambiental influencia a diversidade e densidade desses organismos (ARIAS et al., 2007; CÂNDIDO et al., 2012).

2.4 MINHOCAS.

O hábitat natural das minhocas é o próprio solo, onde elas se alimentam pela ingestão desse meio, obtendo seu sustento pela matéria orgânica. Esses organismos abrem galerias em todos os sentidos no solo (BROWN et al., 2006). O seu tubo digestivo promove a assimilabilidade dos compostos minerais e por fim dejetam húmus riquíssimo em nutrientes (TIBAU, 1978).

As minhocas podem ser divididas em três grupos funcionais, sendo o primeiro as espécies epigeicas que vivem na camada de cobertura vegetal e dejetam na superfície do solo. O segundo grupo é mais comum são as espécies anécicas que cavam, depositam seus dejetos e habitam as camadas intermediárias do solo. Já o terceiro grupo compreende os vermes endogeicos que se alimentam sobre a cobertura vegetal da superfície e deslocam-se em covas profundas verticais (WHITE, 2009; BARTZ, 2011).

As espécies de minhocas anécicas contribuem na estrutura dos solos formando macroagregados (diâmetro 2,5 – 10 mm) e promovem uma atividade microbiana intensa, favorecendo a flocação rápida de compostos orgânicos solúveis (LAVELLE, 2006).

As atividades desempenhadas pelas minhocas como o manejo dos resíduos vegetais aumentam a quantidade de carbono no solo, auxiliam na incorporação do C fresco nos agregados, sendo importante para o processo de estabilização do carbono no solo (ARAI et al., 2013).

As minhocas são importantes fragmentadores do solo, pois tritaram os restos vegetais e auxiliam na redistribuição dos detritos, contribuindo assim para porosidade e estrutura do solo (PAULI et al., 2012). Além disso, algumas espécies de minhocas podem enterrar a

serapilheira e misturar esse material com o solo e esse processo promove a criação de covas e galerias, favorecendo a aeração e drenagem do solo (BEGON & HARPER, 2008).

A abundância e diversidade das espécies de minhocas são influenciadas por alterações na temperatura, pelas taxas de matéria orgânica, mas são dependentes dos teores de umidade do solo, sendo sensíveis às condições edafoclimáticas. Assim, as práticas agrícolas promovem modificações na estrutura do solo e influenciam na dinâmica e na abundância das comunidades de minhocas (BARTZ, 2011; BARTZ et al., 2013).

Segundo James & Brown (2008) devido a causas biogeográficas e climáticas a diversidade de espécies de minhocas no Brasil será a maior de todas as nações. Muitas espécies serão endêmicas, sendo o tipo de solo fator importante para definição do habitat. Para os mesmos autores, apesar das minhocas estarem associadas com o solo, são encontrados indivíduos em ambientes semi-aquáticos, que ocasionou em adaptações comportamentais como subir em árvores ou migração, como também espécies que vivem em habitats totalmente aquáticos.

Moreira et al. (2008) ressaltam a preocupação de que poucas espécies de minhocas nativas são encontradas em ambientes perturbados, sendo essas áreas dominadas por espécies exóticas ou peregrinas. Alguns estudos evidenciam a predominância de espécies exóticas em áreas agrícolas, sendo que poucos estudos são conduzidos na avaliação da importância das espécies de minhocas nativas para o crescimento das plantas (FRAGOSO et al., 1997; BROWN et al., 2006; JAMES & BROWN, 2008).

Portanto, devido a importância das minhocas para a estruturação do solo, através dos benefícios prestados nos processos físicos, químicos e biológicos, é necessário mais estudos sobre a biologia, estrutura e a distribuição das comunidades de minhocas, bem como maior número de pesquisadores nessa área, além da capacitação de profissionais no estudo da taxonomia de minhocas no Brasil.

3 HIPÓTESES.

- As correlações entre os atributos físico-químicos e fatores bióticos e abióticos entre as regiões Leste e Sul de Santa Catarina podem destacar, além do uso do solo, variáveis para explicar possível discrepância nos grupos da macrofauna edáfica.
- Existe relação entre a abundância de grupos da macrofauna e as variáveis físicas e químicas do solo.
- Vários grupos da macrofauna do solo podem ser utilizados como indicadores de qualidade ambiental dos sistemas de uso do solo.
- O tipo de uso do solo pode interferir na abundância de grupos da macrofauna edáfica, sendo que estes podem também sofrer influência tanto de fatores não antrópicos, quanto das variáveis físico-químicas do solo.

4 OBJETIVOS.

4.1 OBJETIVO GERAL.

Estudar a biodiversidade da macrofauna edáfica, em sistemas de uso do solo (floresta nativa, reflorestamento de eucalipto, pastagem perene, integração lavoura-pecuária e plantio direto) nas regiões Leste e Sul de Santa Catarina, a fim de compreender quais variáveis físico-químicas influenciam na distribuição de grupos edáficos em duas épocas contrastantes (verão e inverno).

4.1.2 Objetivos específicos.

- Determinar a diversidade e distribuição geográfica de grupos da macrofauna edáfica, notadamente de espécies de minhocas exóticas e nativas sob diferentes sistemas de uso do solo (floresta nativa, reflorestamento de eucalipto, pastagem perene, integração lavoura pecuária, plantio direto), em duas épocas contrastantes (verão e inverno), nas regiões Leste e Sul do estado de Santa Catarina;

- Determinar quais são os atributos químicos e físicos do solo que mais contribuem para explicar a abundância de grupos da macrofauna edáfica por meio de técnicas de análises multivariadas.

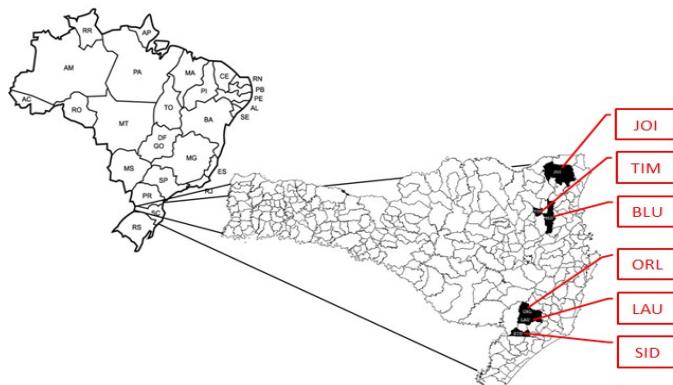
- Determinar quais são as espécies de minhocas presentes em cada um dos sistemas de uso do solo nas regiões Leste e Sul do estado de Santa Catarina.

5 MATERIAIS E MÉTODOS.

5.1 ÁREAS DE ESTUDO.

O presente trabalho foi realizado em duas regiões do estado de Santa Catarina (Leste e Sul), abrangendo seis municípios e em duas estações distintas (verão de 2012e inverno de 2012). Os municípios avaliados para região Leste foram: Joinville (JOI), Blumenau (BLU) e Timbó (TIM) e para a região Sul: Orleans (ORL), Siderópolis (SID) e Lauro Müller (LAU) demonstrado na Figura 01.

Figura 01 - Vista da localização das áreas de estudo. Nas regiões Leste [1-Joinville (JOI); 2- Timbó (TIM); 3- Blumenau (BLU)] e Sul Catarinense [4- Orleans (ORL); 5- Lauro Müller (LAU); 6 – Siderópolis (SID)].



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

Os municípios foram selecionados de acordo com as suas características geográficas e sistemas de uso do

solo (SUS), sendo para fins estatísticos, considerados réplicas verdadeiras dos SUS. Foram estudados cinco SUS, conforme descrito: floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD).

O clima de ambas as regiões é do tipo Cfa (mesotérmico úmido, com verão quente), com temperatura média no verão superior a 22°C, e no inverno inferior a 18°C, com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco e chuvas concentradas nos meses de verão, sem estação seca definida, segundo classificação Köppen. Esse tipo de clima predomina no litoral e sul do Rio Grande do Sul, litoral de Santa Catarina, planalto, norte e centro-leste do Paraná, bacias dos rios Uruguai e Paraná, sudoeste do estado de São Paulo, entre outras (PANDOLFO et al., 2002).

A vegetação original das duas regiões estudadas é o Bioma Mata Atlântica, que se estende por quase 3000 km ao longo da costa brasileira cobrindo total ou parcialmente 17 estados, dentre eles o estado de Santa Catarina. É formado por um mosaico de ecossistemas florestais e outros ecossistemas associados como restingas e manguezais. Em um estudo realizado por Paulino (2013) podem ser obtidas outras informações sobre as áreas de estudo, bem como detalhamento do histórico das áreas das regiões Leste e Sul.

5.1.1 Caracterização da região Leste.

Na região leste as áreas de FN sempre apresentaram vegetação natural de fragmentos de Floresta Atlântica, apenas a FN de JOI possui entrada de pessoas através de trilhas e compreendem de 10 a 100 hectares de extensão.

As áreas de RE variaram de 1 a 1,5 ha, com plantio de eucalipto (*Eucaliptus* sp.) e possuem tempo de uso de 3 a 7 anos. Apenas a área de TIM anteriormente apresentava a cultivar mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

Já as áreas de PA possuem pastagem nativa, variando de 10 a 100 anos de uso desse sistema, com extensão de 2 a 3 ha e sempre ocorre entrada de animais de produção zootécnica.

Em ILP todas as áreas na época do verão cultivam milho (*Zea mays*) e no inverno essas áreas são cobertas com azevém (*Lolium multiflorum*). Possuem extensão de 1 ha, variam o tempo de uso entre 15 a 50 anos e apresentam frequente entrada de bovinos.

No sistema PD a área possui extensão entre 1 a 7,5 ha e o tempo de uso do solo varia de 5 a 20 anos. No verão todas as áreas produzem milho e no inverno no município de BLU ocorre a produção de milho safrinha, em JOI plantio de azevém e em TIM a área fica em pousio. Um aspecto importante é que nesta região é adotado o plantio direto como técnica (plantio sobre restos vegetais da cultura anterior) não sendo adotados os princípios básicos para ser considerado um “sistema de plantio direto”. Os produtores praticam a semeadura direta, mas, em alguns anos ainda praticam escarificação com a desculpa de que o solo está compactado. Foi visualizado a campo áreas sem permanência de uma boa cobertura de solo, com pouco mais de revolvimento do solo pelo uso de escarificação realizada a cada dois anos e ausência de planejamento adequado de rotação de culturas, em comparação as áreas de PD de outras regiões do estado, especialmente do Oeste e Planalto de Santa Catarina.

5.1.2 Caracterização da região Sul.

Para a região Sul as áreas de FN também são fragmentos de Floresta Atlântica, as áreas de ORL e LAU apresentam 4 ha de extensão, enquanto a FN de SID possui 11 ha e ocorre entrada de bovinos nessa área.

As áreas de RE possuem eucalipto (*Eucalyptus* sp.), com tempo de uso entre 2 a 20 anos e extensão de 1,5 a 9 ha. A área do município de ORL anteriormente era mata nativa, no RE de LAU o sistema de uso era pastagem e em SID houve anteriormente o cultivo de milho.

A PA é representada por áreas com tempo de uso entre 30 a 80 anos, com extensão que varia de 3 a 6 ha e ocorre entrada de bovinos. Os municípios de ORL e LAU apresentavam pastagem nativa no momento da coleta de amostras, enquanto em SID a área estava sendo cultivada com pastagem mista.

As áreas do sistema de uso ILP apresentam extensão de 2 a 4 ha, com tempo de uso que varia de 2 a 3 anos. Em LAU e SID na época do verão as áreas eram cultivadas com milho e no inverno realizado consórcio com aveia (*Avena* sp.) e azevém. Já para ORL no verão ocorre plantio de fumo (*Nicotiana tabacum*) e no inverno feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Todas as áreas apresentavam histórico de entrada de bovinos.

No sistema PD as plantações possuem tempo de uso de 3 anos, com extensão entre 1 a 11 ha e não ocorre entrada de bovinos. No verão é cultivado milho em todas as áreas e no inverno os municípios de LAU e SID realizam plantio de aveia e em ORL plantio de feijão. As características do PD nesta região são idênticas as da região Leste.

Tabela –

Coordenadas geográficas de
cada área estudada.

Região	Município
Leste	JOI
Leste	BLU
Leste	TIM
Sul	SID
Sul	ORL
Sul	LAU

Fonte: Pesquisa do Autor (2014)

6 AMOSTRAGEM.

As amostragens da macrofauna foram realizadas em duas épocas contrastantes representativas do verão (Janeiro de 2012) e inverno (Julho de 2012). O método de coleta foi o *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) utilizando um esquema de grade amostral, com espaçamento entre cada ponto de 30 m e respeitando 20 m de bordadura, totalizando uma área de 1 hectare de cada SUS (Figura 02). Em cada tratamento foram coletados nove monólitos de 25x25 cm de lado na profundidade de 0-20 cm, totalizando 540 pontos amostrais (verão e inverno).

Em seguida os monólitos foram ensacados, identificados e levados até o laboratório de Solos e Sustentabilidade da UDESC/CEO em Chapecó, Santa Catarina. No laboratório procedeu-se a triagem manual, com o auxílio de iluminação artificial, onde todos os organismos foram retirados e fixados em álcool 80%, exceto as minhocas capturadas nos monólitos que foram fixadas em formol (5%) por uma semana e posteriormente transferidas para álcool absoluto, conforme Figura 03. Maiores detalhes sobre a amostragem e detalhamento do grid amostral são encontrados em Bartz et al. (2014).

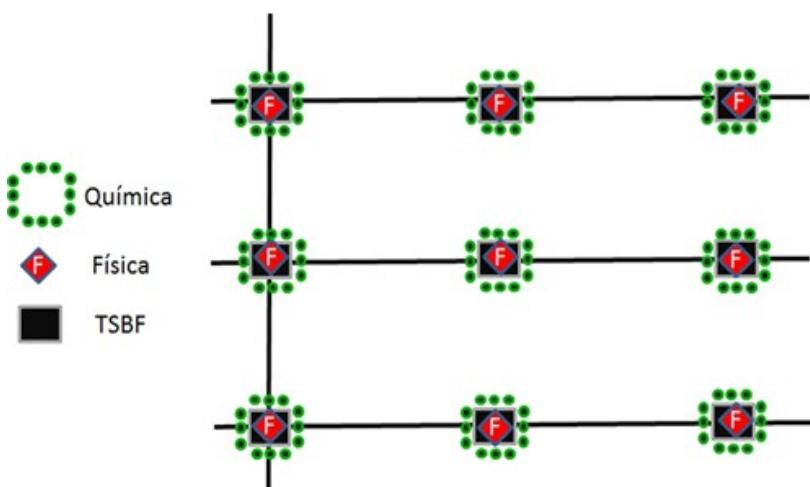
Para as análises físicas e químicas foram coletadas amostras nos mesmos pontos do TSBF, seguindo a mesma metodologia conforme representado na Figura 02.

Foram coletadas estruturas preservadas em cilindros de aço, com 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura, para avaliação dos atributos físicos: densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, Bioporos, resistência a penetração. No entorno, coletou-se com pá de corte reto amostras de solo com torrões, que foram

acondicionados em sacos plásticos para avaliação da estabilidade de agregados, granulometria (areia, argila e silte), diâmetro médio ponderado de partículas e densidade de partículas do solo.

Para análise química foram coletadas amostras de solo que em seguida foram encaminhadas para o Laboratório de Rotina de Análises Químicas no Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC, onde foram determinadas as porcentagens de fósforo, potássio, magnésio, alumínio e cálcio de cada ponto.

Figura 02 - Detalhe do grid amostral usado na coleta de amostras para análises químicas, físicas e TSBF.



Fonte: ROSA (2013).

Figura 03 - Detalhe das etapas da coleta de monólitos. 1- Amostrador para TSBF; 2-Retirada do monólito; 3-Coleta da amostra de solo; 4-Ensacando a amostra para ser transportada para o laboratório; 5-Triagem manual com auxílio de iluminação artificial



Fonte: ROSA (2013).

7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.

7.1 ANÁLISE DOS DADOS.

Os dados obtidos densidade (ind.m^{-2}) para minhocas foram submetidos ao teste não paramétrico *Kruskal-Wallis* e construídos gráficos de colunas com valores médios e erros padrões. Também foram gerados figuras do tipo “box-plot” com as médias, erros e desvios padrões, utilizando o programa Statistica 6.0 (StatSoft Inc., 2001).

Para compreender a diversidade da comunidade da macrofauna edáfica foi calculado o Índice de Shannon (H') em cada SUS. Os índices de diversidade foram calculados através da biblioteca Vegan (OKSANEN et al., 2009), presente no programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009). Também foi estimada a Frequência Relativa dos principais grupos em todos os SUS.

Os dados de abundância (número de indivíduos por grupo) e riqueza de grupos obtidos através da identificação dos táxons de cada SUS, foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) utilizando o software ASISTAT (SILVA, 1996), a fim de verificar as diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).

7.2 ANÁLISE MULTIVARIADA.

Os dados de abundância (ind.m^{-2}) foram submetidos a uma Análise de Correspondência Retificada (Detrended Correspondence Analysis) neste caso chamado de DCA, a fim de conhecer o comprimento do gradiente. Quando o comprimento foi

menor que três (resposta linear) foram feitas Análises de Componentes Principais (ACP) para as épocas (inverno e verão) e cada uma das regiões estudadas (Leste e Sul), utilizando o software estatístico CANOCO versão 4.0 (TER BRAAK; SMILAUER, 1998). Os atributos físicos e químicos foram utilizados na ACP como variáveis ambientais explicativas e os grupos da macrofauna como variáveis resposta, conforme sugerido por Baretta et al., (2010).

Os dados também foram submetidos ao método de Análise de Redundância (RDA), que consiste em uma análise de gradiente direto (variáveis resposta x variáveis explicativas). Esse método busca combinações lineares das variáveis de um grupo, que maximize a variação de um outro conjunto de dados (BATISTA, 2011). A RDA permite quantificar os efeitos e sobreposições de dois ou mais grupos de variáveis independentes (ambientais)sobre um conjunto de variáveis respostas dependentes (LEPS & SMILAUER, 1999).

Neste estudo para a RDA foram utilizados os grupos taxonômicos mais abundantes da macrofauna (variáveis resposta): Pseudoscorpionidae, Opiliones, Formicidae, Hemiptera, Isoptera, Coleoptera, Larvas, Araneae, Chilopoda, Diplopoda, Orthoptera, Isopoda, Dermaptera, Blattodea, Mollusca, Diplura, Oligochaeta, Diptera e os grupos menos frequentes foram agrupados em “outros”.

Como variáveis independentes (variáveis ambientais explicativas) os atributos físicos: Densidade (Ds), Porosidade Total (PT), Macroporosidade (MACRO), Bioporos (Bio), Resistência a Penetração (RP), Argila (Arg), Silte (Silt) e Diâmetro Médio Ponderado de partículas (DMP) e químicos: pH em água (pHágua), Bases, acidez potencial (H+Al), Fósforo (P), Potássio (K), Matéria Orgânica (M.O), Alumínio (Al), Cálcio (Ca),

64

Magnésio (Mg) e relação Cálcio-Magnésio (Ca:Mg). Todas as análises de RDA foram realizadas conforme sugerido por BARETTA (2007) e realizadas por meio do software estatístico CANOCO versão 4.0 (TER BRAAK;SMILAUER, 1998).

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

8.1 REGIÃO LESTE DE SANTA CATARINA.

8.1.1 Riqueza e Abundância da macrofauna edáfica.

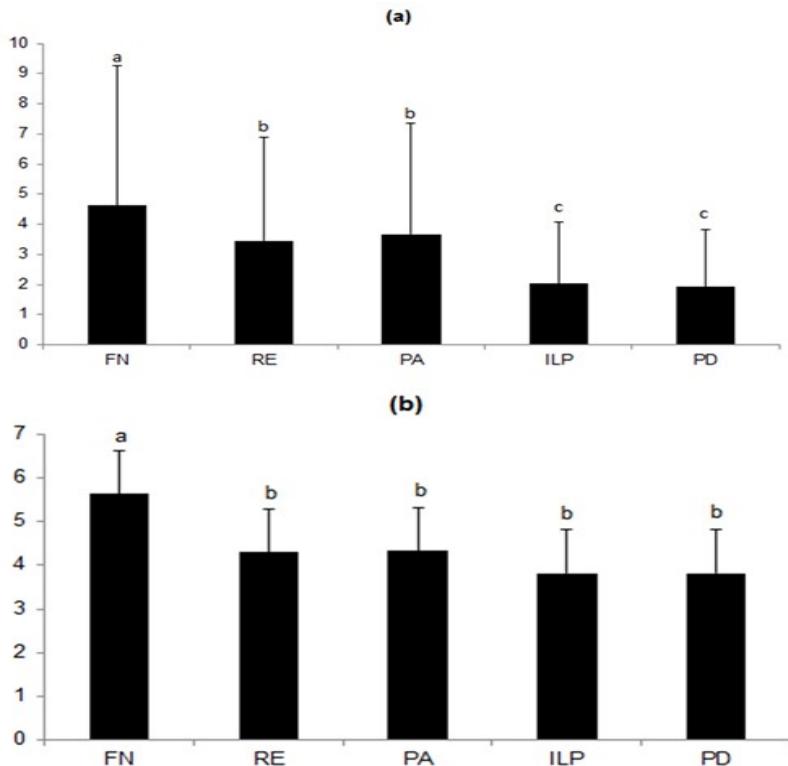
Os valores de riqueza de grupos da macrofauna foram diferentes ($p<0,01$) entre os SUS tanto para a primeira época (verão) de amostragem (Figura 4a), quanto para a segunda época (inverno) (Figura 4b). A FN apresentou maior riqueza de grupos da macrofauna entre os SUS, tanto para o verão quanto para o inverno.

Com relação aos outros SUS, no verão os sistemas RE e PA ficaram numa posição intermediária em termos de riqueza da macrofauna, ao passo que ILP e PD tiveram os menores valores. Já no inverno apenas a FN teve diferença nos valores de riqueza, apresentando maior riqueza dos grupos da macrofauna edáfica, enquanto os outros SUS não diferiram entre si (Figura 04).

Essa diferença na riqueza dos grupos nos SUS já era esperada, sendo que estes resultados corroboram a hipótese do presente trabalho de que a macrofauna edáfica é sensível às práticas de manejo e as ações antrópicas, sendo um bom indicador da qualidade do solo (BARETTA et al., 2011).

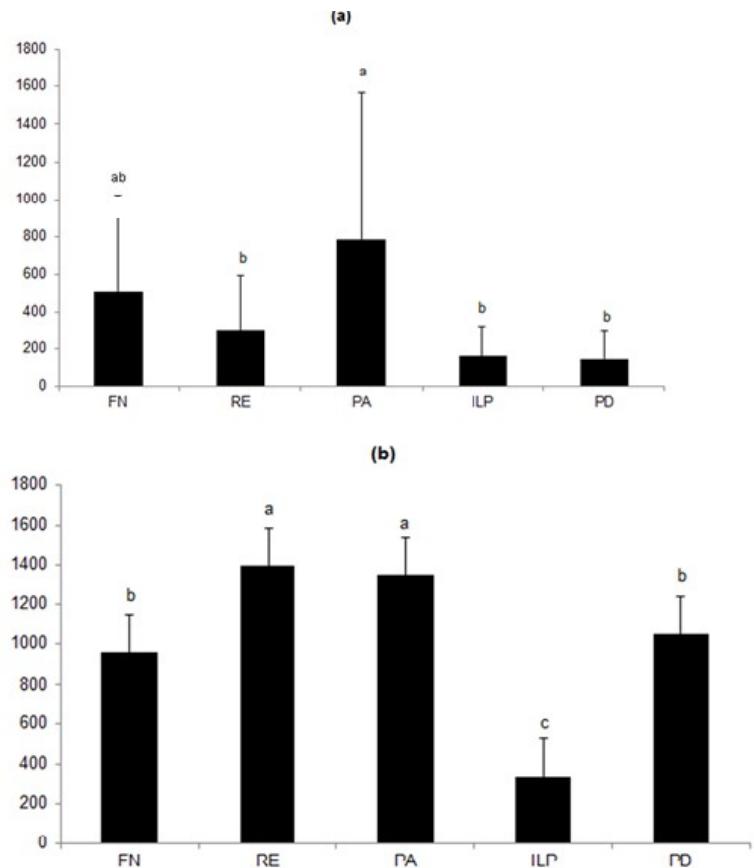
A abundância total de macroinvertebrados edáficos (ind.m^{-2}) também foi diferenciada entre os SUS ($p < 0,05$) tanto para o verão (Figura 5a) quanto para o inverno (Figura 5b). No verão a maior abundância da macrofauna foi encontrada em PA, ao passo que FN, RE, ILP e PD não diferiram entre si em termos de abundância da macrofauna edáfica.

Figura 04 - Riqueza dos grupos da macrofauna das áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão (a) e inverno (b), na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

Figura 05 - Abundância (ind.m^{-2}) dos grupos da macrofauna das áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão (a) e inverno (b), na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Pesquisa do Autor (2014)

Por outro lado, no inverno, os maiores valores de abundância foram encontrados em PA e RE, seguidos por FN e PD respectivamente. O sistema ILP apresentou a menor abundância em comparação aos outros SUS estudados.

O mesmo comportamento foi observado por ROSA (2013), que avaliou os SUS em diferentes regiões (Oeste e Planalto) e encontrou maior abundância da macrofauna edáfica em PA, não diferindo entre verão e inverno.

8.1.2 Índice de Diversidade de Shannon.

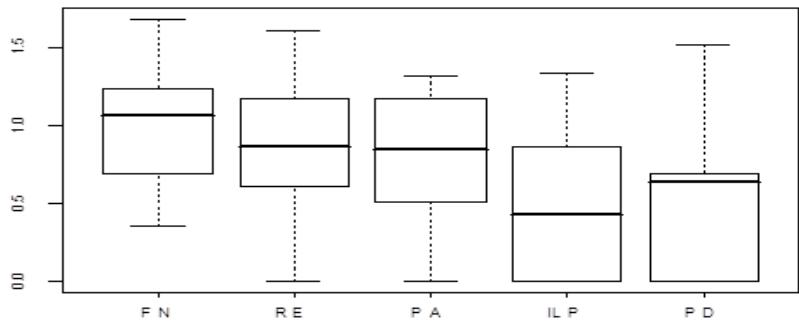
Para compreender o padrão de composição das comunidades edáficas nas áreas de estudo foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H') para cada uma das áreas em suas respectivas épocas de amostragem.

Para a região leste no verão o valor de H' apresentou diferenças entre as áreas amostradas, na seguinte sequência: FN ($H' 1,12$) > RE ($H' 0,88$) > PA ($H' 0,77$) > PD ($H' 0,63$) > ILP ($H' 0,44$), respectivamente, sugerindo a presença de um gradiente de intensificação de uso do solo (Figura 06). Para a época do inverno os resultados também apresentaram maior diversidade para FN ($H' 1,28$), seguido de ILP ($H' 1,16$) > PD ($H' 0,92$) > PA ($H' 0,84$) > RE ($H' 0,74$), apresentados na Figura 07.

A maior diversidade em FN encontrada no presente estudo, corrobora com os resultados obtidos por Silva et al., (2006) que através do estudo realizado em uma mata nativa no município de Paraty/RJ encontraram índices semelhantes, sugerindo ser este um ambiente mais estável, sem atividade antrópica e que

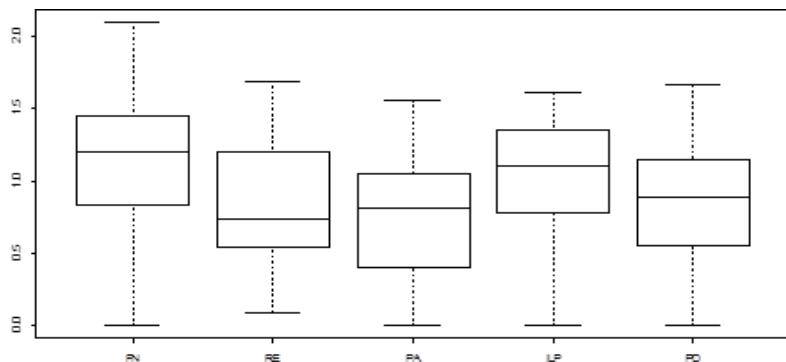
favorece a ocorrência da comunidade da macrofauna edáfica.

Figura 06 - Índice de Shannon para os sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD) no verão, na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

Figura 07 - Índice de Shannon para os sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD) no inverno, na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

O maior valor do índice de diversidade encontrado em RE na época do verão, quando comparado com os sistemas agrícolas, pode ser atribuído a maior quantidade de material vegetal depositado nesse sistema, juntamente com o clima mais ameno favorecendo, portanto a atividade dos organismos edáficos. Rovedderet al., (2004) em trabalho realizado no estado do RS, na cidade de Alegrete, envolvendo plantação de eucalipto obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo ($H' 1,14$), indicando que a fauna do solo responde positivamente a serapilheira acumulada em superfície pelos sistemas florestais.

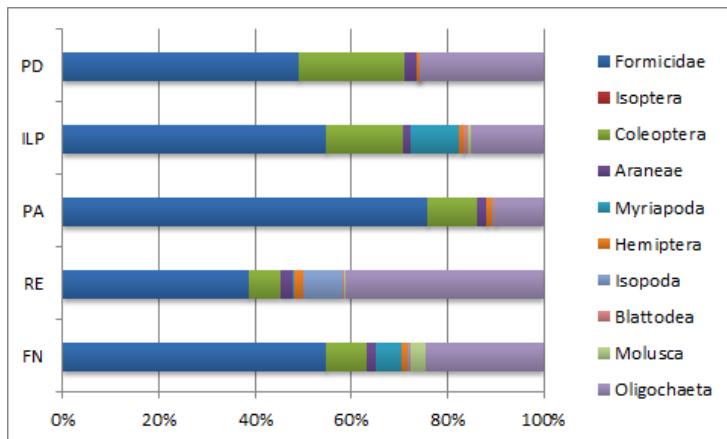
Apesar dos sistemas agrícolas apresentarem os menores índices de diversidade, os resultados demonstraram que os sistemas PD e ILP favoreceram a ocorrência de grupos da macrofauna edáfica, corroborando com os resultados obtidos por Alves et al. (2006), que associam esse efeito benéfico a permanência dos resíduos culturais na superfície do solo, bem como a ausência de preparo do solo

comumente utilizado nos sistemas convencionais (aração e gradagem).

8.1.3 Frequência Relativa dos principais grupos da macrofauna edáfica.

Avaliando a Frequência Relativa (FR) dos grupos da macrofauna nos cinco sistemas de uso do solo, é possível observar que independente da época de amostragem, os grupos mais frequentes foram Formicidae, Coleoptera e Oligochaeta, porém com proporções diferenciadas entre os SUS (Figura 08).

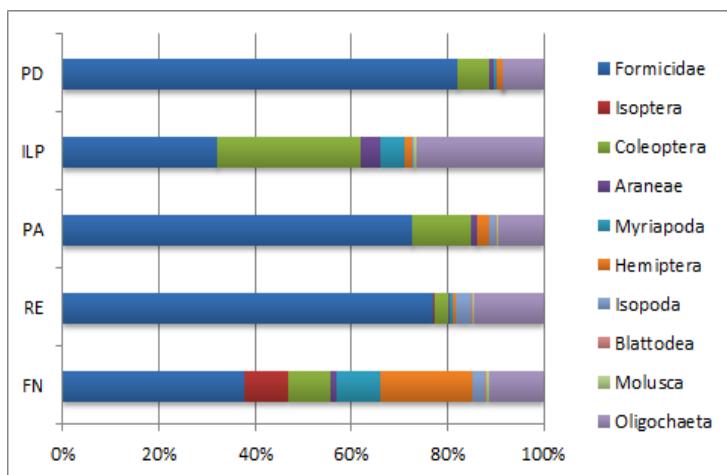
Figura 08 – Frequência relativa (%) de grupos da macrofauna edáfica nos sistemas de uso do solo, no verão, na região Leste. FN = floresta, RE = reflorestamento de eucalipto, PA = pastagem, ILP = integração lavoura-pecuária e PD= plantio direto.



Fonte: Pesquisa do Autor (2014)

De maneira geral para as duas épocas amostradas (Figuras 08 e 09) o grupo Formicidae foi mais frequente em PA e PD e apresentou menor frequência em FN. Alves et al., (2006) encontraram comportamento semelhante em áreas com diferentes sistemas de uso do solo, principalmente nos tratamentos manejados e com menor quantidade de resíduos superficiais. A maior frequência do grupo Formicidae pode ser o resultado de áreas com manejado inadequado (WINK et al., 2005; PARR et al., 2007), podendo este grupo ser considerado indicador de alterações no manejo do solo (BARETTA et al., 2006; PARR et al., 2007).

Figura 09 - Frequência relativa (%) de grupos da macrofauna edáfica nos sistemas de uso do solo, no inverno, na região Leste de Santa Catarina. FN = floresta, RE = reflorestamento de eucalipto, PA = pastagem, ILP = integração lavoura-pecuária e PD= plantio direto.



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

A ordem Coleoptera apresentou maior frequência nas áreas agrícolas (PD, ILP, PA) ocorrendo, conforme época de coleta, mudanças na ordem da frequência dos organismos nos sistemas. No verão o sistema PD obteve maior valor de FR de organismos, seguido de ILP e PA. No inverno a ordem foi ILP > PA > PD. Os sistemas FN e RE tiveram menor frequência de Coleoptera. A baixa ocorrência desses macroinvertebrados em sistemas florestais pode ser atribuída a maior diversidade de nichos e recursos oferecidos por esses ambientes, que favorecem a ocorrência de diversos organismos edáficos e não a predominância de um grupo específico. Segundo Baretta et al., (2003) dependendo da abundância deste grupo e do dano causado, algumas espécies na fase larval podem ser consideradas como praga

Já para o grupo Oligochaeta a maior frequência relativa encontrada foi em RE, seguido de PD > FN > ILP > PA no verão. Os plantios homogêneos apresentam maior aporte de folhas e resíduos na superfície do solo, favorecendo assim o processo de decomposição da matéria orgânica, atributo extremamente importante para a ocorrência de minhocas. Além disso, segundo Aumond et al., (2012), em um estudo realizado com apenas uma espécie arbórea (*Mimosa scabrella*), foram encontrados resultados positivos em relação a presença da macrofauna edáfica, podendo ser atribuído essa relação as microtopografias (rugosidades), que servem de atrativo para a macrofauna devido a capacidade de retenção de água e acúmulo de nutrientes.

No inverno a maior frequência do grupo Oligochaeta seguiu a seguinte ordem ILP > RE > FN > PD > PA (Figura 09). Sistemas com cobertura do solo e alto aporte de resíduos orgânicos no solo, como integração lavoura-pecuária, plantio direto, fruticultura,

agricultura orgânica, favorecem as populações de minhocas (JAMES & BROWN, 2008). Em um estudo realizado por Alves et al. (2008) foram encontrados maiores valores de frequência do grupo Oligochaeta nas áreas com adição de fertilizante no solo, resultando numa maior produção de material vegetal e portanto favorecendo a ocorrência desses organismo.

8.1.4 Análise de componentes principais (ACP).

A Análise de Componentes Principais (ACP) para o verão aponta uma diferenciação na abundância dos grupos funcionais da macrofauna entre os SUS floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD).

O primeiro eixo da componente principal (CP1) explica 40% e o segundo eixo (CP2) apenas 16,2% da variabilidade dos sistemas estudados, totalizando 56,2% da variabilidade total (Figura 10). Foi possível observar separação entre os sistemas ILP, PD, RE dos sistemas FN e PA.

As áreas ILP, PD RE ficaram no lado esquerdo do gráfico e foram representados apenas pelas ordens: Diplura, Pseudoscorpionidae e pelo somatório dos grupos menos freqüentes identificados como Outros. Por outro lado, FN e PA ficaram ao lado direito do gráfico e ficaram mais relacionados às ordens: Isoptera, Opiliones, Larvas, Chilopoda, Diplopoda, Hemiptera, Dermaptera, Araneae, Isopoda, Amphipoda, Orthoptera, Blattodea, Oligochaeta, Formicidae e Coleoptera.

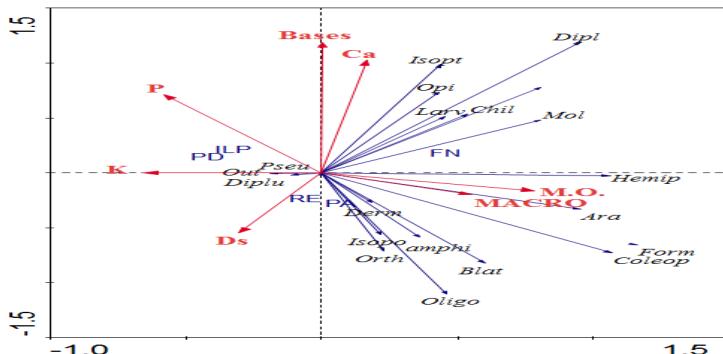
Por não apresentar atividades antrópicas, a FN oferece um ambiente favorável para atividade, crescimento e desenvolvimento da macrofauna edáfica, sendo que os maiores valores dos atributos da

macrofauna podem estar relacionados ao diferente nicho ecológico oferecido por este ecossistema.

Segundo Carneiro et al., (2009) a pastagem por ser um sistema que não utiliza a prática de revolvimento do solo favorece a maior proteção da matéria orgânica, podendo ser um dos motivos do elevado valor da macrofauna em PA, já que esses organismos são sensíveis a alterações na estrutura do solo

Já para o inverno o primeiro eixo da componente principal (CP1) explica 22,5% e a CP2 explica apenas 9,3% da variabilidade entre os sistemas estudados, totalizando 31,8% da variabilidade total (Figura 11).

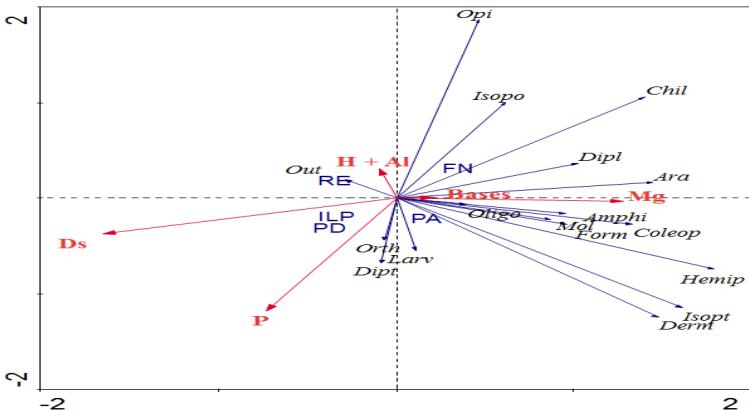
Figura 10 - Análise de Componentes Principais (ACP) discriminando a floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para primeira época de amostragem (verão), na região Leste de Santa Catarina. Os vetores em vermelho () representam os atributos físicos (Ds = densidade, Macro = macroporosidade) e químicos do solo químicos (Ca = cálcio, Mg = magnésio, K = potássio, P = fósforo, bases = saturação por bases, M.O. = matéria orgânica). Em itálico encontram-se os principais grupos da macrofauna: Oligochaeta (Oligo), Opiliones (Opi), Formicidae (Form), Coleoptera (Coleop), somatório de outras larvas (Larv), Molusca (Mol), Diplopoda (Dipl), Chilopoda (Chil), Isopoda (Isopo), Araneae (Ara), Isoptera (Isopt), Orthoptera (Orth), Hemiptera (Hemip), Dermaptera (Derm), Pseudoscorpionidae (Pseu), Diplura (Diplu), somatório de outros grupos menos frequentes (Out). (n=135).



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

Figura 11 – Análise de Componentes Principais (ACP) discriminando a floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para segunda época de amostragem (inverno), na região Leste de Santa Catarina. Os vetores em vermelho (

) representam os atributos físicos (Ds = Densidade) e químicos do solo (Mg = Magnésio, P = Fósforo, H+AI = Acidez potencial, Bases). Em itálico encontram-se os principais grupos da macrofauna: Oligochaeta (Oligo), Opiliones (Opi), Formicidae (Form), Coleoptera (Coleop), somatório de outras larvas (Larv), Molusca (Mol), Diplopoda (Dipl), Chilopoda (Chil), Isopoda (Isopo), Araneae (Ara), Isoptera (Isopt), Orthoptera (orth), Hemiptera (Hemip), Dermaptera (Derm), Diptera (Dipt), somatório de outros grupos menos frequentes (Out). (n=135)..



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

De modo geral, como na primeira época os resultados apontam maior abundância de grupos da macrofauna para os sistemas FN e PA. As ordens Isopoda, Chilopoda, Diplopoda, Araneae, Amphipoda, Mollusca, Formicidae, Coleoptera, Opiliones, Hemiptera, Isoptera, Dermaptera, Oligochaeta foram mais abundantes FN e PA, indicando um menor grau de perturbação dessas áreas. Diversos estudos têm demonstrado o efeito negativo que as práticas de manejo causam na estruturação das comunidades edáficas (BARETTA et al., 2003; ALVES et al., 2008; PIMENTEL et al., 2011; PORTILHO et al., 2011; ROSA, 2013).

Já para os sistemas ILP, PD, RE foi encontrada uma menor abundância de grupos da macrofauna, sendo encontrados apenas os grupos taxonômicos Orthoptera,

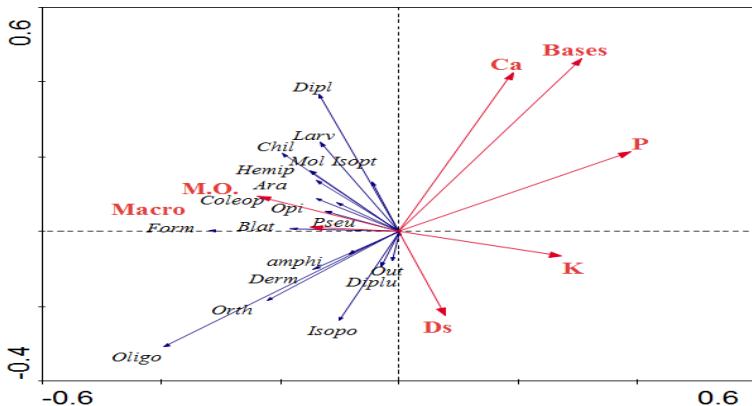
Larvas, Diptera e somatório de outros grupos menos frequentes. Esses resultados podem indicar o quanto as práticas de manejo alteram a estrutura do solo e assim influenciam na presença e atividade da macrofauna edáfica (BARTZ, 2011).

8.1.5 Análise de redundância (RDA).

Para a época verão dentre os atributos físicos e químicos do solo analisados, a Matéria Orgânica (MO), Macroporosidade (Macro), Cálcio (Ca), Bases (SB), Fósforo (P) e Potássio (K) foram os que apresentaram diferença estatística ($p < 0,10$) e foram incluídos no modelo (Figura 12). Assim, houve relação entre alguns atributos físico-químicos e a abundância de grupos da macrofauna do solo. Os grupos da macrofauna do solo *Formicidae*, *Coleoptera*, *Araneae*, *Blattodea*, *Pseudoscorpionidae* mostraram-se fortemente correlacionados com os teores de MO e com, indicando que ambientes com melhores condições desses parâmetros podem favorecer a atividade e estabilidade desses organismos.

Figura 12 - Análise de Redundância (RDA) para os grupos de macrofauna (em itálico) e atributos físico-químicos do solo (em vermelho) na primeira época de amostragem (Verão), na região Leste de Santa Catarina. Abreviações: Oligochaeta (oligo), *Formicidae* (Form), *Coleoptera* (Coleop), *Opiliones* (Opi), *Dermaptera* (Derm), somatório de outras larvas (Larv), *Molusca* (Mol), *Pseudoscorpionidae* (Pseu), *Diplopoda* (Dipl), *Chilopoda* (Chil), *Isopoda* (Isop), *Araneae* (Ara), *Blattodea* (Blat), *Diplura* (Diplu), *Isoptera* (Isopt), *Orthoptera* (Orth), *Amphipoda* (Amph), somatório de outros grupos menos frequentes (Out). Atributos químicos: fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K), bases, matéria orgânica (MO), e atributos físicos: macroporosidade (Macro) e

densidade do solo (Ds).



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

Segundo Begon & Harper (2008), a abundante quantidade de matéria orgânica no solo pode criar micro-hábitats apropriados para diversos organismos, principalmente devido à estabilização do regime de umidade do solo.

Já as ordens Amphipoda, Dermaptera, Orthoptera, Oligochaeta, Diplura e Isopoda estão mais correlacionados a Ds e K. Carneiro et al., (2009) encontraram resultados semelhantes, onde os diferentes sistemas de manejo alteraram as propriedades do solo (densidade do solo, macroporosidade, volume total de poros, entre outros) interferindo na composição e distribuição da biota do solo. Sendo assim, alterações nos atributos físicos e químicos do solo podem ocasionar mudanças na composição dos grupos da macrofauna edáfica. Esse mesmo comportamento foi reportado por outros autores que buscaram testar a relação de

atributos químicos e físicos do solo com os atributos biológicos (BARETTA et al., 2008a; BARETTA et al., 2008b; PEREIRA et al.; 2013).

Para o inverno os atributos químicos e físicos do solo que apresentaram diferença estatística ($p < 0,10$) foram: fósforo (P), bases, magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al) e densidade do solo (Ds). Da mesma forma como no verão, no inverno também houve relação entre os atributos físico-químicos e a abundância de grupos da macrofauna do solo. A maior parte dos grupos de organismos (Coleoptera, Chilopoda, Larvas, Araneae, Pseudoscorpionidae, Molusca, Diplopoda, Hemiptera, Blattodea, Isopoda, Dermaptera, Orthoptera e Formicidae) ficou correlacionada com os atributos químicos Magnésio (Mg) e saturação por bases.

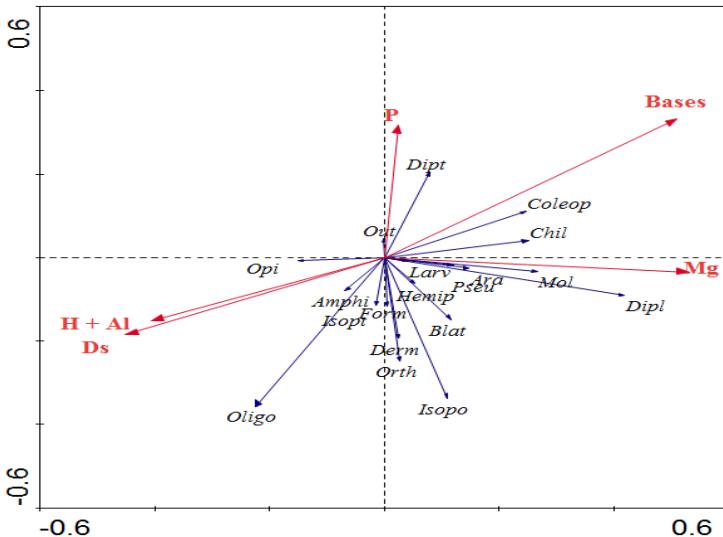
A associação de alguns atributos edáficos com a diversidade da macrofauna do solo ocorre de forma indireta, através da maior produção de raízes e parte aérea das e pelo fato do material que está sobre a superfície precisar ser triturado e decomposto, pois existe diferença na assimilação desses recursos para cada grupo da fauna. Assim, forma-se uma cadeia extremamente complexa que é fundamental para a estruturação do solo. Por exemplo, o grupo Chilopoda é bastante dependente da quantidade e qualidade da cobertura do solo (ALMEIDA et al., 2007), já os fragmentadores como os Isopodes são detritívoros que consomem matéria orgânica de partículas mais grosseiras (BEGON & HARPER, 2008). Portanto a composição e quantidade de serapilheira pode ser um parâmetro condicionante para a diversidade e sobrevivência dos diferentes organismos edáficos.

Dentre os atributos físicos, apenas Ds mostrou-se correlacionado com a macrofauna no inverno e juntamente com a acidez potencial (H+Al), mostraram

relação positiva com os grupos Amphipoda, Isoptera, Oligochaeta e Opiliones (Figura 13).

A correlação positiva do grupo Oligochaeta com a Ds pode ser atribuída às vantagens prestadas por esses organismos na estruturação do solo, principalmente por auxiliarem nas atividades de movimentação das partículas do solo, misturando esse material com os resíduos orgânicos, agindo direta e indiretamente nos processos de aeração, formação de macro e microagregados, participando do processo de mineralização da matéria orgânica, além de beneficiar a biota edáfica, promovendo assim melhor desenvolvimento e crescimento das plantas (HERNÁNDEZ-CASTELLANOS, 2000; CHENG & WONG, 2002; BARTZ, 2011).

Figura 13 - Análise de Redundância (RDA) para os grupos de macrofauna (em itálico) e atributos físico-químicos do solo (em vermelho) na segunda época de amostragem (Inverno), na região Leste de Santa Catarina. Abreviações: Oligochaeta (Olig), Formicidae (Form), Coleoptera (Coleop), Opiliones (Opi), Dermaptera (Derm), somatório de outras larvas (Larv), Molusca (Mol), Pseudoscorpionidae (Pseu), Diplopoda (Dipl), Chilopoda (Chil), Isopoda (Isopo), Araneae (Ara), Blattodea (Blat), Isoptera (Isopt), Orthoptera (Orth), Amphipoda (Amph), Hemiptera (Hemip), Diptera (Dipt), somatório de outros grupos menos frequentes (Out). Atributos químicos: fósforo (P), magnésio (Mg), bases,acidez potencial (H+Al), e atributos físicos: densidade do solo (Ds).



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

8.2 REGIÃO SUL DE SANTA CATARINA.

8.2.1 Riqueza e Abundância da macrofauna edáfica.

Os valores de riqueza dos grupos da macrofauna do solo foram diferentes ($p<0,01$) entre os SUS para as duas épocas de amostragem (Figuras 14a e 14b).

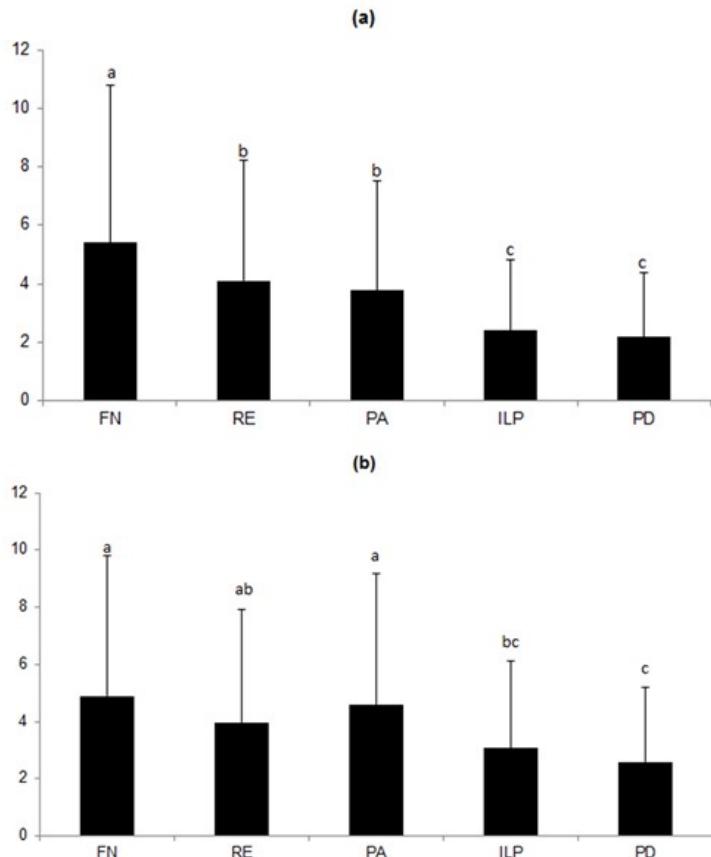
No verão o SUS com maior riqueza foi FN, seguido por RE e PA, e por ILP e PD respectivamente (Figura 14a). Por outro lado no inverno, o comportamento foi diferente em termos de riqueza da macrofauna, onde foram encontrados maiores valores de riqueza nos sistemas FN e PA, sendo que PD

apresentou a menor riqueza. Esse resultado pode ser atribuído a maior diversidade de recursos oferecidos pelos sistemas florestais devido principalmente a sua heterogeneidade, uma vez que a diversidade na composição florística das florestas apresenta diferentes nichos em diferentes estágios de sucessão, promovendo, portanto, a ocorrência de diferentes grupos da macrofauna do solo. Já os maiores valores de riqueza para PA pode ser resultado da estabilização desse sistema, devido à ausência de práticas convencionais de uso do solo, favorecendo a diversidade de grupos edáficos.

Para as duas épocas de amostragem já eram esperados resultados divergentes entre a riqueza dos grupos da macrofauna e os SUS, corroborando com a hipótese do estudo, que sugere modificações na paisagem, principalmente causadas pelo uso e manejo do solo, exercem influência na composição, riqueza e abundância da macrofauna edáfica.

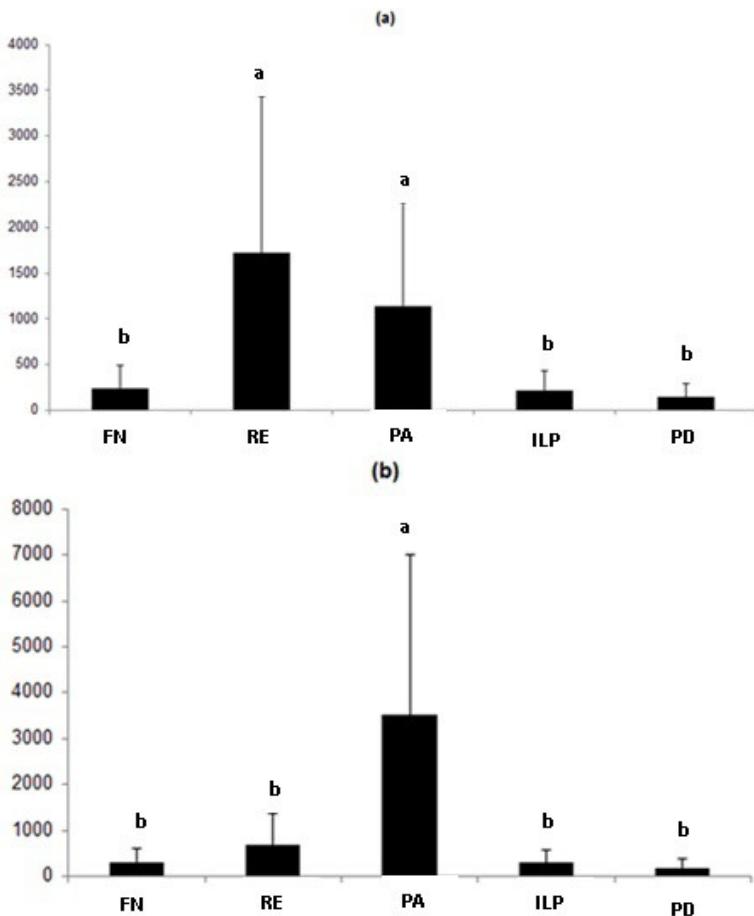
Já para os dados de abundância (ind.m⁻²), os mesmos também apresentaram diferença ($p<0,05$) tanto no inverno quanto no verão (Figuras 15a e 15b).

Figura 14 - Riqueza dos grupos da macrofauna das áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão (a) e inverno (b), na região Sul de Santa Catarina.



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

Figura 15 - Abundância dos grupos da macrofauna (ind.m⁻²) das áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão (a) e inverno (b), na região Sul de Santa Catarina



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

No verão os sistemas PA e RE foram os que apresentaram maior abundância da macrofauna e no inverno apenas PA foi o SUS que apresentou diferença significativamente maior aos demais sistemas (Figura 15).

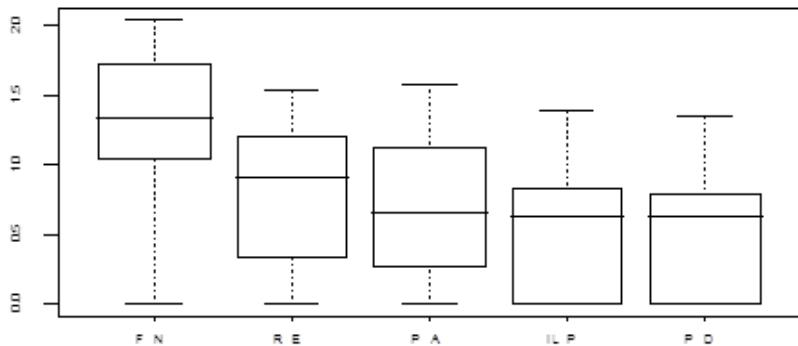
Os resultados de elevada abundância em RE no verão podem ser atribuídos a maior quantidade de resíduos encontrados nesse sistema, pois permanecem muitos anos sem o manejo com máquinas, revolvimento do solo, favorecendo assim, a atividade e reprodução da macrofauna, bem como o estabelecimento das comunidades edáficas. Lima et al. (2007) encontraram resultados semelhantes, com alta abundância da macrofauna nas áreas com maior cobertura vegetal.

Em PA a maior abundância de organismos tanto no inverno quanto no verão (Figuras 15a e 15b) pode estar associada a particularidades do sistema, pois na pastagem não ocorre revolvimento do solo e temos a permanência da cobertura vegetal o ano todo, de modo que os organismos generalistas conseguem, portanto, explorar e estabelecer-se no sistema (BEGON & HARPER, 2008).

8.2.2 Índice de diversidade de Shannon.

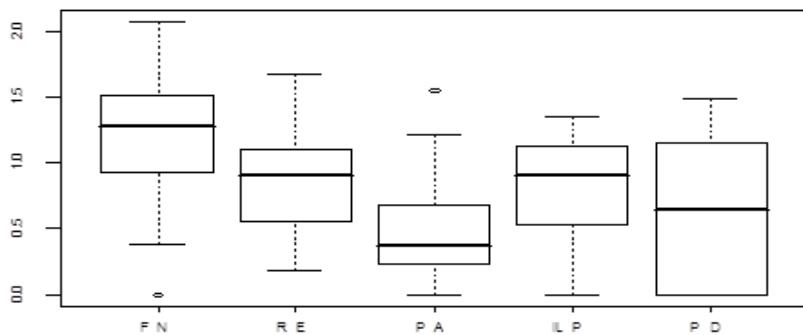
O Índice de diversidade de Shannon (H') calculado para os sistemas de uso do solo da região sul catarinense, com o intuito de conhecer a diversidade da comunidade da macrofauna edáfica, apresentaram resultados semelhantes à Região Leste, sendo que a FN teve o maior valor de H' nas duas épocas (Figuras 16 e 17).

Figura 16 - Índice de Shannon para as áreas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão, na região Sul de Santa Catarina



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

Figura 17 - Índice de Shannon para os sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno, na região Sul de Santa Catarina



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

Para o verão (Figura 16), a maior diversidade ocorreu em FN (H' 1,45), seguido de RE (H' 0,97) > PA (0,74) > ILP (H' 0,64) > PD (H' 0,62). Já para o inverno (Figura 17), a sequência da diversidade nos sistemas de uso (SUS) foi a seguinte ordem: FN (H' 1,39) > RE (H' 0,96) > ILP (H' 0,93) > PD (H' 0,66) > PA (H' 0,39). Os maiores índices de diversidade encontrados em FN ressaltam a importância da cobertura vegetal na determinação dos grupos de macroinvertebrados edáficos. Ambientes com melhor qualidade dos resíduos proporcionam micro-habitats favoráveis para a sobrevivência dos diferentes organismos do solo (MOÇO et al., 2005; BARETTA et al., 2006). Lourente et al., (2007) também encontraram maiores valores de riqueza para mata nativa, atribuindo esses resultados ao maior equilíbrio e elevada diversidade florística desse ecossistema.

Os sistemas manejados apresentaram valores inferiores a FN, porém não diferiram entre si. Marchão et al., (2009a) encontraram resultados semelhantes, onde o

sistema ILP num Latossolo vermelho do Cerrado favoreceu a colonização da macrofauna edáfica.

A ocorrência da macrofauna nestes sistemas pode ser atribuída a maior quantidade de serapilheira (palhada) depositada na superfície do solo, favorecendo o maior teor de matéria orgânica nestes ambientes. Segundo Batista (2011), a matéria orgânica serve de fonte de nutrientes e energia para biota edáfica e a quantidade e qualidade de MO está associada à prática de manejo adotada.

8.2.3 Frequência dos principais grupos da macrofauna edáfica.

Através da avaliação da frequência relativa (FR) dos grupos da macrofauna nos diferentes sistemas de uso do solo (SUS), foram encontrados maiores valores de FR para as ordens Hymenoptera (família Formicidae), Oligochaeta e Coleoptera (Figuras 18 e 19). Esses grupos são considerados engenheiros do ecossistema e devido às atividades que realizam nas diferentes interfaces do solo beneficiam a estruturação dos colóides e melhoram as propriedades físicas e químicas desse sistema (LAVELLE et al., 1993; BARTZ, 2011).

Figura 18 – Frequência relativa (%) de grupos da macrofauna edáfica nos sistemas de uso do solo, no verão, na região Sul de Santa Catarina. FN = floresta, RE = reflorestamento de eucalipto, PA = pastagem, ILP = integração lavoura-pecuária e PD= plantio direto.

Fonte: Pesquisa do Autor (2014)

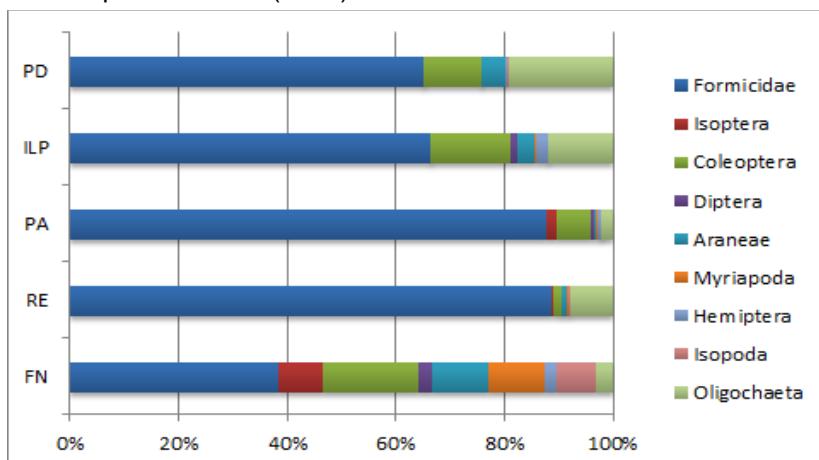
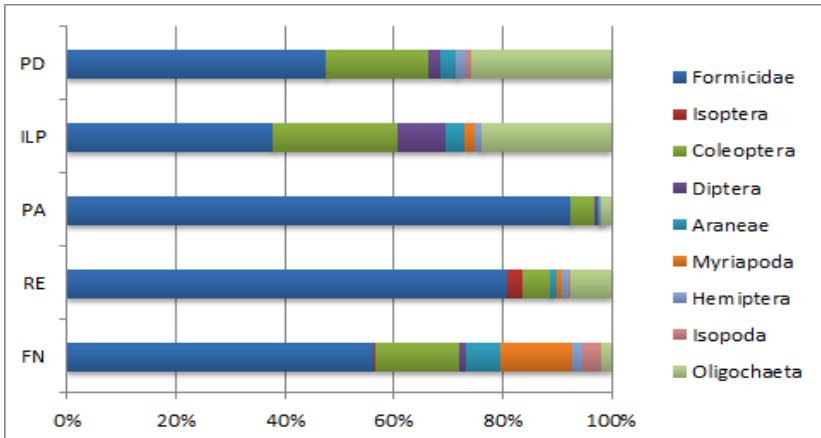


Figura 19 - Frequência relativa (%) de grupos da macrofauna edáfica nos sistemas de uso do solo, no inverno, na região Sul de Santa Catarina. FN = floresta, RE = reflorestamento de eucalipto, PA = pastagem, ILP = integração lavoura-pecuária e PD= plantio direto.



Fonte: Pesquisa do Autor (2014)

De maneira geral, os SUS diferiram entre si e mantiveram o padrão dos valores de frequência dos grupos para as duas estações. O grupo Formicidae apresentou maior frequência em RE e PA para as duas estações (verão e inverno). Silva et al., (2006) encontraram resultados semelhantes, quando estudaram diferentes sistemas de produção, com maior frequência desta família nos sistemas manejados, atribuindo essa maior ocorrência a facilidade de adaptação desses organismos em diferentes condições ambientais.

O grupo Coleoptera foi mais frequente em FN, ILP e PD para as duas épocas, com ordem diferente de ocorrência nos sistemas, porém com valores muito semelhantes. Resultados similares foram encontrados por Lourente et al., (2007), que avaliaram a macrofauna edáfica em diferentes sistemas de uso do solo, relatando maior densidade da ordem Coleoptera nos sistemas de PD e ILP. Os autores atribuíram esse comportamento pela ausência de revolvimento do solo e por esses sistemas promoverem o incremento de MO. Esses

ambientes tornam-se favoráveis para a ocorrência dessa ordem, já que esses organismos são saprófitas e utilizam os resíduos orgânicos como fonte de energia (BARETTA et al., 2011).

Já para a ordem Oligochaeta, o PD apresentou maior densidade de organismos, seguido de ILP e RE e com menores valores em FN e PA, tanto no verão quanto no inverno. Em um estudo realizado por Cordeiro et al., (2004) a frequência de minhocas foi favorecida nos tratamentos com maior teor de matéria orgânica e alta umidade, criando um microclima adequado para ocorrência desses organismos.

Como já comentado anteriormente, as práticas de uso com o mínimo revolvimento do solo favorecem a ocorrência não só desta ordem de minhoca, como das diferentes espécies da macrofauna, que são afetados direta e indiretamente pelo manejo do solo. Lourente et al., (2007) também encontraram maior densidade do grupo Oligochaeta nos sistemas com presença de resíduos na superfície, evidenciando a sensibilidade desses organismos à modificações de cobertura.

Outro fato importante é a maior frequência do grupo Myriapoda (Chilopoda, Diplopoda) em FN. A maioria dos Diplopodas são detritívoros, alimentam-se de material em decomposição (vegetação, madeira) e desempenham papel importante na fragmentação desses resíduos, participando do processo de formação do solo. Já os Chilopodas são predadores, alimentam-se de larvas de besouros, minhocas, entre outros organismos que são capturados vivos (BARROSO et al., 2001).

Assim, devido aos diferentes hábitos desses organismos, bem como a necessidade de nichos específicos para ocorrência e sobrevivência, segundo Baretta (2007) a maior diversidade e abundância desses

macroinvertebrados normalmente ocorrem em ambientes preservados, com menor grau de perturbação.

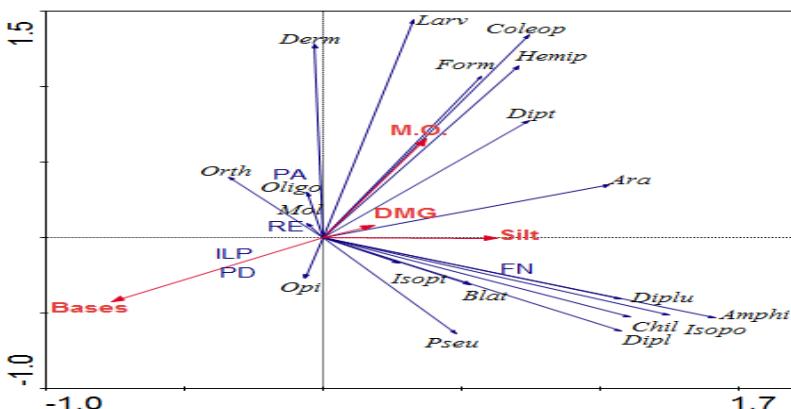
8.2.4 Análise de componentes principais (ACP).

As áreas da região sul no verão apresentaram uma diferenciação entre os sistemas de uso do solo, sendo que no primeiro eixo de variabilidade explicou 45% e no segundo 17,2%, totalizando 63% da variabilidade total dos dados. De modo geral, na FN ocorreu o maior número de indivíduos, representado pelas ordens: Blattodea, Diplura, Amphipoda, Chilopoda, Isopoda e Diplopoda. Nas áreas mais intensamente manejadas (ILP/PD) ocorreu uma baixa diversidade de organismos, por outro lado os sistemas PA e RE apresentaram maior número dos táxons Oligochaeta, Orthoptera e Molusca (Figura 20).

Em um estudo realizado por Baretta et al. (2010) comparando uma Floresta nativa de araucária com outras fitofisionomias, foram encontrados resultados semelhantes para ACP, separando a FN das outras áreas. A FN frequentemente apresenta melhor qualidade dos atributos físicos, químicos e biológicos, podendo essa melhoria estar relacionada com a diversidade florística de cada região. Segundo Baretta et al., (2008a) o tipo de cobertura vegetal influência na composição da serapilheira e a formação dos resíduos orgânicos, acarretando em alterações da densidade e diversidade dos macroinvertebrados do solo.

Figura 20 - Análise de Componentes Principais (ACP) discriminando a floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para primeira época de amostragem (verão), na região Sul de Santa Catarina. Os vetores em vermelho (

) representam os atributos físicos e químicos do solo. Em itálico encontram-se os principais grupos da macrofauna: Oligochaeta (oligo), Opiliones (Opi), Amphipoda (Amphi), Formicidae (Form), Coleoptera (Coleop), somatório de outras larvas (Larv), Molusca (Mol), Diplopoda (Dipl), Chilopoda (Chil), Isopoda (Isopo), Araneae (Ara), Isoptera (Isopt), Orthoptera (Orth), Hemiptera (Hemip), Blattodea (Blat), Diplura (Diplu), Dermaptera (Derm), Pseudoscorpionidae (Pseu) e Diptera (Dipt). (n=135).



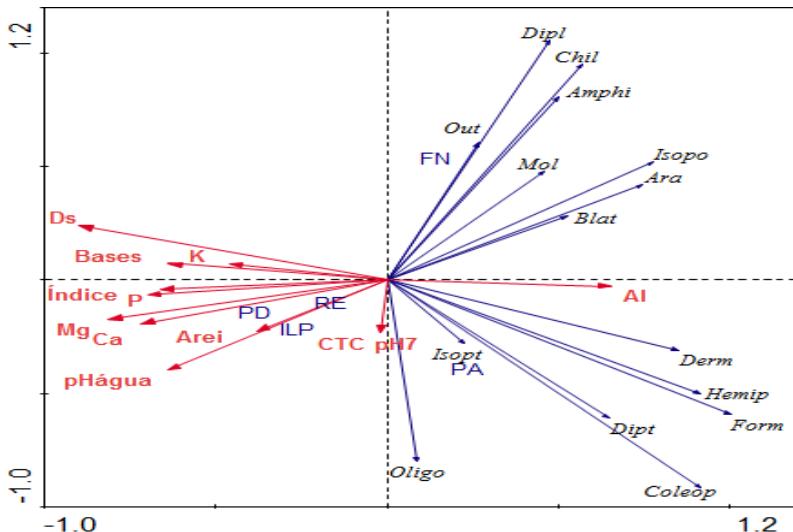
Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

Para a mesma região, porém no inverno, o primeiro eixo explicou 46,8% e o segundo eixo 30,5%, compreendendo uma variabilidade total dos dados de 77,3%. A distribuição da diversidade de organismos nos SUS foi semelhante a EP1, apresentando maiores valores da macrofauna edáfica para FN (Figura 21).

Figura 21 - Análise de Componentes Principais (ACP) discriminando a floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para segunda época de amostragem (Inverno), na região

Sul de Santa Catarina. Os vetores em vermelho (

) representam os atributos físicos e químicos do solo. Em itálico encontram-se os principais grupos da macrofauna: Oligochaeta (Oligo), Amphipoda (Amphi), Formicidae (Form), Coleoptera (Coleop), Molusca (Mol), Diplopoda (Dipl), Chilopoda (Chil), Isopoda (Isopo), Araneae (Ara), Isoptera (Isopt), Hemiptera (Hemip), Dermaptera (Derm), Diptera (Dipt), Blattodea (Blat) e somatório de outros grupos menos frequentes (Out). (n=135).



Fonte: Pesquisa do Autor (2014).

As áreas agrícolas (ILP/PD) tiveram o mesmo comportamento, apresentando menores valores dos atributos da macrofauna, juntamente com RE que na EP2 sofreu redução. Na área de PA o comportamento repetiu-se com relação ao grupo Oligochaeta (minhocas) apresentando forte correlação, bem como com o grupo Isoptera (cupim).

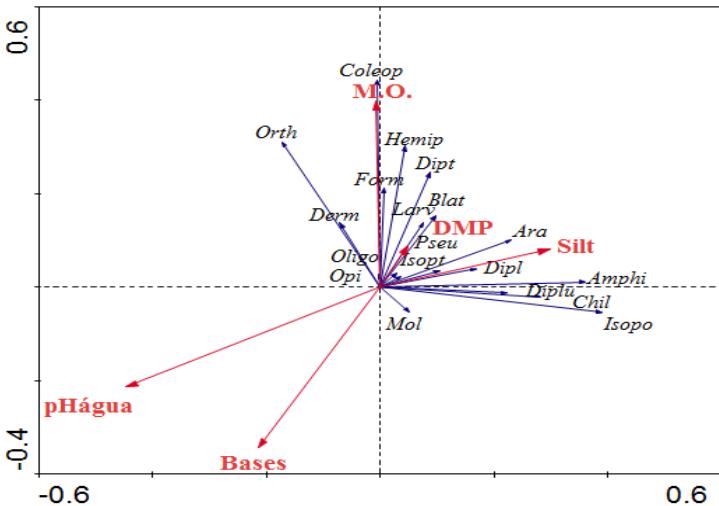
A maior correlação entre minhocas e o sistema Pastagem foi encontrado em um estudo realizado por Bartz, (2011) no norte do PR, mostrando claras consequências entre as diferentes práticas de manejo, refletindo numa maior associação do grupo às áreas de menor grau de perturbação (floresta e pastagem). Segundo Lavelle (1988) as áreas de PA podem apresentar 3 a 4 vezes maior número de minhocas do que as áreas cultivadas, porém vale ressaltar que ambientes homogêneos favorecem a densidade das espécies, mas podem apresentar menor diversidade das comunidades (ODUM, 1989).menor diversidade das comunidades (ODUM, 1989).

8.2.5 Análise de redundância (RDA).

Para a análise de redundância no verão dentre os atributos químicos e físicos analisados, os que apresentaram diferença estatística ($p<0,10$) foram: MO, DMP, Silte, pH-água e Bases. Da mesma forma como na região Leste na região Sul também houve relação entre alguns atributos físico-químicos e a abundância de grupos da macrofauna do solo.

De forma geral, os grupos Coleoptera, Oligochaeta, Orthoptera, Hemiptera, Diptera, Dermaptera apresentaram forte relação com a matéria orgânica do solo (M.O). Já os somatórios de Larvas, Blattodea, Isoptera e Pseudoscorpionidae ficaram mais correlacionados com o diâmetro médio ponderado de partículas (DMP). Em contrapartida, os táxons Araneae, Diplopoda, Amphipoda obtiveram resultados positivamente relacionados com o atributo físico Silte e baixa correlação com os atributos químicos pH-água e bases (Figura 22).

Figura 22 - Análise de Redundância (RDA) para os grupos de macrofauna (em itálico) e atributos físico-químicos do solo (em vermelho),na primeira época de amostragem (verão), na região Sul de Santa Catarina. Abreviações: Oligochaeta (oligo), Formicidae (Form), Coleoptera (Coleop), Opiliones (Opi), Dermaptera (Derm), somatório de outras larvas (Larv), Molusca (Mol), Pseudoscorpionidae (Pseu), Diplopoda (Dipl), Chilopoda (Chil), Isopoda (Isop), Araneae (Ara), Blattodea (Blat), Diplura (Diplu), Isoptera (Isopt), Orthoptera (Orth), Amphipoda (Amph), Hemiptera (Hemip), somatório de outros grupos menos frequentes (Out). Atributos químicos: bases, matéria orgânica (MO), pH-água e atributos físicos: DMP e Silte (Silt).



nte: Pesquisa do Autor (2014).

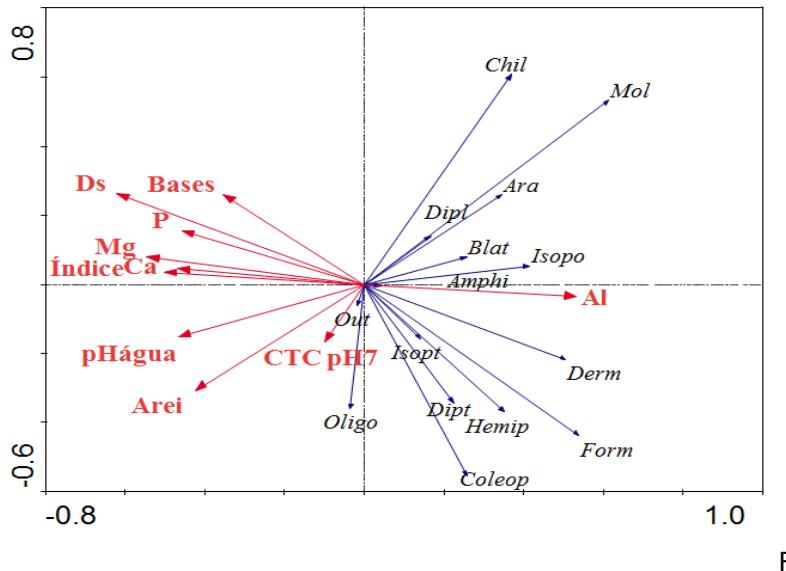
A matéria orgânica é um forte indicador da qualidade do solo (LIMA et al., 2007) e contribui para o processo de formação do solo, auxiliando estruturação das partículas e arranjos dos colóides. Vários estudos relatam a importância da M.O no solo, bem como sua relação com a macrofauna edáfica (LAVELLE, et al., 1993; CAMPANHOLA et al., 2002; DECÄENS et al., 2003; CORDEIRO et al., 2004; SILVA et al., 2006; SANTOS et al., 2008; RESENDE et al., 2013; CAMPOS et al., 2013; SILVA et al., 2013; ROSA, 2013; BARTZ et al., 2014).

Já para o inverno, o grupo Oligochaeta teve alta correlação com a CTC pH7,0, ao passo que as ordens Isoptera, Diptera, Hemiptera, Coleoptera, Dermaptera, Formicidae estiveram altamente relacionados com alumínio (Al) e apresentam baixa relação com os atributos pH-água, areia e CTC pH 7,0 (Figura 23).

A CTC do solo possui alta correlação com a MOS, onde solos com elevada CTC possuem alta reatividade,

podendo reter grandes quantidades de cátions (nutrientes) e maiores teores de matéria orgânica. Essas características evitam as perdas de nutrientes por lixiviação e esses ambientes com melhor estruturação favorecem a ocorrência da macrofauna edáfica. Como já relatado no item 8.3.2, o grupo Oligochaeta são sensíveis às condições de umidade, temperatura e teor de MO, sendo que esses parâmetros influenciam na composição desses organismos.

Figura 23 - Análise de Redundância (RDA) para os grupos de macrofauna (em itálico) e atributos físico-químicos do solo (em vermelho), na segunda época de amostragem (inverno), na região Sul de Santa Catarina. Abreviações: Oligochaeta (Oligo), Amphipoda (Amphi), Formicidae (Form), Coleoptera (Coleop), Molusca (Mol), Diplopoda (Dipl), Chilopoda (Chil), Isopoda (Isopo), Araneae (Ara), Isoptera (Isopt), Hemiptera (Hemip), Dermaptera (Derm), Diptera (Dipt), Blattodea (Blat) e somatório de outros grupos menos frequentes (Out). Atributos químicos: fósforo (P), magnésio (Mg), bases, cálcio (Ca), pH-água, CTC pH 7,0, alumínio (Al) e atributos físicos: densidade do solo (Ds) e areia (Arei)



onnte: Pesquisa do Autor (2014).

9 ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE MINHOCAS.

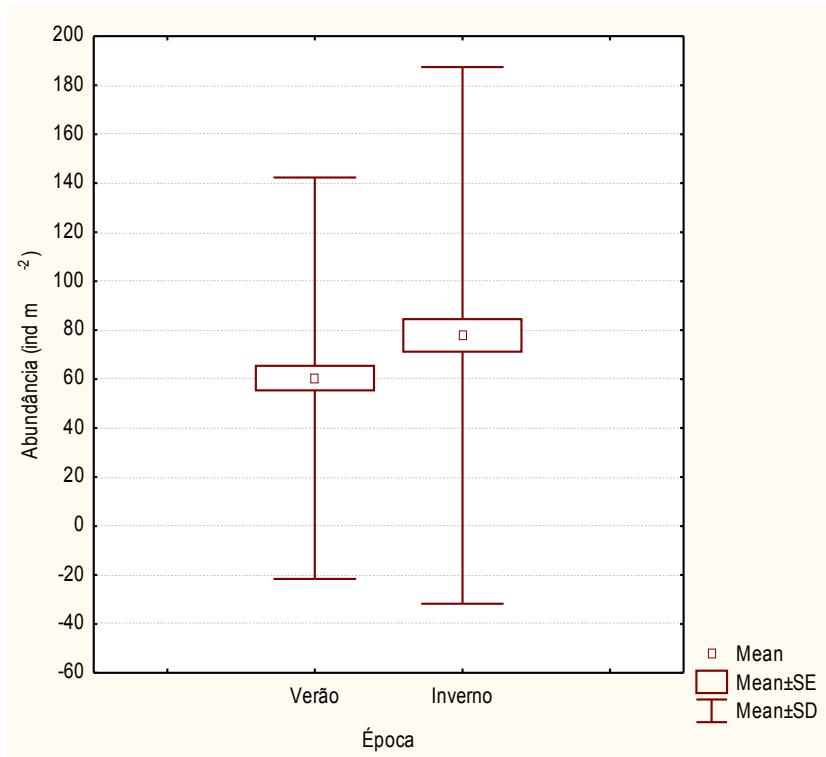
Para as duas regiões e épocas foram contadas e identificadas, considerando todos os sistemas de uso do solo 2332 minhocas utilizando o método TSBF. As figuras de 21 a 25 apresentam os resultados obtidos comparando os dados de abundância de minhocas entre as regiões Leste e Sul nas duas épocas contrastantes (inverno e verão), independente do SUS.

Não levando em consideração as regiões amostradas, de maneira geral não houve diferenças significativas entre as estações do ano. No inverno a população total de minhocas foi 1313 ind. e média de 77 ind.m² e no verão 1019 ind. e em média 60 ind.m² (Figura 24).

A maior densidade de minhocas no inverno pode ser atribuída ao maior teor de umidade do solo neste período. Segundo James & Brown (2008), o regime hídrico pode causar seleção específica na densidade desses organismos, uma vez que a disponibilidade de água no solo é fundamental para as atividades desenvolvidas pelas minhocas.

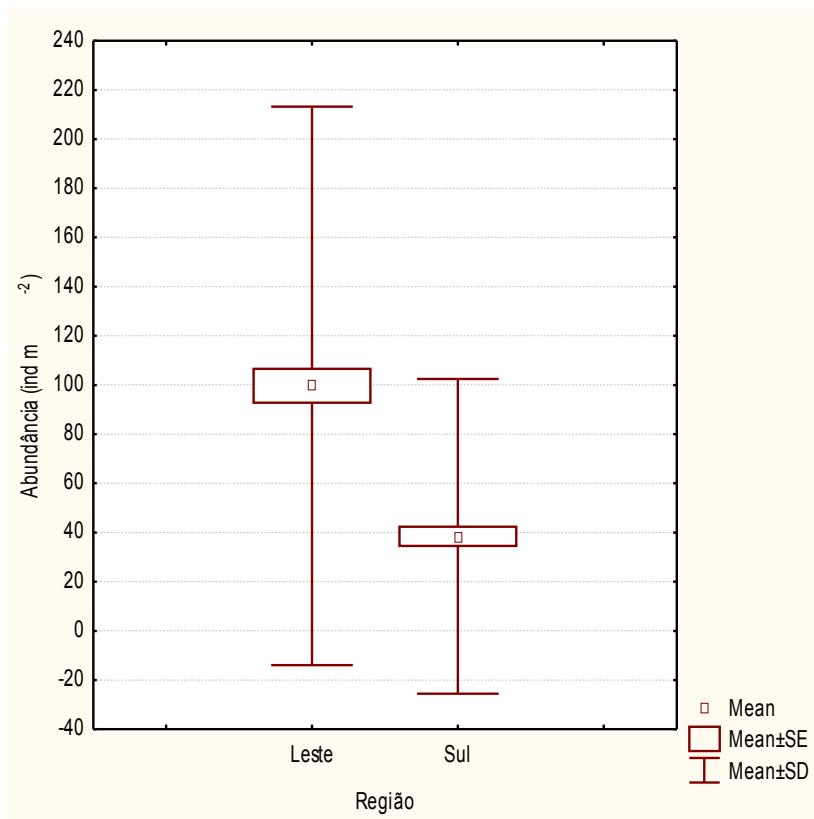
Já considerando apenas as regiões, foi observada na região Leste uma maior abundância de minhocas, com total de 1682 ind. e média de 99,7 ind.m². A região Sul do estado apresentou menor densidade, com total de 650 ind. e 38,6 ind.m² em média (Figura 25). A região Leste apresentou a maior abundância de minhocas nas duas épocas de amostragem (verão e inverno) quando comparado com a região Sul (Figura 26).

Figura 24 - Abundância média (ind.m^{-2}) de minhocas no inverno e verão independente da região e sistema de uso do solo no estado de Santa Catarina. [Abundância (ind.m^{-2}) KW-H(1;540) = 0,2393; $p = 0,6247$; $F(1;538) = 4,3809$; $p = 0,0368$]



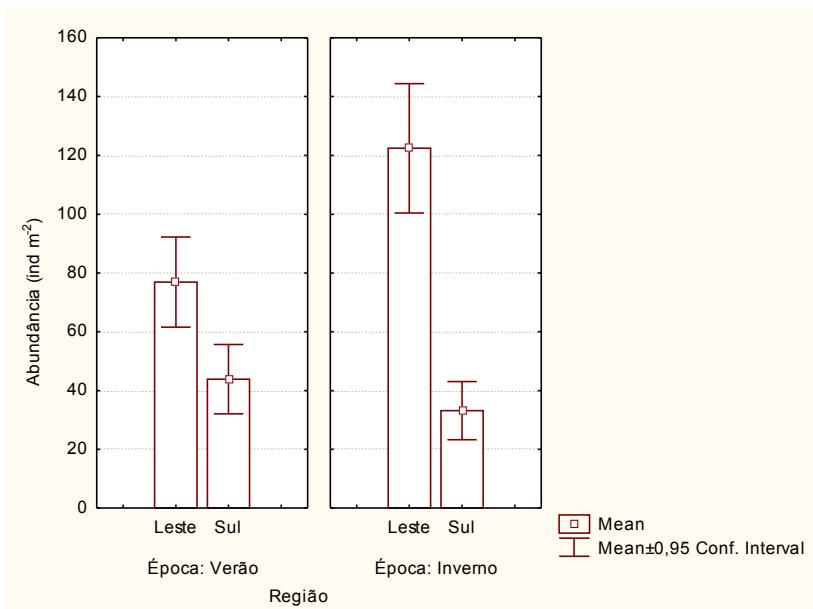
Fonte: BARTZ (2013).

Figura 25 - Abundância média (ind.m^{-2}) de minhocas independente da época de amostragem e sistema de uso do solo, nas regiões Leste e Sul no estado de Santa Catarina. [Abundância (ind.m^{-2}) KW-H(1;540) = 57,973; $p = 0,0000$; F(1;538) = 59,4611; $p = 0,0000$]



Fonte: BARTZ (2013).

Figura 26 - Abundância média (ind.m^{-2}) de minhocas no inverno e no verão, nas regiões Leste e Sul do estado de Santa Catarina.
 [Época: Verão Abundância (ind.m^{-2}): KW-H(1;270) = 14,5886; $p = 0,0001$; $F(1;268) = 11,418$; $p = 0,0008$; Época: Inverno Abundância (ind.m^{-2}): KW-H(1;270) = 46,5336; $p = 0,0000$; $F(1;268) = 53,5912$; $p = 0,0000$]

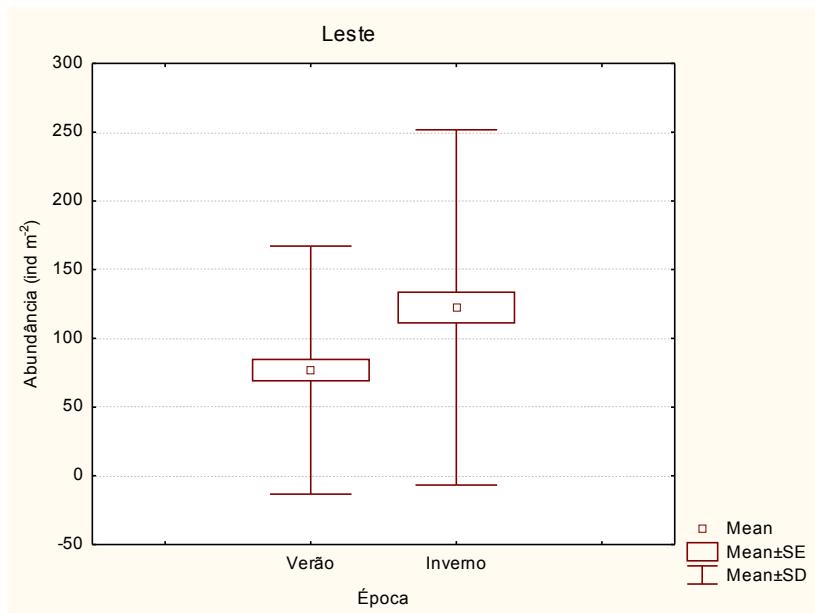


Fonte: BARTZ (2013).

Na região Leste o inverno apresentou a abundância mais elevada, com total de 1033 ind. e em média 61,2 ind.m^{-2} , enquanto no verão, a população de

minhocas caiu em torno de 40%, apresentando 649 ind. no total e em média 38,2 ind.m⁻²(Figura 27).

Figura 27 - Abundância média (ind. m⁻²) de minhocas no inverno e no verão, na região Leste do estado de Santa Catarina. [Abundância (ind m⁻²) KW-H(1;270) = 6,5226; p = 0,0107; F(1;268) = 11,2643; p = 0,0009]

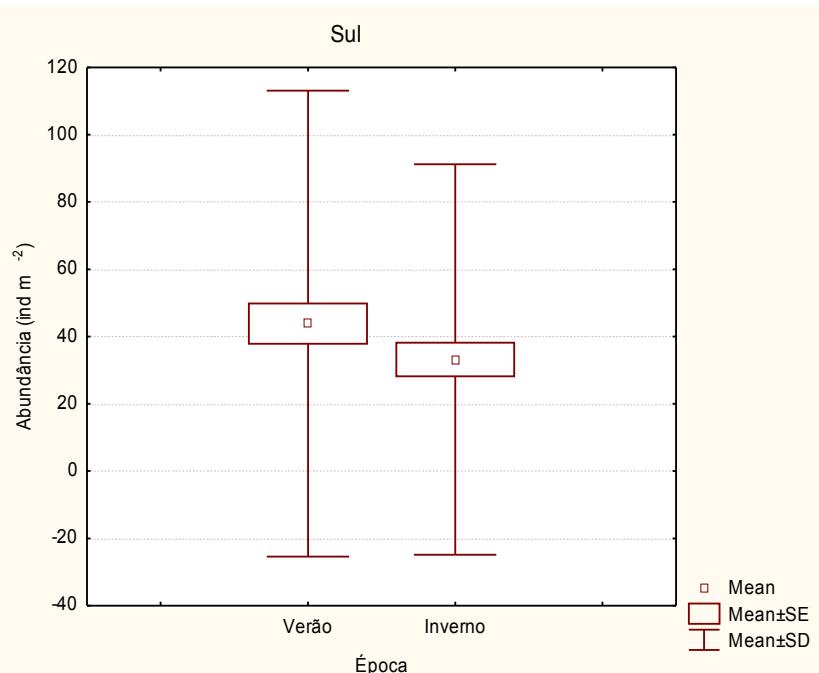


Fonte: BARTZ (2013).

Já para a região Sul as diferenças na abundância de minhocas entre as épocas de coleta não foi significativa, no entanto foi um pouco mais elevada no verão totalizando370 ind. com média de 21 ind.m⁻² em

comparação com o inverno que apresentou 280 no total e 16,6 ind.m⁻² (Figura 28).

Figura 28 - Abundância média (ind. m⁻²) de minhocas no inverno e no verão, na região Sul do estado de Santa Catarina. [Abundância (ind m⁻²) KW-H(1;270) = 2,7879; p = 0,0950; F(1;268) = 1,8806; p = 0,1714]

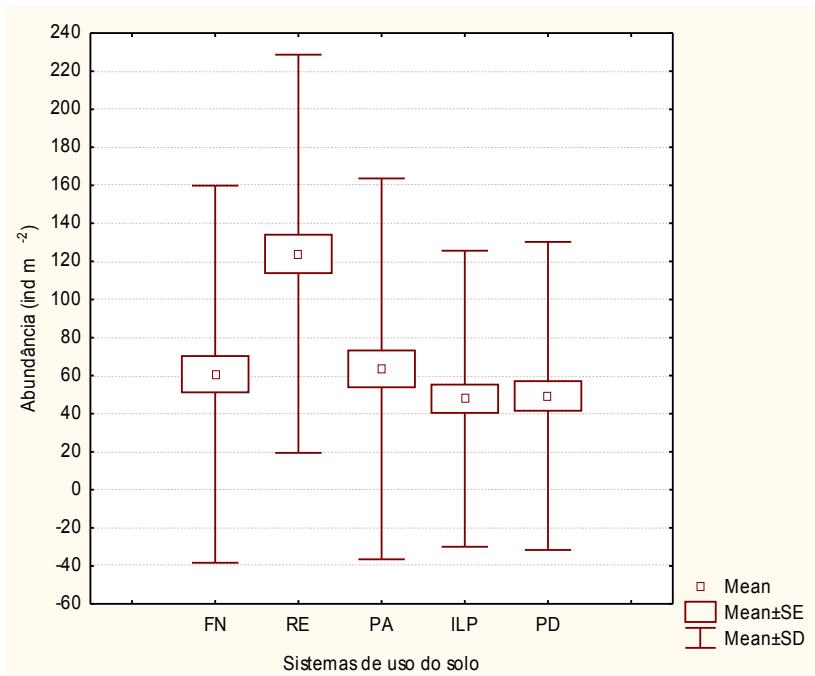


Fonte: BARTZ (2013).

Considerando as duas regiões (Leste e Sul), as duas épocas de amostragem (verão e inverno) e os SUS, foram observadas diferenças significativas entre os sistemas (Figura 29). A maior abundância de minhocas foi encontrada no RE quando comparado com os outros SUS.

Figura 29 - Abundância (ind.m⁻²) média de minhocas na floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), independente da região, no estado de Santa Catarina. [Abundância (ind m⁻²):

KW-H(4;540) = 56,9222; p = 0,0000; F(4;535) = 12,3026; p = 0,000000001]

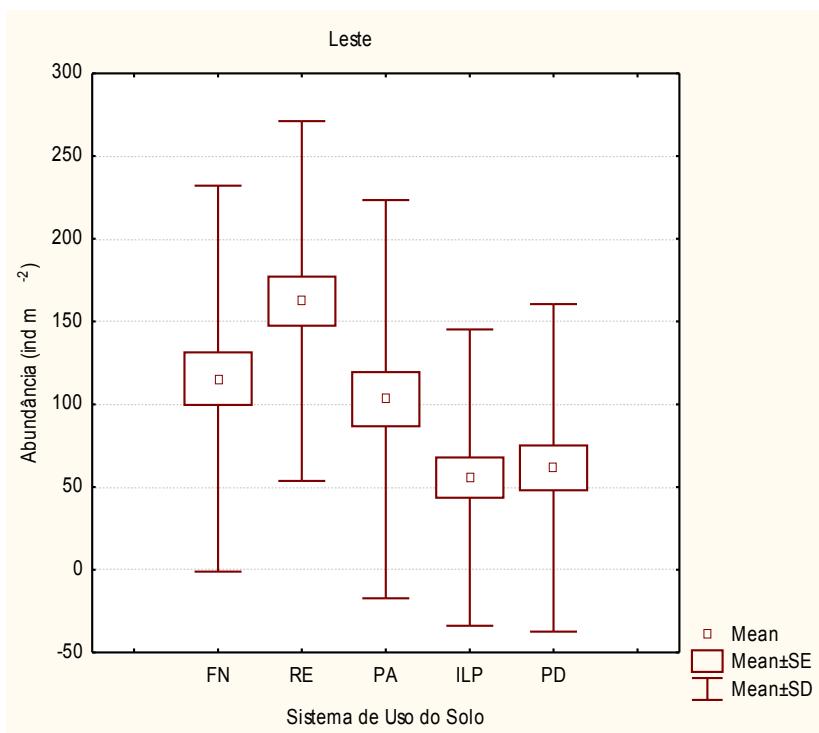


Fonte: BARTZ (2013).

Na região Leste a maior abundância também foi no sistema RE, seguido por FN>PA>PD>ILP. Apesar da alta abundância de espécies neste sistema, isso pode não ser um resultado positivo, pois geralmente a diversidade de organismos é baixa, ocorrendo

predominantemente uma espécie nessas áreas (Figura 30).

Figura 30 - Abundância (ind. m⁻²) média de minhocas na floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), independente da época de coleta, na região Leste no estado de Santa Catarina. [Abundância (ind m⁻²): KW-H(4;270) = 42,9625; p = 0,00000001; F(4;265) = 8,8652; p = 0,0000010]



Fonte: BARTZ (2013).

Na região Sul o SUS RE também apresentou os maiores valores de abundância, seguido de ILP, PD, PA e FN (Figura 31). Esses resultados podem ser atribuídos

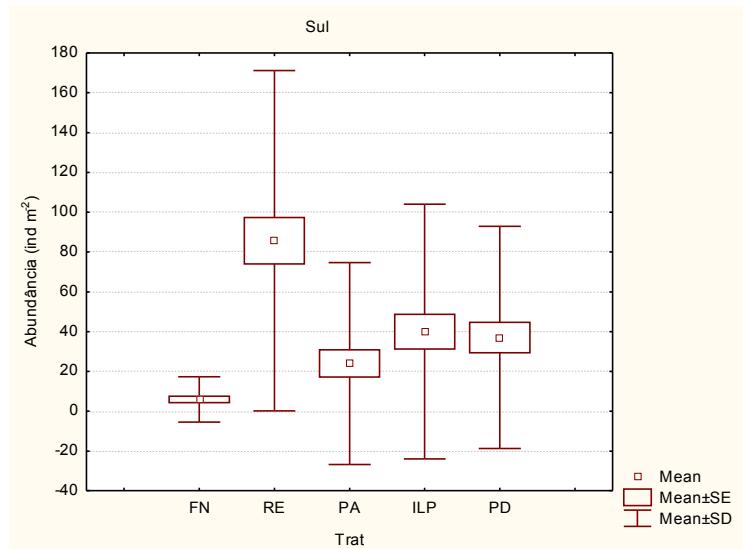
à deposição da serapilheira na superfície do solo, menores oscilações de temperatura e umidade do solo, uma maior ciclagem das folhas e resíduos orgânicos pela presença de sub-bosque, elevando os teores de matéria orgânica, favorecendo assim a maior ocorrência desses organismos.

Considerando todos os SUS e épocas de amostragem, no total foram identificadas 18 espécies de minhocas. Destas, 11 ocorreram na região Leste e 15 na região Sul. Sete espécies são comuns às duas regiões (*Pontoscolexcorethrurus*, *Ocnerodrilidae* sp.1, *Ocnerodrilidae* sp.3, *Dichogastergracilis*, *Bismastosparvus*, *Amyntasgracilis* e *Amyntascorticis*).

Na região Leste ocorreram quatro espécies exclusivamente (*Ocnerodrilidae* sp.6, *Lumbricidae* sp.1, *Metaphirecalifornica* e NI sp.1) e sete na região Sul (*Urobenusbrasiliensis*, *Fimoscolex* sp.5, *Ocnerodrilidae* sp.7, *Dichogasterbolaui*, *Dichogastersaliens*, *Lumbricidae* sp.2 e *Amyntas morrisi*). O gênero *Urobenus* é considerado um indicador de ambientes bem preservados ou com densa camada de matéria orgânica, ocorrendo geralmente em matas nativas (NUNES et al., 2007). A presença desta espécie já foi relatada em BARTZ et al., (2011) e recentemente Bartz et al., (2014) encontraram essa espécie em FN, ILP e PD em duas regiões de Santa Catarina (Oeste e Planalto) comparando os mesmos SUS no projeto SisBiota.

Figura 31 - Abundância (ind.m⁻²) média de na floresta nativa (FN),

reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), independente da época de coleta, na região Sul no estado de Santa Catarina. [Abundância (ind m^{-2}): KW-H(4;270) = 45,5772; $p = 0,000000003$; F(4;265) = 13,6979; $p = 0,0000$]



Fonte: BARTZ (2013).

A riqueza de espécies de minhocas encontradas nas regiões Leste e Sul de SC, assim como a densidade de cada uma e número total de espécies, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente

Tabela 2 - Densidade média (ind.m^{-2}) e diversidade de espécies de minhocas na floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração

lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Leste no estado de Santa Catarina

Famílias espécies



* Espécies marcadas em vermelho = exóticas; ** Espécies marcadas em verde = nativas; ***NI = não identificada e de origem incerta.

Fonte: BARTZ (2013).

Na região Leste, a maior diversidade de espécies foi observada em ILP e PA e na região Sul em ILP e PD, sendo essas duas últimas consideradas mais

antropizadas (Tabelas 01 e 02). Já a densidade dos organismos foi maior em RE e FN na região Leste, com alta predominância da espécie *Pontoscolex corethrurus* (Tabela 01) e na região Sul (Tabela 02) maior densidade também em RE, seguido de ILP.

As duas regiões se caracterizam pela predominância de espécies exóticas em todos os SUS. Na região Leste, das 11 sps. identificadas, uma foi considerada de origem incerta (NI sp.1) e das demais 70% são exóticas e 30% nativas. Na região Sul, das 15 sps. identificadas, 75% são exóticas e 25% nativas. A introdução de espécies exóticas pode causar supressão das espécies nativas, onde essas minhocas invasoras devido seu ciclo de vida degradam aos poucos a serapilheira, alterando os teores de nitrogênio e carbono do solo (SEIDL & KLEPEIS, 2011), porém esses mecanismos de dominância e supressão ainda não são claros devido a carência de estudos nesta área.

As frequências das espécies de minhocas nos SUS para cada região (Leste e Sul) são apresentadas nas Figuras 32 e 33. De maneira geral é bastante evidente a predominância de uma ou duas espécies em praticamente todos os SUS e em ambas as regiões.

Na região Leste, a espécie *Pontoscolex corethrurus* predominou em todos os SUS. Em FN RE, PA e PD esta espécie atingiu mais de 90% da população de minhocas. Em ILP chegou a menos de 50%, mas com presença significativa de *Ocnerodrilidae* sp.1, *Bimastusparvus* e *Metaphirecalifornica* (Figura 32).

Na região Sul *Pontoscolex corethrurus* predominou em 100% nos SUS RE e PA, e em FN quase 90%. As áreas agrícolas (ILP e PD) apesar da predominância de espécies exóticas apresentaram uma melhor distribuição das diferentes espécies e famílias encontradas. (Figura 33).

A espécie *Pontoscolex corethrurus* é popularmente conhecida como “minhoca mansa ou minhoca-rabo-de-escova”, foi descrita a primeira vez por Fritz Müller em 1857, que relatou a distribuição dessa espécie como a mais comum das minhocas do Brasil. De todas as minhocas brasileiras essa espécie tem sido a mais estudada e apesar de ser nativa é considerada peregrina, pois consegue adaptar-se a diversas condições ambientais, ocorrendo atualmente em quase todo o mundo, sendo que em alguns lugares pode ser considerada nociva ao ambiente (BROWN et al., 2006). Isso ocorre devido à grande tolerância dessa espécie a diferentes condições edafoclimáticas, podendo ocorrer em quase todos os tipos de ambientes. A facilidade com que se adapta e reproduz pode causar problemas na estruturação do solo, bem como afetar o crescimento das plantas e das comunidades de minhocas nativas (JAMES & BROWN, 2008). Esta facilidade de adaptação pode ser um problema do ponto de vista ecológico, uma vez que estes organismos apresentam uma boa capacidade de dispersão quando comparada com espécies nativas.

Apesar da importância das minhocas para as propriedades do solo e produtividade das plantas, poucos trabalhos com esta espécie são realizados no Brasil. A falta de chaves de identificação e experiência dos pesquisadores na identificação das espécies faz com que os estudos na taxonomia sejam limitados. É necessária maior pesquisa sobre a distribuição, biologia e estrutura das espécies de minhocas e participação de profissionais e alunos na área.

Tabela 3 - Densidade média (ind.m⁻²) e diversidade de espécies de minhocas na floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem

perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Sul no estado de Santa Catarina.

Famílias espécies Rhinodr

* Espécies marcadas em **vermelho** = exóticas; ** Espécies marcadas em **verde** = nativas.

Fonte: BARTZ (2013).

Figura 32 - Frequência relativa (%) das espécies de minhocas

floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Leste no Estado de Santa Catarina. Abreviações: Acor=*Amyntas corticis*, Agra=*Amyntas gracilis*, Bpar=*Bimastus parvus*, Dgra=*Dichogaster gracilis*, L dasp1= Lumbricidae sp 1, Mcal= *Metaphire californica*, NIsp1= não identificada sp1, Odaesp1= Ocnerodrilidae sp1, Odaesp3= Ocnerodrilidae sp3, Odaesp6= Ocnerodrilidae sp6, Pcor= *Pontoscolex corethrurus*.

Fonte: BARTZ (2013).

Figura 33 - Frequência das espécies de minhocas floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Sul no Estado de Santa Catarina. Abreviações: Acor= *Amyntas corticis*, Agra= *Amyntas gracilis*, Bpar= *Bimastus parvus*, Dgra= *Dichogaster gracilis*, Odaesp1= *Ocnerodrilidae* sp1, Odaesp3= *Ocnerodrilidae* sp3, Pcor= *Pontoscolex corethrurus*, Amor= *Amyntas morrisi*, Dbol= *Dichogaster bolaii*, Dsal= *Dichogaster saliens*, Fimsp5= *Fimoscolex* sp5, L dasp1= *Lumbricidae* sp1, Odaesp7= *Ocnerodrilidae* sp7, Ubra= *Urobenus brasiliensis*.

Fonte: BARTZ (2013).

Contudo, sugerimos que novos estudos sejam realizados em outros SUS, procurando novas espécies de minhocas, além de mais trabalhos relacionando os atributos físico-químicos e a macrofauna edáfica, pois como comprovamos no presente estudo a macrofauna edáfica responde de diferentes maneiras a esses parâmetros.

10 CONCLUSÕES.

A riqueza da macrofauna do solo foi maior nos sistemas floresta nativa, reflorestamento e pastagem, independente da época (inverno e verão) e região (Sul e Leste) do estado de Santa Catarina.

Os sistemas de uso e manejo do solo sugerem um gradiente de alteração em termos de composição da macrofauna edáfica, sendo que os sistemas mais manejados os que possuem menor diversidade e abundância de organismos.

Os grupos Hymenoptera: Formicidae (formigas), Coleoptera (besouros) e Oligochaeta (minhocas), foram os mais frequentes em todos os sistemas de uso do solo.

Na região Leste de Santa Catarina, os atributos físicos como matéria orgânica, macroporosidade e densidade do solo e químicos cálcio, fósforo e potássio apresentaram alta correlação com os grupos da macrofauna edáfica.

A região Leste também apresentou maior abundância de minhocas para as duas épocas, sendo o SUS RE com maior representatividade desses organismos.

Para a região Sul de Santa Catarina os teores de matéria orgânica, silte e alumínio são os parâmetros físico-químicos, respectivamente, que apresentaram alta correlação com os grupos da macrofauna edáfica.

Ao todo, considerando todos os SUS e épocas de amostragem, foram identificadas 18 espécies de minhocas. Destas 11 ocorreram na região Leste e 15 na região Sul. Sete espécies são comuns às duas regiões (*Pontoscolex corethrurus*, *Ocnerodrilidae* sp.1, *Ocnerodrilidae* sp.3, *Dichogaster gracilis*, *Bismastos parvus*, *Amynthas gracilis* e *Amynthas corticis*).

A espécie *Pontoscolex corethrurus* predominou em todos os SUS e em ambas as regiões Leste e Sul de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. C.; ALMEIDA, D.; ALVES, M. V. SCNEIDER, J.; MAFRA, A. L. BERTOL, I. Propriedades químicas e fauna do solo influenciadas pela calagem em sistema semeaduradireta. **Ciência Rural**, v.37, n.5, set-out, 2007.
- ALVARENGA, R.C.; NOCE, M.A. Integração lavoura-pecuária. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, p.16. 2005.
- ALVES, M. V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.5, n.1, p. 33-43, 2006.
- ALVES, M. V.; SANTOS, J. C. P. S.; GOIS, D. T. de.; ALBERTON, V.; BARETTA, D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.32, p.589-598, 2008.
- AQUINO, A.M. de; SILVA, R.F. da; MERCANTE, F.M.; CORREIA, M.E.F.; GUIMARÃES, M. de F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, v.44, p.91-97, 2008.
- 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**, v.16, n.4,p.407-417, 2006.

- ARAI, M.; TAYASU, I.; KOMATSUZAKI, M.; UCHIDA, M.; SHIBATA, Y.; KANEKO, N. Changes in soil aggregate carbon dynamics under no-tillage with respect to earthworm biomass revealed by radiocarbon analysis. **Soil & Tillage Research**, v. 126, p.42–49, 2013.
- ARIAS A. R. L.; BUSS D. F.; ALBURQUERQUE C.; INÁCIO A. F.; FREIRE M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA.; D.F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência e saúde coletiva**, v.12, p.61-72, 2007.
- AUMOND, J. J.; LOCH, C.; COMIN, J. J. Abordagem sistêmica e o uso de modelos para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.36, p.1099-1118, 2012.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; MAFRA, A.L.; WILDNER, L.P.; MIQUELLUTI, D.J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, p.97-106, 2003.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R. & KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de *Pinus* e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p. 715-729, 2005.
- BARETTA, D.; MAFRA, A.L.; SANTOS, J.C.P.; AMARANTE, C.V.T. & BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1675-1679, 2006.
- BARETTA, D.; MALUCHE-BARETTA, C. R. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Análise multivariada de atributos

microbiológicos e químicos do solo em florestas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2683-2691, 2008a.

BARETTA, D.; SEABRA F., C.; SOUSA, J. P.; NOGUEIRA C., E. J. B. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria agustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2693-2699, 2008b.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 2, p. 135-150, 2010.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C., GEREMIA, E.V.; OLIVEIRA- FILHO, L.C.L.; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In KLAUBERG – FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, LC. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.7, p. 141-192, 2011.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E.C.; WANELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v.47, p.273-280, 2003.

BARTZ, H.A., BARTZ, M.L.C., Bartz, J. A experiência pioneira de Herbert Bartz no Sistema Plantio Direto na Palha. In: **Anais do 12º Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha - Tecnologia que mudou a visão do produtor**. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, Foz do Iguaçu, p. 190, 2010.

BARTZ, H.A., BARTZ, M.L.C., Mello, I., Ralisch, R. Sistema de plantio direto é opção de sustentabilidade. **Visão Agrícola** (USP/ESALQ), v.10, p.46-48, 2012.

BARTZ, M.L.C. **Ocorrência e taxonomia de minhocas em agroecossistemas no Paraná, Brasil.** 2011. 175f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

BARTZ, M.L.C.; BROWN, G.G.; ROSA, M. G.; LOCATELLI, M.; JAMES, S.W.; BARETTA, D. Minhocas Urobenus sp.: das matas para as áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 1, p. 6-7, 2011.

BARTZ, M. L.C.; PASINI, A.; BROWN, G.G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, v. 69,p.39-48, 2013.

BARTZ, M. L. C. **Biodiversidade da macrofauna do solo em diferentes sistemas de manejo no estado de Santa Catarina.** Relatório de pós-doutorado. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação do Oeste, Chapecó SC. p.38, 2013.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G.; KLAUBERG-FILHO, O.; JAMES, S. W.; DECAËNS, T.; BARETTA, D. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**. prelo, 2014.

BATISTA, I. **Atributos edáficos e fauna do solo em áreas e integração lavoura-pecuária no bioma Cerrado,** Mato Grosso do Sul. Dissertação (Mestrado Ciência em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. p.100, 2011.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2008.

BERHE, F.T.; FANTA, A.; ALAMIREW, T.; MELESSE, A.M. The effect of tillage practices on grain yield and water use efficiency. **Catena**, p.128-138, 2013.

BLANCHART, E.; ALBRECHT, A.; ALEGRE, J.; DUBOISSET, A.; GILOT, C.; PASHANASI, B.; LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L. Effects of earthworms on soil structure and physical properties. In: Lavelle, P.; Brussaard, L. e Hendrix, P. (Ed.) - Earthworm management in tropical agroecosystems. **CAB International**, p. 149-172, 1999.

BROWN, G.G., JAMES, S.; PASINI, A.; NUNES, D.; BENITO, N.; MARTINS, P.T.; SAUTTER, K. Exotic, Peregrine, and Invasive Earthworms in Brazil: Diversity, Distribution, and Effects on Soils and Plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 339-358, 2006.

BROWN, G.G.; MASCHIO, W., FROUFE, L.C.M. Macrofauna do solo em sistemas agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR. Colombo: **Embrapa Florestas**, 51 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 184), 2009.

CAMPANHOLA, C. Compromissos internacionais: convenção sobre diversidade biológica. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J.R.R. (ed.). Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro, **Embrapa Solos**, v. 67, p.135-144, 2002.

CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M. de.; BARBOSA, D. S.; FARIA, L. N. do. SOUZA, W. P. de. Fauna edáfica

como bioindicadores de qualidade ambiental na nascente do rio São Lourenço, campo verde-MT, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 9, p. 067-082, 2012.

CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em floresta de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p.79, 2005.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, R.W. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v. 33, p.147-157, 2009.

CHAUVAT, M.; VOLKMAR, W. Response of soil biota to manipulation of collembolan biomass. **European Journal of Soil Biology**, v.60, p.53-57, 2014.

COMOR, V.; MADHAV, P.; THAKUR, M. P.; BERG, M. P.; BIE, S.de.; PRINS, H. H. T.; LANGEVELDE, F. V. Productivity affects the densitybody mass relationship of soil faunacommunities. **Soil Biology & Biochemistry**, v.60,p.203-211, 2014.

CORDEIRO, F. C.; DIAS, F. C.; MERLIM, A. de O.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M. de; BROWN, G.G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. **Revista Universidade Rural**, v. 24, p. 29-34, 2004.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA , L.C.M. Fauna do solo: Aspectos Gerais e Metodológicos. Seropédica: **Embrapa**

Agrobiologia. (Embrapa Agrobiologia Documentos, 112), p.46, 2000.

CURRY, J.P., & GOOD, J.A. Soil fauna degradation and restoration. **Advanced Soil Science**, v.17, p.171-215, 1992.

DECAËNS, T.; MARIANI, L., BETANCOURT, N.; JIMÉNEZ, J.J. Seed dispersion by surface casting activities of earthworms in Colombian grassland. **Acta Oecologica**, v.24, p.175-185, 2003.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; CELEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for sustainable environment. **Soil Science Society of America**, p.3-21, 1994.

EMBRAPA. Sistemas brasileiros de classificação de solos. 3 ed. ver. ampl. Brasília: **Embrapa**, p.353, 2013.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Evolução da área cultivada em plantio direto – Disponível em:

<http://www.febrapdp.org.br/download/ev_plantio_brasil.pdf> Acesso em: 19 mar. 2014.

FRAGOSO, C.; BROWN, G.G.; PATRÓN, J.C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 17–3, 1997.

GARAY, I. Relations entre l' hétérogénéité des litières et l'organisation des peuplements d'arthropodes edaphiques. **Pub. Lab. Zoo**, v.35, p.192, 1989.

HERNÁNDEZ-CASTELLANOS, B. **Modificaciones químicas de cuatro suelos de diferentes localidades de Veracruz, por dos espécies de lombrices (*Pontoscolex corethrurus* y *Glossoscolecidae* sp.)** Tese. Universidad Veracruzana, Xalapa de Enríquez, Veracruz, p.67, 2000.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.145 – 154, 1999.

JAMES, S.W.; BROWN, G.G. Ecologia e diversidade de minhocas. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Orgs.). **Biodiversidade do solo em Ecossistemas Brasileiros**. Lavras: Ed. UFLA, p. 193-276, 2008.

JENNY, H. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. New York: **Dover Publications**, p.281, 1994.

JOUQUET, P., P. BARRÉ, M. LEPAGE & B. VELD. Impact of subterranean fungus-growing termites (Isoptera, Macrotermitiane) on chosen soil properties in a West African Savanna. **Applied Soils Biology**, v.5. p.365-370, 2005.

JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; BOTTINELLI, N.; TRAORÉ, S. Potential of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for identifying termite species. **European Journal of Soil Biology**, v.60, p.49-52, 2014.

KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J.C. et al. Pedologia: Fundamentos. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1-20,2014.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; NETO, D.D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**. Piracicaba, São Paulo, v.57, p.97-104, 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. Integração Lavoura-Pecuária. Santo Antonio de Goiás (Ed.). **Embrapa Arroz e Feijão**, p.570, 2003.

LAL, R.; PIERCE, F.J. The vanishing resource. In: LAL, R.; PIERCE, F.J. (Eds) Soil management for sustainability. Ankeny: **Soil and water conservation society**, p. 1-5, 1991.

LABELLE , P. Assessing the abundance and role of invertebrate communities in tropical soils: aims and methods. **Journal of African Zoology**, v.102, p.275-283, 1988.

LABELLE, P. The soil system in the humid tropics. **Biology International**, v. 9, 1993.

LABELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p. 130-150, 1993.

LABELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem functions. **Advances in Ecological Research**, v.27, p. 93-132, 1997.

LABELLE, P.; SPAIN, A.V. Soil ecology. **Dordrecht: Kluwer Academic**, p.654, 2001.

- LABELLE, P. Participatory assessment of macrofaunal functional groups for rehabilitation and improved productivity of pastures, cropland and horticulture. In: BUNNING, J.; JIMÉNEZ, J.J. Indicators and assessment of soil biodiversity/soil ecosystem functioning for farms and governments. **Soil Erosion and Biodiversity**, p.119, 2003.
- LABELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.3–15, 2006.
- LEBRUN, P. H. Quelques réflexions sur les rôles exercés par la faune édaphique. **Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol**, v.24. p. 495-502, 1987.
- LEPS, J.; SMILAUER, P. **Multivariate analysis of ecological data**. Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia Ceské Budejovice, p.110. 1999.
- LIMA, H. V. de; OLIVEIRA, T. S. de; OLIVEIRA, M. M. de, MENDONÇA, E. de S.; LIMA, J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1085-1098, 2007.
- LIMA, A.C.R.; BRUSSAARD, L.; TOTOLA, M.R.; HOOGMOED, W.B.; GOEDE, R.G.M. de. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. **Applied Soil Ecology**, v.64, p.194-200, 2013.
- LOURENT, E.R.P.; SILVA, R.F.; SILVA, D.A.; MARCHETTI, M.E. MERCANTE, F.M. Macrofauna edáfica e sua interação com os atributos químicos e

físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo do solo. **Acta ScienceAgronomical**, v.29, p. 17-22, 2007.

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**, v.46, p.1269-1276, 2011.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MAFRA, M.S.H.; CASSOL, P.C.; MIQUELLUTI, D.J.; ERNANI, P.R.; GATIBONI, L.C.; FERREIRA, E.Z.; BARROS, M.; ZALAMENA, J.; GROHSKOPF, M.A. Atributos químicos do solo e estado nutricional de videira Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) na Serra Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.10, p.44-53, 2011.

MARCHÃO, R.L. **Integração lavoura - pecuária num latossolo do Cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, p.154,2007.

MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L. C.; VILELA L.; BECQUER, T.. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p.1011-1020, 2009a.

MARCHÃO, R.L.; BECQUER, T.; BRUNET, D.; BALBINO, L.C.; VILELA, L.; BROSSARD, M. Carbon and nitrogen stocks in a Brazilian clayey Oxisol: 13-year

effects of integrated crop livestock management systems. **Soil & Tillage Research**, v.103, p.442-450, 2009b.

MELO, F.V.; BROWN, G.G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J.N.C.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS, J.W.; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim informativo da SBCS**, p. 38-43, 2009.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá-MG. **Cerne**, v.12, p.211-220, 2006.

MENEZES, L.A.S.; LEANDRO, W.M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v 34, p.173-180, 2004

MOÇO, M. K. E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. & PEREIRA, H.S. Organismos do solo em ecossistemas tropicais: um papel chave para o Brasil na demanda global pela conservação e uso sustentado da biodiversidade. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. & BRUSSAARD, L., eds. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Universidade Federal de Lavras, p.13-42, 2008.

NASCIMENTO, R.S.; CARVALHO, N. L. de. Integração lavoura-pecuária. **Monografias ambientais**,v. 4, p.828-847, 2011.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C.

Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.237-247, 2008.

NUNES, D.H.; PASINI, A.; BENITO, N.P.; BROWN, G.G., Minhocas como bioindicadoras da qualidade ambiental, Um estudo de caso na região de Jaguapitã, PR, Brasil. In: BROWN, G.G.; Fragoso, C. (Orgs.). Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia. Londrina: **Embrapa Soja**, p. 467-480, 2007.

ODUM, E.P. Ecologia. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, p.43, 2007.

OKSANEN, J., KINTDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H. ; WAGNER, H. **Vegan: Community Ecology Package**, 2009.

PAULI, N.; BARRIOS, E.; CONACHER, A.J.; OBERTHÜR, T. Soil macrofauna in agricultural landscapes dominated by the Quesungual Slash-and-Mulch Agroforestry System, western Honduras. **Applied Soil Ecology**, v. 47, p. 119-132, 2011.

PARFITT, J.M.B.; TIMM, L.C.; PAULETTO, E.A.; SOUSA, R.O.; CASTILHOS, D. D.; ÁVILA, C.L. & RECKZIEGEL, N.L. Spatial variability of the chemical, physical and biological properties in lowland cultivated with irrigated rice. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 819-830, 2009.

PARR, C.L.; ANDERSEN, A.N.; CHASTAGNOL, A. ; DUFFAUD, C. Savanna fires increase rates and distances of seed dispersal by ants. **Oecologia**, v.151, p.33-41, 2007.

PAULINO, P.S.da. **Atributos físicos como indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no estado de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, p.93, 2013.

PEREIRA, J. M.; BARETTA, D.; BINI, D.; VASCONCELLOS, R. L. F.; CARDOSO, E. J. B. N. Relationships between microbial activity and soil physical and chemical properties in native and reforested *Araucaria angustifolia* forests in the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.572-586, 2013.

PIMENTEL, M. S.; CARVALHO, R. C.; MARTINS, L. M. V.; SILVA, V. L. S.da. Seasonal response of edaphic bioindicators using green manure in Brazilian semi-arid conditions. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 42, p.829-836, 2011.

PORTILHO, I. I. R; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F. da; SALTON, J. C; MERCANTE, F. M.; Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p.1310-1320, 2011.

RESENTE, A. S. de; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, G. T. A.; RODRIGUES, K. M.; OLIVIERA, W. R. D. de; CORREIA, M. E. F. Artropodes do solo durante o processo de decomposição da matéria orgânica. **Agronomía Colombiana**, v.31, p. 89-94, 2013.

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

RODRIGUES, K. M. de. **Variabilidade espacial de atributos químicos, físicos e biológicos em voçoroca vegetada no município de Pinheiral-RJ.** Dissertação (Mestrado Ciência em Agronomia) –Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p.83, 2010.

ROSA, M. G. **Macrofauna em diferentes sistemas de uso no oeste e planalto catarinense.** Dissertação (Mestrado Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, p.131, 2013.

ROVEDDER, A.P.; ANTONIOLLI, Z.I.; SPAGNOLLO, E.; VENTURINI, S. Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região Sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista de ciências agroveterinárias**, v. 3, p. 87-96, 2004.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M. & BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, p.11-21, 2008.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M. da; MARCÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n. 1, p. 115-122, 2008.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT, A.A. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: perdas de água e solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v.24, p.427-436, 2000.

SEIDL, D. E.; KLEPEI, P.; Human Dimensions of Earthworm Invasion in the Adirondack State Park. **Human Ecology**, v. 39, p.641-655, 2011.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H. & BURGER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, v.138, p.335-356, 2000.

SILVA, F.A.S. The ASSISTAT Software Statistical Assistance In: Sixth International Conference on Computers in Agriculture. Cancun, Mexico: **Annals of the American Society of Agricultural Engineers**, v.1. p.294-296, 1996.

SILVA, F. S.; AQUINO, A. M. de.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, p. 697-704, 2006.

SILVA, R. F. da; SAIDELLES, F. L. F.; VASCONCELLOS, N. J. S. de; WEBBER, D. P.; MANASSERO, D. Impacto do fogo na comunidade da fauna edáfica em florestas de *Eucaliptus grandis* e *Pinus taeda*. **Current Agricultural Science and Technology**, v.17, 2011.

SILVA, R. F. da; CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; SANTI, A. L.; STEFFEN, R. B. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, 2013.

SIQUEIRA, NETO, M.; PICCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C. & BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos

do solo no Cerrado. **Acta Science Agronomica**, v.31, p.709-717, 2009.

STORK, N E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.7, p.38-47, 1992.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford: Blackwell, **Studies in Ecology**, v.5, p.372, 1979.

TER BRAAK, C.J.F. & SMILAUER, P. CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for canonical community ordination (version 4), **Microcomputer Power**, 1998.

TIBAU, A.O.; Matéria orgânica e fertilidade do solo. São Paulo, **Nobel**, p.172, 1978.

VELASQUEZ, E., LAVELLE, P., ANDRADE, M. Multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology & Biochemistry**, v.39, p.3066–3080, 2007.

VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES M. F; MARTINS, E. S.; BECQUER, T. Fertility and acidity status of latossolos (oxisols) under pasture in the Brazilian Cerrado. **Academia Brasileira de Ciências**, v.82, p.1085-1094, 2010.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), p.195, 2001.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. O solo como sistema. Curitiba: **Ed. dos autores**, p.104, 2011.

WARDLE, D.A. & LABELLE, P. Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. In: CADISCH, G. & GILLER, K.E., eds. Driven by nature: Plant litter quality and decomposition. Cambridge: **CAB International**, p.107-124, 1997.

WHITE, R.E. Princípios e práticas da ciência do solo – O solo como recurso natural. 4 ed. São Paulo: **Organização Andrei Editora Ltda**, p.426, 2009.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos Edáficos como Indicadores da Qualidade Ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.4, p.60-71, 2005.

ZANETTE, S. V.; SAMPAIO, S. C.; SILVESTRE, M. G.; BOAS, M. A. V.; URIBE-OPAZO, M. A.; QUEIROZ, M. F. de. Análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.239-247, 2007.