

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DOSES DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NAS CULTURAS DE MILHO,
AVEIA E SOJA E SUAS INFLUÊNCIAS SOBRE A MESO E MACROFAUNA**

DINEIA TESSARO

CASCAVEL - Paraná - Brasil

Fevereiro – 2013

DINÉIA TESSARO

**DOSES DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NAS CULTURAS DE MILHO,
AVEIA E SOJA E SUAS INFLUÊNCIAS SOBRE A MESO E MACROFAUNA**

Tese apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Engenharia Agrícola em
cumprimento parcial aos requisitos para
obtenção do título de Doutora em Engenharia
Agrícola, área de concentração em Recursos
Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador
Prof. Dr. Silvio César Sampaio

CASCADEL - Paraná - Brasil

Fevereiro – 2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Biblioteca Central do Campus de Cascavel – Unioeste

Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

T323d Tessaro, Dinéia
Doses de água residuária da suinocultura nas culturas de milho, aveia e soja e suas influencias sobre a meso e macrofauna. / Dinéia Tessaro — Cascavel, PR: UNIOESTE, 2013.
101 f. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Silvio César Sampaio
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola,
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

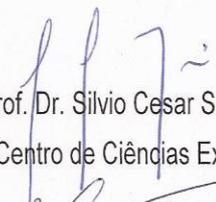
1. Fauna edáfica. 2. Suinocultura – Água residuária. 3. Suinocultura - Dejetos. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21. ed. 631.86

DINÉIA TESSARO

**"DOSES DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NAS CULTURAS DO MILHO,
AVEIA E SOJA E SUAS INFLUÊNCIAS SOBRE A MESO E MACROFAUNA"**

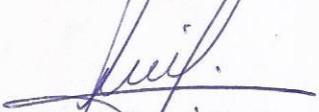
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação "*Stricto Sensu*" em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador:  Prof. Dr. Silvio Cesar Sampaio

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

 Prof. Dr. Maurício Vicente Alves

PNPD/CAPES/UTFPR

 Prof. Dr. Luiz Antônio de Mendonça Costa

Bolsista EV1- CNPq

 Profª. Drª. Monisa Sarolli Silva de Mendonça Costa

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

 Prof. Dr. Luiz Francisco Angeli Alves

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, UNIOESTE

BIOGRAFIA RESUMIDA

Dinéia Tessaro, nascida em 28/10/1982, natural de Guaraniaçu, Paraná. Graduada em Ciências Biológicas, modalidade Licenciatura (2004) e Bacharel (2006) pela UNIOSTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Especialista em Docência no Ensino Superior pela FAG – Faculdade Assis Gurgacz em 2007. Mestre em Engenharia Agrícola na área de concentração de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UNIOSTE (2009). Atualmente, doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná e professora na UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

À minha mãe Diva,
ao meu pai Nadir (*in memoriam*)
e à minha irmã, Andréia Tessaro,
exemplos de vida e luta,
cujo amor e dedicação elevam-me
a cada instante.

A você, meu pai, dedico este
título.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e pelas pessoas especiais que colocou em meu caminho durante o curso de doutorado;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *Campus* de Cascavel, em especial ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pelo apoio e pela oportunidade de realização do curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela disponibilização da bolsa de estudos;

Ao Professor Silvio César Sampaio, pela orientação, compreensão, incentivo, amizade e confiança;

À UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela disponibilização do laboratório de Zoologia para a identificação dos organismos;

À professora Lúcia Helena Pereira Nóbrega, por ter disponibilizado o Laboratório de sementes para as análises físicas do solo;

Aos Professores, Silvio César Sampaio, Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa, Lúcia Helena Pereira Nóbrega, Miguel Angel Uribe Opazo, Simone Damasceno Gomes, Luís Antônio de Mendonça Costa, pela dedicação e transposição dos conhecimentos durante a realização dos créditos;

Ao Professor Luís Francisco Angeli Alves, por sanar dúvidas quanto à metodologia e ter se mostrado grande incentivador de minha pesquisa;

À professora Adriana Maria de Aquino, pela presteza em auxiliar-me no planejamento e coleta de dados;

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Vera Celita Schmidt, pela constante disposição em ajudar e sanar as dúvidas;

Ao colega Jonathan Dieter, pela ajuda na instalação do experimento e coletas de campo;

À minha mãe e minha irmã, que tanto me auxiliaram na condução do experimento em campo;

Aos professores Pitágoras Augusto Piana e Jonathan Dieter, pelo auxílio com as análises estatísticas;

Aos meus amigos Diana, Juliana, Lari, Dani, Priscila, Dilcemara, Cristiane, Denise, Adriana, Thaisa, Shaiane, Nathalie, Ana Maria, Lisdeferson, Wagner, Douglas, Fernanda e Jucelaine por terem feito parte deste momento tão importante da minha vida e tornado menos cansativos e mais coloridos os dias exaustivos de identificação. Agradeço pela amizade, confiança, incentivo, companheirismo, dedicação e, principalmente paciência;

Aos amigos Fernanda, Jucelaine, Jéssica, Manu, Nathi, Priscila e Ricardo por suportarem meus momentos de crise e também por compartilharem momentos de alegria;

A todos os colegas do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela colaboração e pelos momentos compartilhados no decorrer do curso;

À minha família pela compreensão, ajuda, carinho, incentivo e paciência durante este período e toda a minha vida;

A uma das pessoas mais importantes da minha vida que não pôde permanecer entre nós e, compartilhar a alegria deste momento. A você, pai, meu exemplo, minha força, meu eterno incentivador, este título é seu;

Finalmente, a todos que colaboraram para a concretização deste trabalho e conclusão do curso de doutorado em Engenharia Agrícola.

SUMÁRIO

RESUMO	vix
ABSTRACT	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Reúso de água na agricultura	4
3.2 Suinocultura	6
3.2.1 Produção e caracterização dos dejetos de suínos	6
3.3.1 Microfauna	11
3.3.2 Mesofauna	12
3.3.3 Macrofauna	13
3.3.4 Uso do solo e impactos sobre a meso e macrofauna do solo	14
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Localização e caracterização da área experimental	18
4.2 Instalação do Experimento	18
4.2.1 Descrição dos tratamentos e composição química do efluente	18
4.2.2 Coleta e análise dos atributos químicos e físicos do solo	21
4.3 Coleta e análise da fauna edáfica	34
4.4 Análise dos Dados	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Dados climatológicos	39
5.2 Temperatura e umidade	30
5.3 Características físicas do solo	32
5.4 Produção de matéria seca	34
5.5 Características químicas do solo	35
5.6 Organismos edáficos - Análise de correspondência e de espécie indicadora	39
5.7 Índices de medidas repetidas	50
5.8 Índices ecológicos de diversidade	54

5.9 Análise de correlação canônica	60
6 CONCLUSÃO	65
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

EFEITO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA SOBRE A MESO E MACROFAUNA DO SOLO CULTIVADO COM MILHO, AVEIA E SOJA

RESUMO: A suinocultura é uma prática econômica comum na região Sul do País, incluindo a região Oeste do Paraná, todavia, gera grande quantidade de dejetos, com elevado poder poluente. Esses são, comumente, lançados ao solo como fertilizantes; aumentam a fertilidade dos solos, proporcionam maior produtividade das culturas, embora possam trazer riscos ao ambiente quando manejados de maneira inadequada, tais como prejuízos à fauna edáfica, importante constituinte do solo. Por essa razão, foi estabelecido como objetivo deste trabalho avaliar os níveis de tolerância da fauna edáfica pela aplicação de diferentes doses de água residuária da suinocultura (ARS) e os efeitos sobre a abundância e a diversidade de organismos representados pela meso e macrofauna. O experimento foi conduzido no município de Campo Bonito – PR, em área agrícola submetida ao manejo de plantio direto há 13 anos. Foram instaladas 21 parcelas experimentais de 25 m², nas quais foram cultivados milho, aveia e soja em períodos distintos. Foram avaliados sete tratamentos: 0, 50, 100, 150 e 200 m³ ha⁻¹ de água residuária da suinocultura proveniente de esterqueira e um tratamento utilizando fertilizantes químicos, de acordo com as recomendações agronômicas de cada cultura. O sétimo tratamento corresponde às parcelas instaladas em área de vegetação nativa remanescente. A fauna edáfica foi avaliada pelo método do *Tropical Soil Fertility Biology* (TSBF), extrator de Berlese-Tullgren e armadilhas *Pitfall*. Os organismos coletados foram classificados em nível de ordem e os resultados obtidos avaliados pela estatística multivariada, de acordo com a técnica de análise de correlação (CA), índices de medidas repetidas e índices de diversidade de Shanon, Equitabilidade de Pielou e Riqueza de grupos. A relação entre a ecologia da fauna e os atributos químicos do solo foi determinada pela análise de correspondência canônica (ACC). De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que a aplicação da água residuária de suinocultura armazenada em esterqueira afetou negativamente a fauna edáfica em doses superiores a 100 m³ ha⁻¹, porém a dosagem de 100 m³ ha⁻¹ favorece maior semelhança em abundância de organismos com a área de mata. Verificou-se que, as ordens amostradas a seguir caracterizam a área de mata sob as condições avaliadas: Collembola, Hymenoptera, Aranae, Diptera, Acari, Hemiptera, Diplura, Protura e Oligochaeta, enquanto a ordem Coleoptera caracteriza as áreas agricultáveis e fertilizadas com água residuária da suinocultura. Os resultados encontrados demonstraram ainda que a fauna edáfica tem sua abundância afetada sazonalmente bem como pela composição química do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Fauna edáfica, efluentes líquidos da suinocultura, dejetos suíno

EFFECT OF SWINE WASTEWATER ON MESO AND MACROFAUNA OF A SOIL CROPPED WITH CORN, BLACK OATS AND SOYBEAN

ABSTRACT: The swine production is an economic and common management in the Southern region of Brazil, including Paraná Western area. It has also been producing great amounts of waste with high-polluting level, which are commonly loaded into soil as fertilizer in order to increase soil fertility and provide higher crop yields. Such wastes can cause environmental problems when managed improperly, such as loss to soil fauna, an important constituent of soil. Thus, this study aimed at evaluating the tolerance levels of soil fauna by applying different swine wastewater (SWW) doses and the effects on abundance and diversity of meso and macrofauna organisms. The trial was carried out in Campo Bonito-PR, in an agricultural area that has been submitted to a non-tillage management for 13 years. Twenty one 25 m² plots were set where corn, black oats and soybeans were cropped in different periods. Seven treatments were recorded as: 0, 50, 100, 150 and 200 m³ ha⁻¹ from swine wastewater from a lagoon and there was a treatment using chemical fertilizers, according to the agronomic recommendations for each crop. The seventh treatment corresponded to the parts that were prepared in a remaining native vegetation area. Soil fauna was evaluated by the Tropical Soil Biology Fertility (TSBF) method, Berlese-Tullgren extractor and Pitfall traps. The collected organisms were classified based on their orders and results were evaluated by multivariate statistics, according to the correlation analysis (CA) technique, repeated measures indexes and indexes of Shannon diversity, Pielou evenness (Equitability) and richness of groups. The relation between fauna ecology and soil chemical properties was determined by canonical correspondence analysis (CCA). According to the results, it was observed that the application of swine wastewater/ slurry, stored in lagoon, has affected in a negative way the soil fauna when it received doses greater than 100 m³ ha⁻¹, even though such dose has promoted greater similarity in abundance of organisms with the forest area. It was found out that the sampled orders characterize the forest area according to the simulated conditions: Collembola, Hymenoptera, Araneae, Diptera, Acari, Hemiptera, Diplura, Protura and Oligochaeta, while Coleoptera order characterized the agricultural soils that are fertilized with swine wastewater. The results also showed that the soil fauna has its abundance affected by season and chemical composition of soil.

PALAVRAS-CHAVE: Fauna edáfica, efluentes líquidos da suinocultura, dejetos suínos

KEYWORDS: Soil fauna, swine wastewater, swine waste

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Caracterização química da água residuária da suinocultura proveniente de criatório de matrizes e armazenada em esterqueira.....	18
Tabela 2 Caracterização química inicial do solo na área agrícola e de mata na camada de 0-10 cm.....	21
Tabela 3 Caracterização da análise física do solo antes da aplicação do tratamentos.....	20
Tabela 4 Temperatura média do solo em cada tratamento durante a amostragem da fauna edáfica.....	29
Tabela 5 Umidade média do solo para cada tratamento durante cinco ciclos de cultivo.....	Er
ro! Indicador não definido.0	
Tabela 6 Caracterização física do solo após 5 ciclos de cultivo utilizando diferentes doses de água residuária da suinocultura proveniente de criatório de matrizes e armazenada em esterqueira.....	Er
ro! Indicador não definido.2	
Tabela 7 Produção de serapilheira em área de mata e de matéria seca das culturas de milho/aveia/soja fertilizadas com água residuária da suinocultura e NPK e cultivadas em Latossolo Vermelho Distroférico Típico.....	33
Tabela 8 Caracterização química do solo na área agrícola durante os ciclos de cultivo de milho/aveia/soja/milho/aveia e área de mata na camada de 0-10 cm.....	35
Tabela 9 Número de indivíduos (N) de cada ordem, abundância e frequência relativas e valor indicador (INDVAL) para os tratamentos utilizados. Dados obtidos durante o período do mês de fevereiro de 2011 de 2008 a setembro de 2012.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Imagem de satélite demonstrando a área agrícola e de vegetação nativa avaliados no estudo	.....Erro!
Indicador não definido.8		
Figura 2	Método Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF)	.....19
2		
Figura 3	Extrator de Berlese-Tüllgren	.....33
Figura 4	Armadilha Pitfall Trap	.....54
Figura 5	Esquema da área experimental agrícola	.....Erro! Indicador não definido.5
Figura 6	Dados climatológicos mensais de precipitação e temperatura média do ar	.....28
Figura 7	Distribuição dos tratamentos em função da incidência de 12 grupos edáficos amostrados durante cinco ciclos de cultivo segundo a análise de correspondência	.....38
Figura 8	Distribuição dos grupos edáficos em função dos tratamentos durante cinco ciclos de cultivo segundo a análise de correspondência	.....39
Figura 9	Densidade de organismos edáficos pertencentes à meso e macrofauna em área de mata nativa e em área agrícola submetida a aplicação de ARS e NPK	.....50
Figura 10	Densidade de organismos edáficos pertencentes à meso e macrofauna em área de mata nativa e em área agrícola submetida à aplicação de ARS e NPK	.....50
Figura 11	Variação na densidade de organismos edáficos pertencentes à meso e macrofauna em área de mata nativa e em área agrícola submetida à aplicação de ARS e NPK ao longo de cinco ciclos de cultivo	.....51
Figura 12	Riqueza de grupos edáficos amostrados em área de mata e área agrícola cultivada com milho, aveia e soja fertilizadas com doses crescentes de ARS e NPK	.....53

Figura 13 Equabilidade de grupos edáficos amostrados em área de mata e área agrícola cultivada com milho, aveia e soja fertilizadas com doses crescentes de ARS e NPK.....	54
Figura 14 Diversidade de grupos edáficos amostrados em área de mata e área agrícola cultivada com milho, aveia e soja fertilizadas com doses crescentes de ARS e NPK.	56
Figura 15 Diversidade de grupos edáficos amostrados em área de mata e área agrícola cultivada com milho, aveia e soja fertilizadas com doses crescentes de ARS e NPK influenciada pelos períodos de amostragem.....	57
Figura 16 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola fertilizada com diferentes doses de ARS em março de 2011.....	58
Figura 17 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola fertilizada com diferentes doses de ARS em julho de 2011.....	59
Figura 18 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola fertilizada com diferentes doses de ARS em dezembro de 2011.....	60
Figura 19 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola fertilizada com diferentes doses de ARS em março de 2012.....	61
Figura 20 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola fertilizada com diferentes doses de ARS em agosto de 2012.....	62

1 INTRODUÇÃO

A utilização de águas residuárias não é um conceito novo, haja vista ser praticada há muito tempo em todo o mundo, assim, ganha importância crescente com a redução da disponibilidade e da qualidade dos recursos hídricos (CAOVILLA *et al.*, 2010). Neste sentido, além da conservação da água disponível, o reúso na agricultura permite o aproveitamento de tal potencial hídrico para o crescimento de plantas e pode representar um sistema de tratamento secundário ou terciário de efluentes agroindustriais. Uma das grandes consequências da adoção de tal prática é a redução da demanda por fertilizantes químicos, a fim de minimizar a pressão sobre os recursos naturais, para possivelmente elevar os ganhos na produção (HESPANHOL, 2003; MEDEIROS *et al.*, 2008; CRUZ *et al.*, 2008; PANDOLFO e CERETTA, 2008; PELISSARI *et al.*, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2009; NOBRE *et al.*, 2010).

O uso das águas residuárias, entretanto, deve ser condicionado ao tratamento, ao tipo de cultivo, à escolha de métodos de aplicação e ao controle de riscos ao meio ambiente, pois, em longo prazo, dependendo da composição química do material e uso podem causar efeitos indesejáveis no ambiente. Neste contexto, as alterações comumente relatadas destacam alterações químicas e físicas do solo, contaminação de águas superficiais e subterrâneas, alterações da biologia desses ambientes bem como o aporte e o acúmulo de elementos nas plantas cultivadas (HEIDARPOUR *et al.*, 2007; ALVES *et al.*, 2008; SANDRI *et al.*, 2009; DOBLINSKI *et al.*, 2010; 2010; SAMPAIO *et al.*, 2010; SCHERER *et al.*, 2010; VARALLO *et al.*, 2010; PASQUALIN *et al.*, 2012).

Dentre as águas utilizadas para reúso, destaca-se a água residuária da suinocultura (ARS), que possui alguns elementos em concentrações suficientemente elevadas que podem representar risco de desequilíbrio ecológico quando dispostos inadequadamente (ANAMI *et al.*, 2008; DAL BOSCO *et al.*, 2008; DOBLINSKI *et al.*, 2010; GIROTTO *et al.*, 2010; MAGGI *et al.*, 2011). No entanto, a exemplo de outros efluentes, desde que bem monitorada, a utilização agrícola desse tipo de água residuária surge como alternativa para o descarte (SCHEFFER-BASSO *et al.*, 2008; PELISSARI *et al.*, 2009; SMANHOTTO *et al.*, 2010).

O uso de água residuária da suinocultura em gramíneas, como milho e aveia, é justificado pelo fato dessas plantas não possuírem a capacidade de realizar a fixação biológica do nitrogênio, elemento exportado em maior quantidade pelas plantas para o

desenvolvimento das mesmas, os quais demandam uma fonte externa de aporte desse nutriente. Em geral, as plantas necessitam tanto de nitrogênio como de fósforo e ambos são encontrados em abundância nos efluentes da suinocultura, de forma que a associação do cultivo e o reúso de gramíneas favorecem o desenvolvimento das plantas, reciclam nutrientes e minimizam as perdas desses elementos potencialmente impactantes para o ambiente (DRUMOND *et al.*, 2006; GIACOMINI e AITA, 2008; PANDOLFO e CERETTA, 2008; GIACOMINI *et al.*, 2009, SEIDEL *et al.*, 2010, CABRAL *et al.*, 2011).

Em contrapartida, não existem trabalhos que relatem a aplicação de ARS na cultura da soja, uma vez que se assume a fixação biológica do nitrogênio em leguminosas e, geralmente, a ARS possui quantidades expressivas de nitrogênio. No entanto, é prática comum o descarte de ARS ao solo no período que antecede o plantio da cultura, não importando o espécime vegetal cultivado.

Dentre as modificações e transformações químicas do solo, sabe-se que essas são diretamente influenciadas pela atividade microbiológica e da meso e macrofauna, que podem ser alteradas pela adição de efluentes orgânicos, em função do fornecimento de alimento, modificação da temperatura e cobertura do solo. Neste sentido, trabalhos científicos que abordam essa interação destacam-se, no escopo microbiológico, os estudos de Santos *et al.* (2009), Silva Junior *et al.* (2009), Balota *et al.* (2012) e Cosmann *et al.* (2012), enquanto no escopo da meso e macrofauna do solo destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Quedraogo *et al.* (2006), Kautz *et al.* (2006), Alves *et al.* (2008) e Tessaro *et al.* (2011).

Os efeitos sobre a fauna edáfica podem ser positivos ou negativos, os quais variam conforme a composição e o manejo dos dejetos, capazes de alterar a qualidade e a quantidade de matéria orgânica do solo, relação C/N e acúmulo de metais como cobre e zinco, presentes em elevadas quantidades nos dejetos suínos (BARETTA *et al.*, 2003; BARETTA *et al.*, 2007; ALVES *et al.*, 2008; LEV *et al.*, 2010). Portanto, o conhecimento dos grupos funcionais da meso e macrofauna do solo de áreas utilizadas pelo homem para o manejo de água residuais da suinocultura pode fornecer informações sobre o impacto gerado no solo, a partir da exclusão de um ou mais organismos edáficos (BARETTA *et al.*, 2007). Neste sentido, vale destacar que, na literatura, os trabalhos que abordam a interação da fauna do solo cultivado com milho, aveia e soja fertilizados são incipientes com água residuária da suinocultura.

Neste contexto, o presente estudo visa avaliar os efeitos da água residuária da suinocultura sobre a população e a diversidade representada pela meso e macrofauna em Latossolo Vermelho Distroférico Típico cultivado com milho, aveia e soja.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da aplicação da água residuária da suinocultura proveniente de esterqueira sobre a meso e macrofauna do solo cultivado com milho e aveia durante dois ciclos de cultivo e soja durante um ciclo.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar a capacidade máxima de suporte do solo quanto à utilização de água residuária da suinocultura, visando ao não comprometimento da fauna edáfica;

- Identificar os grupos edáficos mais afetados pelo uso das águas residuárias da suinocultura;

- Avaliar os efeitos da aplicação da água residuária da suinocultura sobre a densidade e diversidade de organismos edáficos representados pela meso e macrofauna edáfica;

- Verificar, dentre as diferentes doses de água residuária da suinocultura, qual promove maior semelhança e densidade de grupos edáficos em comparação a uma área de vegetação nativa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Reúso de água na agricultura

O termo 'Reúso de Água' é amplamente discutido na literatura, embora haja divergência entre os vários autores, a fim de dificultar o entendimento desta terminologia. Apesar disso, em linhas gerais, é de consenso que o reúso de água define-se como o aproveitamento de águas utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para o atendimento das necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original, o qual pode ser direto ou indireto e decorrer de ações planejadas ou não (BREGA FILHO e MANCUSO, 2003).

As atividades de reúso datam da Grécia antiga em que a disposição dos esgotos domésticos era realizada em áreas agricultáveis com o intuito de fornecer água e nutrientes às culturas (PAGANINI, 2003). Embora não seja uma prática recente e tenha sido praticada em todo o Planeta, o reúso ganhou força apenas a partir dos anos 1990, visando à implementação do mesmo em muitas partes do mundo, para os diferentes tipos de uso: agrícola, público e industrial, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde o clima impõe sérias restrições à produção agrícola, quase que inviabilizando a subsistência humana no local (ASANO e LEVINE, 1996).

O reúso de água no Brasil é bastante recente, data de 1990. Difundiu-se de forma crescente, impulsionado pela demanda financeira decorrente da Lei 9.433 de 1997, a qual implementa a Política Nacional de Recursos Hídricos com a outorga e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (LEITE, 2003; RODRIGUES, 2005).

O crescimento populacional nacional e mundial das últimas décadas tem sido um acelerador da degradação dos recursos hídricos, pois aumentou a demanda pela produção de alimentos de origem vegetal e animal, sendo o uso mais representativo. De toda a água captada de rios ou do subsolo, aproximadamente 70% são utilizados na irrigação. Logo, é uma atividade onerosa do ponto de vista hídrico, pois parte dela não é aproveitada pelas plantas devido às perdas no sistema e, grande parte da água captada não retorna aos mananciais de origem (HESPANHOL, 2003; RODRIGUES e IRIAS, 2004). Contudo, apesar da elevada demanda hídrica e energética, a irrigação representa uma maneira eficiente para o aumento da produção de alimentos, pois permite mais de um plantio por ano e otimiza o uso das áreas agricultáveis, também gera desenvolvimento do campo, emprego e renda. Aproximadamente 50% da população mundial dependem de alimentos oriundos de áreas irrigadas (PAZ, *et al.*,

2000; MANTOVANI *et al.*, 2006). Por conseguinte, novas fontes de suprimento de água são avaliadas para que a produção de alimentos seja mantida sem o comprometimento gradativo dos recursos hídricos (HESPANHOL, 2003).

Tendo em vista tais considerações, associadas à necessidade de prover o destino final das águas residuais provenientes de diversas atividades, a agricultura destaca-se como receptora, pois pode tolerar águas de qualidade inferior se comparada à indústria e ao uso doméstico. Portanto é inevitável a crescente tendência para se encontrar a solução dos problemas relacionados com efluentes na agricultura (AYERS e WESTCOT, 1991; WEBER *et al.*, 2010).

Dentro desta perspectiva, os estudos e as atividades de reúso de águas residuais ou de baixa qualidade tornaram-se prática comum no mundo, como alternativa para a irrigação. Isso permite o aproveitamento potencial das águas para o crescimento de plantas a fim de minimizar o impacto decorrente da captação de água para irrigação, contudo, sem deixar de alcançar os benefícios apresentados por ela. Além disso, os elevados custos dos fertilizantes químicos fazem das águas residuais potenciais fontes de nutrientes, a baixo custo, elevando os ganhos na produção (HESPANHOL, 2003; MEDEIROS *et al.*, 2008).

O uso das águas residuárias deve ser condicionado ao tratamento, ao tipo de cultivo, à escolha de métodos de aplicação e ao controle de riscos ao meio ambiente, pois, em longo prazo, o uso dessas águas pode causar efeitos da salinidade, sodicidade e acarretar a presença de outros elementos no solo e nas culturas. Há, portanto, a possibilidade de reduzir a disponibilidade de água para as plantas e a incapacitação do solo para cultivo (AYERS e WESTCOT, 1991; HESPANHOL, 2003; VARALO *et al.*, 2010; CARNEIRO *et al.*, 2012). Além disso, outro aspecto de grande importância a ser considerado são os aspectos sanitários. Como salientado por Toze (2006) e Baumgartner *et al.* (2007), deve-se avaliar a presença de patógenos, bactérias, cistos de protozoários, ovos de helmintos e vírus que criam graves problemas de saúde pública, uma vez que podem acarretar enfermidades.

3.2 Suinocultura

O crescimento populacional, a urbanização e o aumento de renda nos países em desenvolvimento têm favorecido aumento significativo na demanda por alimentos de origem animal. Neste cenário, algumas atividades intensivas como a suinocultura, produtora de grande quantidade de proteína animal de alta qualidade, tendem a expandir e proporcionar incremento de renda e oportunidades no meio rural, a fim de empregar mão de obra familiar e minimizar a pressão sobre o meio urbano (MIRANDA, 2007, KUNZ *et al.*, 2007, GATIBONI *et al.*, 2008).

Diante do exposto, anualmente, a criação de suínos cresce nos mercados nacional e internacional, nos quais o Brasil é considerado um dos maiores produtores e ocupa o quarto lugar no *ranking* mundial. Nos últimos cinco anos, o País apresentou aumento de 23% na produção de carne suína e 6% no volume de exportação. Os Estados da região Sul destacam-se como grandes responsáveis por tais números. Somente no ano de 2010, 2,46 milhões de matrizes suínas industriais foram criadas no Brasil e totalizam 34 milhões de animais abatidos. Neste contexto, a mesorregião Oeste do Paraná destaca-se pela produção de suínos, com um plantel aproximado de 247.228 matrizes industriais e 5.563.000 animais (ABIPECS, 2011).

O destaque alcançado por esse Estado deve-se, especialmente, a sua autossuficiência na produção dos insumos utilizados na alimentação dos animais, bem como a estrutura viária que oferece condições de transporte. Adicionalmente, grande percentual das granjas produtoras é representado pela suinocultura tecnificada com a integração da atividade aos fomentos industriais.

3.2.1 Produção e caracterização dos dejetos de suínos

No Brasil, até a década de 1970, os dejetos de suínos não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais por unidade de área era pequena. Não havia preocupação com os cuidados relacionados ao meio ambiente, pois os solos das propriedades tinham capacidade para absorver os dejetos lançados com a finalidade de adubação orgânica. No entanto, com o aumento do consumo da carne suína, houve grande especialização do setor suínico com a integração de um elevado número de suinocultores às empresas abatedoras e processadoras. Logo, houve redução no número de criadores e aumento no número de suínos por unidade produtora, conseqüentemente, ocorreu incremento na concentração final de dejetos.

Assim, a produção industrial de suínos associada ao manejo inadequado dos dejetos gerados trouxe problemas ambientais significativos, como: a poluição de solo, água e ar, uma vez que as áreas agricultáveis não eram mais compatíveis ao descarte (PERDOMO *et al.*, 2003; CAMPOS *et al.*, 2006, MIRANDA, 2007).

Os dejetos suínos são constituídos basicamente por fezes as quais se apresentam normalmente na forma sólida ou pastosa, além da urina. No entanto, esta característica do dejetos é alterada por vários fatores, os quais modificam tanto a qualidade quanto a quantidade do dejetos. Dentre eles, o número de animais, o manejo da água em processos de limpeza, as perdas em bebedouros, a dieta alimentar, as instalações e o desenvolvimento ponderal são os principais responsáveis pelas alterações nas características dos dejetos (PERDOMO *et al.*, 2003; LIMA, 2007)

O esterco líquido de suínos, forma comumente encontrada e utilizada na agricultura, é composto basicamente por matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais, todavia, os elementos nitrogênio e fósforo merecem especial destaque (DIESEL *et al.*, 2002).

A baixa eficiência de assimilação nutricional dos suínos é responsável pela elevada concentração de alguns desses elementos no dejetos. De todo o nitrogênio, fósforo e potássio presentes nas rações, são absorvidos percentuais de apenas 30-55%, 20-50% e 5-20%, respectivamente. A excreção, por sua vez, pode atingir valores que variam de 45 a 60% para o nitrogênio, 50 a 80% para o fósforo e 70 a 95% para o potássio (KORNEGAY e HARPER, 1997).

O elevado teor de fósforo encontrado nos dejetos suínos é decorrente da grande concentração nos grãos de milho, soja e trigo, cereais, comumente empregados na formulação de rações (TURNER *et al.*, 2002; LEI e PORRES, 2003; LEYTEM *et al.*, 2004; LOVATTO *et al.*, 2010). A alta concentração do elemento neste tipo de cereais, associada à baixa eficiência de absorção destes compostos pelos suínos deve-se à ausência da enzima fitase no sistema gastrointestinal do animal, responsável pela degradação desse composto. Devido a isso, apenas baixa percentagem do fósforo proveniente dos grãos é disponibilizada aos animais, portanto, faz-se necessária a adição de suplementos minerais contendo fósforo, que favorecem os elevados índices do elemento nos dejetos produzidos (SMITH *et al.*, 2004).

Outros elementos presentes em elevadas concentrações nos dejetos suínos e que têm recebido especial atenção nos estudos de viabilidade ambiental da atividade são cobre e zinco, consequentes da adição de quantidades excessivas desses elementos às rações (GIROTTI, 2010). O zinco é utilizado em concentrações próximas a 2.400 mg kg⁻¹ com o objetivo de reduzir distúrbios gastrointestinais aos

animais logo após o desmame; enquanto o cobre é fornecido em doses de 250 mg kg⁻¹ como promotor de crescimento (CORRÊA, 2011).

Frente as características dos dejetos, parece improvável proceder o manejo sem o uso de sistemas de tratamento a fim da viabilidade ambiental da atividade. Contudo, essa prática ainda encontra resistência por parte dos produtores. Inicialmente, tal resistência encontra respaldo na tradição de que os dejetos suínos são bons fertilizantes, levando à equivocada ideia de que não necessita de tratamento. Para potencializar tal concepção, a necessidade de investimentos financeiros funciona como motivo adicional para a não adoção de sistemas adequados de tratamento, pois, na grande maioria dos casos, os investimentos em tratamento não são convertidos em renda direta (KUNZ *et al.*, 2007). Considerando tais aspectos, o sistema de esterqueiras representa uma realidade brasileira e representa um dos mecanismos mais comuns de tratamento da água residuária da suinocultura.

3.2.2 Reúso de águas residuárias da suinocultura como fertilizantes

A utilização de dejetos de suínos como fertilizante do solo tem sido difundida com base em aspectos econômicos. Essa representa um recurso interno das propriedades rurais, haja vista os dejetos conterem nutrientes e matéria orgânica com potencial para aumentar a produtividade de grãos e a fertilidade do solo. Conseqüentemente, tal aplicação representa importante fator agregador de valor aos resíduos provenientes da atividade, pois após a mineralização os nutrientes contidos podem ser absorvidos pelas plantas da mesma forma que os fertilizantes químicos (SEGRANFREDO, 2007).

Neste contexto, vários são os relatos sobre as melhorias na produtividade de diversas culturas como: pastagens, milho, feijão, minimilho, eucalipto, hortaliças (CERETTA *et al.*, 2005b; SCHEFFER-BASSO *et al.* 2008; PELISSARI, 2009, SEIDEI *et al.*, 2010, SOUZA *et al.*, 2010; CABRAL *et al.*, 2011; MENEGHETTI, 2012). A exemplo, Scheffer-Basso *et al.*, (2008) avaliaram a adubação do capim Tifton 85 com água residuária da suinocultura e verificaram incremento de massa seca ao final de 4 cortes de 112%, 235% e 237% para as doses de 15 m³, 30 m³ e 45 m³, respectivamente. Ceretta *et al.* (2005b) avaliaram a eficiência da aplicação de água residuária da suinocultura quanto à nutrição de plantas no sistema de rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro utilizando 0, 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹ e observaram incremento

da produtividade do milho em percentuais de 193, 317 e 439% no primeiro ano, respectivamente.

No entanto, a fertilização com dejetos suínos ainda é realizada muitas vezes sem que sejam submetidos ao tratamento adequado para redução de carga orgânica e de patógenos. O potencial poluidor agrava-se por fatores como: restrições topográficas das propriedades, elevados custos de armazenagem e transporte bem como a reduzida área da propriedade, que induzem o produtor rural a aplicar os dejetos continuamente nas mesmas áreas. Tal manejo excede a capacidade suporte do solo e de absorção pelas plantas (SEGANFREDO, 2000; BERWANGER, 2008).

Desta forma, o manejo excessivo ou continuado com os dejetos pode ocasionar impactos ambientais indesejáveis. Destacam-se os desequilíbrios químicos físicos e biológicos do solo, a poluição das águas superficiais e subterrâneas, a presença de microrganismos entomopatogênicos, bem como a poluição do ar e a redução pela emissão de gases, tendo como principais NH_3 , CO_2 , CH_4 , N_2O e H_2S , os quais ocasionam maior desconforto ambiental às populações (SEGANFREDO, 2000; KUNZ *et al.*, 2007; DINUCCIO *et al.*, 2008).

As perdas de nutrientes por escoamento superficial e lixiviação, resultantes do uso de efluentes da suinocultura, especialmente os elementos nitrogênio e fósforo, conhecidamente causadores da eutrofização de corpos hídricos, são constantemente discutidas (BASSO *et al.*, 2005; CERETTA *et al.*, 2005a).

O nitrogênio amoniacal tem se mostrado altamente tóxico às populações de organismos aquáticos, especialmente aos peixes, pois demanda elevada quantidade de oxigênio para ser degradado. Além disso, o nitrogênio sob a forma de nitrato pode causar metahemoglobinemia em humanos, enquanto o nitrito pode formar nitrosaminas no organismo com poder mutagênico e carcinogênico. O fósforo, por sua vez, em virtude do papel funcional em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, é o principal responsável pela eutrofização das águas, representada principalmente pelo crescimento excessivo de algas que comprometem a qualidade hídrica pela conferência de cor e sabor desagradáveis (KUNZ *et al.*, 2007).

Visando avaliar tais perdas e potenciais riscos ambientais, Ceretta *et al.* (2005a) realizaram estudos com diferentes doses de água residuária da suinocultura e observaram que as perdas desses nutrientes via escoamento superficial foram diretamente proporcionais às doses aplicadas e ao intervalo entre as aplicações, com destaque para o fósforo. Resultados semelhantes foram descritos por Sampaio *et al.* (2010), quando avaliaram as perdas de nitrogênio via percolação na cultura do milho.

As alterações químicas comumente descritas relatam o acúmulo de nutrientes no perfil do solo. Neste contexto, Queiroz *et al.* (2004) aplicaram esse tipo de efluente

na cultura de gramíneas forrageiras e observaram o acúmulo de P, K, Na e Zn na profundidade de 0–0,20m. Por conseguinte, os referidos autores recomendam o monitoramento das características químicas do solo, ao longo de seu perfil e das águas subterrâneas para que se avaliem riscos de contaminação das mesmas. Além disso, neste mesmo estudo, o solo tratado apresentou incremento na soma de bases, capacidade de troca de cátions, alumínio trocável e decréscimo do pH e da saturação por bases. Resultados semelhantes foram descritos por Scherer *et al.* (2010), avaliando as alterações químicas em solos da região Oeste de Santa Catarina, os quais verificaram que a utilização contínua desses dejetos, em áreas com culturas anuais, proporciona maior acúmulo de P, K, Cu e Zn, especialmente na camada superficial. Ceretta *et al.* (2010) também avaliaram o acúmulo de P e encontraram aumento linear desse nutriente no solo, nas formas mais lábeis, com aumento progressivo das doses de dejetos.

Segundo Dal Bosco *et al.* (2008), ao estudarem a água residuária da suinocultura oriunda de biodigestor, seguido de tanque de sedimentação e lagoa de estabilização no cultivo da soja, constataram acúmulo de zinco e cobre no solo, nas profundidades de 0-20 cm e 20-60 cm, respectivamente.

A emissão de gases por sistemas de manejos incorretos, como armazenamento e aplicação no solo, contribui para a emissão de gases na atmosfera. Alguns deles com poder estufa são: metano, dióxido de carbono e óxido nitroso. Dentre esses gases, embora o óxido nitroso seja emitido em baixas concentrações, o mesmo possuiu potencial de aquecimento cerca de 310 vezes maior do que o dióxido de carbono. Além desses, a emissão de amônia também tem sido objeto de preocupação por contribuir para a formação de chuva ácida (WORLD BANK, 2005).

De acordo com o exposto, fica evidente que o reúso de águas residuárias da suinocultura na agricultura deve ser planejado, levando em consideração principalmente o tipo de cultura e suas necessidades nutricionais, a forma de aplicação, além do controle da exposição humana, haja vista o elevado potencial poluidor e contaminante do efluente.

3.3 Fauna edáfica – Aspectos gerais

O termo fauna edáfica refere-se à comunidade de invertebrados que vivem permanentemente ou que passam por uma ou mais fases ativas no solo. Em virtude das diferenças morfológicas e funcionais, observam-se habilidades distintas que refletem a extensão em que a atividade desses organismos pode influenciar as

propriedades do solo e também em que amplitude os organismos podem ser afetados pelo manejo (ANDERSON, 1988)

Tais organismos estão em constante interação e utilizam o solo como abrigo e fonte de nutrientes para desenvolvimento, de maneira tal que, tal ocupação influencia direta ou indiretamente algumas características do solo (ASSAD, 1997). Diretamente, as alterações podem ocorrer pela modificação física da serapilheira e do ambiente do solo e, indiretamente por interações com a comunidade microbiana. Dentre os processos, a decomposição é considerada um processo fundamental, uma vez que disponibiliza nutrientes para o crescimento das plantas. Não obstante ao processo de mineralização, com a formação dos colóides de carga negativa (humificação), a decomposição promove aumento na capacidade do solo de reter cátions trocáveis, como cálcio e magnésio (GONZÁLES *et al.*, 2001; COSTA, 2004).

Existem diversas formas de classificar a biota do solo. Dentre os critérios de classificação, alguns podem ser agrupados em função do tempo que vivem no solo, do habitat preferencial, do hábito alimentar, do meio de locomoção ou do tamanho (AQUINO e CORREIA, 2005). No entanto, a classificação comumente utilizada envolve a separação dos animais segundo o diâmetro corpóreo, que resulta em três grandes grupos: microfauna, mesofauna e macrofauna, os quais são apresentados e descritos em maiores detalhes a seguir (LAVELLE, 1997).

3.3.1 Microfauna

A microfauna edáfica é representada por organismos com diâmetro corpóreo inferior a 0,2 mm. São normalmente hidrófilos que necessitam de água livre no solo e apresentam baixa mobilidade. A baixa mobilidade, contudo, é contornada pela morfologia corpórea, normalmente alongada, a qual permite a movimentação pelos capilares do solo. Devido à extrema dependência da água, é comum entre os representantes do grupo, formas de resistência à seca, como redução da atividade metabólica ou enquistamento (LAVELLE, 1997; ASSAD, 1997).

Dentre os representantes desse grupo, destacam-se os nematóides que geralmente apresentam elevada riqueza de espécies e de gêneros. Desempenham os/as seguintes principais papéis e/ou funções: a regulação da abundância e atividade microbiana; uso como patógenos de insetos, portanto, são considerados importantes fontes de controle biológico de pragas (SWIFT *et al.*, 2010) bem como seus efeitos diretos sobre os ciclos biogeoquímicos pelo consumo e assimilação de tecidos microbianos e pela excreção de nutrientes minerais (BEARE *et al.*, 1995);

3.3.2 Mesofauna

A mesofauna edáfica é representada por organismos cujo tamanho corpóreo varia de 0,2 mm a 2 mm. É representada por uma série de ordens, como: Acari (ácaros), Collembola (colêmbolos), Protura (proturos), Pauropoda (paurópodos), Symphyla (sínfilos), Palpigradi (palpígrados) e Diplura (dipluros) (KARYANTO *et al.*, 2010). No entanto, a maioria dos estudos desenvolvidos encontra-se relacionada aos grupos numericamente mais representativos, Acari e Collembola, os quais podem ser utilizados como indicadores da qualidade ambiental. São organismos facilmente amostrados e, por serem ápteros, ao contrário da maioria das demais ordens, não fogem facilmente quando em condições ambientais adversas (PRIMAVESI, 1990).

Tais potenciais indicadores habitam as regiões mais próximas da superfície, normalmente nos primeiros 10 cm. Ocupam os espaços porosos do solo e não são capazes de criar as próprias galerias, portanto, são afetados pela compactação do solo (HEISLER e KAISER, 1995). Além disso, outros fatores relacionados ao solo interferem diretamente sobre a densidade, condicionada ao equilíbrio desse meio, principalmente em relação aos fatores do solo (pH, umidade, temperatura, textura, porosidade, matéria orgânica, fauna, flora e outros), à cobertura vegetal e às intervenções do homem, sem esquecer dos efeitos do clima, da região geográfica e dos eventos naturais (MELO, 2002).

Os colêmbolos são pouco conhecidos e estudados no Brasil, mas exercem importante função detritívora. Contribuem para a decomposição da matéria orgânica e o controle das populações de microrganismos, especialmente dos fungos. Já os ácaros agem principalmente como predadores. Controlam as populações de outros organismos no solo, especialmente a microbiota (MELO *et al.*, 2009).

3.3.3 Macrofauna

A macrofauna é composta por organismos com diâmetro corpóreo superior a 2 mm ou comprimento superior a 1 cm (BIGNEL *et al.*, 2010) e é representada por uma vasta gama de grupos taxonômicos: Diptera (moscas, mosquitos); Hemiptera, atualmente classificado como Heteroptera (percevejos); Homoptera (cigarra, cigarrinha, pulgões e cochonilhas); Coleoptera (besouros); Thysanoptera (trips), Orthoptera (gafanhoto, grilo, esperança, paquinha); Psocoptera; Blattodea (barata); Dermaptera (tesourinha); Isopoda (tatuzinho de jardim); Diplopoda (gongolo ou piolho de cobra); Symphyla; Chilopoda (lacrarias e centopéias); Araneae (aranhas); Pseudoscorpionida (pseudoescorpiões); Opiliona (opiliões); Gastropoda (lesmas e caracóis); Oligochaeta (minhocas); Hymenoptera (formigas, vespas, abelhas e marimbondos); Isoptera (cupins) (AQUINO, 2001). Contudo, os grupos mais representativos e estudados são os das minhocas, cupins, formigas e besouros (BIGNEL *et al.*, 2010).

A macrofauna engloba os organismos de maior mobilidade da fauna edáfica, os quais exercem importante papel no transporte de materiais, os quais são principalmente utilizados para a construção de ninhos e galerias que atingem profundidades variáveis no solo (ASSAD, 1997). Logo, esses organismos podem ser considerados 'engenheiros do solo', pois a partir destas atividades ocorrem mudanças físicas e químicas do solo onde habitam (BIGNEL *et al.*, 2010).

Dentre os organismos pertencentes à macrofauna, as minhocas influenciam tanto a porosidade do solo quanto as relações de nutrientes pela formação de túneis, ingestão de minerais, matéria orgânica, que agem como reguladoras da população de organismos do solo em escalas espaciais menores, como mesofauna, microfauna e microsimbiontes. Cupins, formigas e besouros também são conhecidos por influenciar ou mediar a porosidade e a textura do solo pela formação de túneis, ingestão e transporte de solo e pela construção de galerias. No entanto, além disso, esses organismos ciclam nutrientes através de transporte, fragmentação e digestão da matéria orgânica e atuam no controle biológico como predadores (BIGNEL *et al.*, 2010).

Desta maneira, devido ao importante papel desses em processos do solo e a sensibilidade às alterações ambientais, alguns desses grupos têm sido frequentemente usados ou propostos como indicadores da qualidade do solo. E são indicativos dos efeitos das mudanças no uso da terra e das práticas de manejo (ALVES *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2008; VENDRAME *et al.*, 2009; VAMPRÉ *et al.*,

2009; ROVEDDER *et al.*, 2009; BIGNEL *et al.*, 2010). Além disso, devido à biomassa relativamente elevada, são importantes elementos da cadeia alimentar do solo (BIGNEL *et al.*, 2010).

3.3.4 Uso do solo e impactos sobre a meso e a macrofauna do solo

A qualidade do solo está relacionada ao seu funcionamento e, segundo Doran e Parkin (1994), é definida como a capacidade que o solo tem de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais. Ainda atua como compartimento em ciclos biogeoquímicos importantes, tais como o ciclo da água e do carbono e como meio de descarte e retenção de elementos e resíduos. Dentro desta perspectiva, indicadores de qualidade de solo físicos, químicos e biológicos têm sido constantemente estudados, embora, durante muito tempo, o maior enfoque tenha sido dado aos aspectos físicos e químicos, subestimando o papel da biota do solo (MELLONI, 2007).

Dentre tais indicadores, a fauna de solo tem merecido destaque, pois são organismos sensíveis capazes de reagir a mudanças induzidas por atividades antrópicas e naturais ao solo e à cobertura vegetal. Considerando tais aspectos, as populações e a diversidade edáfica são capazes de gerar respostas relativamente rápidas se comparadas a outros indicadores como as propriedades físicas e o conteúdo de matéria orgânica do solo (REICHERT *et al.*, 2003, MELO, 2009).

Segundo Baretta *et al.* (2003), as modificações impostas pelo uso do solo, e em particular pela agricultura, afetam a fauna em diferentes graus de intensidade, assim alteram a composição e a diversidade da mesma devido aos impactos provocados pelo homem moderno. Por outro lado, sistemas que contribuam para a manutenção da umidade, temperatura e matéria orgânica do solo beneficiam a flora e fauna bem como favorecem a ocorrência de maior diversidade e densidade de organismos (CAMPANHOLA, 2002).

A substituição da vegetação natural na ocupação agrícola por culturas de interesse comercial apresenta como consequência direta a extinção de diversas espécies nativas. Além de poder transformar sistemas biológicos diversificados e estáveis em sistemas simples e completamente susceptíveis às alterações do meio em virtude da instabilidade (PASCHOAL, 1987)

A situação é agravada quando a retirada de vegetação é seguida pela queima, uma prática ainda bastante comum em áreas de pastagem (RHEINHEIMER, 2003). Tal prática leva à destruição da cobertura vegetal e eliminação direta dos organismos que vivem na superfície além de comprometer seriamente os grupos remanescentes, pois são afetados tanto os estoques como a qualidade da matéria orgânica. Tal afirmação é comprovada por Wikars e Schimmel (2001), os quais constataram que logo após a queima, houve redução da maioria dos 17 táxons encontrados antes de tal prática, com destaque para as populações de Collembola, Hemiptera e Hymenoptera. Resultados semelhantes são descritos por Nunes *et al.*, (2009), na região da caatinga, em que a remoção da vegetação natural, seguida de queima e cultivo de feijão, levou à redução de todos os grupos edáficos e à extinção de outros.

Os sistemas de preparo e cultivo do solo podem modificar a densidade e a diversidade dos grupos mais frequentes de organismos edáficos (BARETTA *et al.*, 2003). Segundo Bertol *et al.* (2004), o plantio direto está entre os sistemas mais sustentáveis, pois o solo não é revolvido e a perturbação é mínima. Tendo isso em vista, Baretta *et al.*, (2003) destacam que, nesse sistema, há maior diversidade de organismos do que no sistema convencional, pois há menor distúrbio mecânico e mudanças mais sutis de temperatura e umidade. Portanto, vários estudos têm sido realizados com o objetivo de avaliar o efeito dos sistemas de preparo sobre a fauna edáfica (ALVES *et al.*, 2006; BARETTA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2006; LOURENTE *et al.*, 2007). Quando estudaram os sistemas de preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta na região do planalto sul catarinense, Baretta *et al.*, (2006) verificaram que a mínima mobilização do solo e a permanência dos restos culturais sobre a superfície nos sistemas de semeadura direta e cultivo mínimo proporcionaram maior diversidade da fauna se comparada ao sistema convencional.

Durante o processo produtivo, nas culturas de interesse comercial, é muito comum a utilização de fertilizantes, compostos químicos e de pesticidas, visando à obtenção de maiores índices de produtividade. Segundo Baretta *et al.* (2003) e Clapp *et al.* (2007), a aplicação de fertilizantes orgânicos é um fator que pode influenciar a fauna do solo pela adição de alimento para os organismos e modificações de temperatura e umidade. Além disso, a fertilização excessiva e constante, utilizando dejetos animais em uma mesma área, pode levar ao acúmulo de nutrientes e metais pesados nas camadas superficiais (SCHERER *et al.*, 2007; AITA e GIACOMINI, 2008; GIROTTO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2010), que pode acarretar efeitos tóxicos sobre a biologia do solo (PEREIRA, 2001; ALVES *et al.*, 2008, BARROS *et al.*, 2010).

Segundo Assad (1997), a utilização de adubos solúveis pode proporcionar efeitos maléficos sobre a fauna edáfica, de forma semelhante ao que tem sido

observado no caso dos pesticidas. Esses podem atuar diretamente e causar a morte dos organismos, principalmente pela redução do potencial osmótico do solo. No entanto, as informações sobre o uso de fertilizantes orgânicos e químicos sobre a pedofauna ainda são incipientes, o que torna necessária a investigação dos efeitos sobre a biota do solo.

Com esse objetivo, Alves *et al.* (2008) avaliaram o efeito do uso de adubação química, orgânica (dejetos suínos) e organo-mineral sobre a macrofauna edáfica no cultivo de milho e aveia. Os referidos autores observaram que a frequência relativa dos organismos foi influenciada positivamente pelo uso da adubação organo-mineral, ou seja, a macrofauna edáfica é beneficiada pela aplicação de fertilizantes balanceados.

Neste mesmo contexto, Tessaro (2009) e Tessaro *et al.* (2011) avaliaram o efeito da adição de ureia e quatro doses de água residuária (0, 100, 200 e 300 m³h⁻¹) da suinocultura sobre a mesofauna e macrofauna no cultivo do minimilho. Tal estudo permitiu observar que os grupos amostrados, em sua grande maioria, responderam negativamente à dose de 300 m³h⁻¹. Contudo, a dose de 200 m³h⁻¹ favoreceu o aumento na densidade de organismos da maioria das ordens descritas, chamando atenção para os grupos Collembola e Formicidae.

Estudo semelhante foi desenvolvido por Silvano (2011), que avaliou a ação do dejetos líquido de bovinos confinados, com quatro doses do efluente (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), no sistema de rotação de culturas. O experimento utilizou as culturas de trigo e aveia preta no inverno e soja e milho no verão em sistema de plantio direto. De acordo com os resultados, durante o cultivo da cultura do trigo, a aplicação de doses crescentes de dejetos aumentou de forma linear a abundância da fauna epiedáfica, ao contrário da diversidade que diminuiu devido à dominância do grupo Collembola.

Quédraogo *et al.* (2006), por sua vez, realizaram estudos no Oeste semi-árido da África. Os autores utilizaram esterco de gado e ovelha, palha de milho, capim *Andropogon* e composto orgânico e verificaram que o esterco de ovelha e a palha de *Andropogon* foram os que mais favoreceram a macrofauna, quando comparados aos demais tratamentos.

Embora tais estudos sejam realizados a fim de avaliar o comportamento de atributos biológicos diante do efeito cumulativo da adição de dejetos animais, muito pouco ainda se sabe sobre tais efeitos, especialmente se considerada a elevada diversidade de organismos edáficos e de resíduos orgânicos passíveis de uso na agricultura. Sendo assim, torna-se necessária a realização de novos estudos com

diferentes tipos de resíduos para que se obtenham informações sobre o comportamento dos diferentes grupos edáficos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no Município de Campo Bonito – PR (25 02' 41"S; 52 57' 54' W) e altitude de 775 m. O clima é Subtropical Úmido Mesotérmico com temperatura média anual de 20°C e umidade relativa média do ar de 75 % (IAPAR, 1998).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico com textura muito argilosa, conforme descrito pela Embrapa (2006). No ato da implantação do estudo, a área vinha sendo manejada no sistema de sucessão de culturas há treze anos, com as culturas de aveia preta (*Avena strigosa*) no inverno e soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*) no verão, em sistema de plantio direto, sem qualquer histórico de aplicação de fertilizantes orgânicos de origem animal.

4.2 Instalação do Experimento

4.2.1 Descrição dos tratamentos e composição química do efluente

O experimento foi instalado em fevereiro de 2011, cujos tratamentos foram definidos com base na realidade brasileira das propriedades rurais quanto à forma de tratamento da água residuária da suinocultura (ARS) e, estudo prévio da fauna edáfica na cultura do minimilho, com ARS proveniente de biodigestor (TESSARO, 2009), sendo:

- Controle: testemunha (sem adição de ARS - ARS0 – T1);
- Quatro doses de ARS, oriunda de um criatório de matrizes e armazenada em esterqueira, com: 50 (ARS50-T2), 100 (ARS100-T3), 150 (ARS150-T4) e 200 m³ ha⁻¹ (ARS200-T5) no ciclo de cada cultura, cujo total foi de cinco tratamentos com aplicação de resíduos orgânicos;
- NPK na dosagem recomendada para cada uma das culturas (NPK-T6);
- Fragmento de Mata (VN-T7): área de vegetação nativa com aproximadamente 6,08 ha, a qual foi considerada como referencial da condição original do solo. Assim, foi possível avaliar os efeitos do manejo agrícola sobre a fauna edáfica.

O estudo foi composto por sete tratamentos com três repetições cada, com um total de 21 parcelas experimentais de dimensões 5 x 5 (25 m²). A disposição dos

tratamentos nas parcelas foi aleatória. Na área de mata, as parcelas foram demarcadas com distância de 20 metros entre elas.

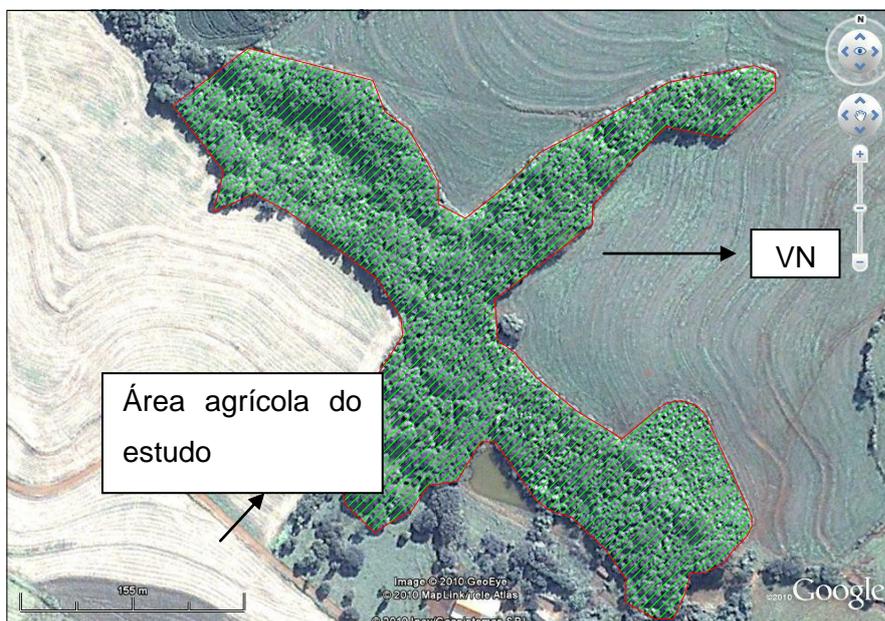


Figura 1 Imagem de satélite da área agrícola e vegetação nativa em estudo
FONTE: Google Earth (2012)

A ARS foi coletada no Município de Guaraniaçu – PR, em uma propriedade rural que utiliza o sistema de esterqueira como método de armazenagem/tratamento. A ARS é aplicada em etapa única: sete dias antes da semeadura (DAS) em cada uma das culturas. A ARS foi coletada na véspera da aplicação dos tratamentos e caracterizada quimicamente, considerando os seguintes parâmetros: pH, Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Nitrogênio Total (N), Nitrito + Nitrito ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$), Nitrogênio amoniacal, Fósforo Total (P), Potássio (K^+), Sódio (Na^+), Cálcio (Ca^{+2}), Magnésio (Mg^{+2}), Cobre (Cu^{+2}), Zinco (Zn^{+2}) DBO e DQO, segundo APHA (1998), como apresentados na Tabela 1.

O experimento foi conduzido durante os meses de fevereiro de 2011 a setembro de 2012, durante dois ciclos das culturas de milho safrinha e aveia e, um ciclo da cultura de soja, os quais foram cultivados em sistema de plantio direto com auxílio de trator e semeadora, respeitando o espaçamento recomendado entre linhas e entre plantas para cada uma das culturas.

Tabela 01 Caracterização química das águas residuárias da suinocultura, provenientes de criatório de matrizes e armazenadas em esterqueira utilizada em cada ciclo de cultivo.

Parâmetros	Milho/2011	Aveia/2011	Soja/2011	Milho/2012	Aveia/2012
Ca (mg/l)	0,86	0,61	0,29	0,73	0,57
Cu ⁺² (mg/l)	8,64	5,24	1,68	6,9	5,1
CE	3650	4160	3510	3905	3580
DBO (mg/l)	6333	8228	3399	7280	4866
DQO (mg/l)	9600	11518	7679,2	10559	8639
PTotal (mg/l)	0,58	0,28	0,55	0,43	0,56
Mg ⁺² (mg/l)	0,216	0,16	0,07	0,18	0,14
Mn (mg/l)	15,36	11,56	4,44	13,4	9,9
NO ₃ (mg/l)	47,5	35,5	37,5	41,5	42,5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	500	600	400	550	450
N-amoniacal (mg/l)	70	84	62,3	77	66,15
N-Total (mg/l)	18,55	9,1	8,19	13,8	13,37
pH	7,6	8,2	7,4	7,9	7,5
K ⁺ (mg/l)	0,4	0,56	0,24	0,48	0,32
Na ⁺ (mg/l)	0,48	0,48	0,16	0,48	0,32
SF(mg/l)	8375	4229	1662	6302	5018
ST (mg/l)	15106	7041,5	3437	11073	9271
STV (mg/l)	6728	2812,5	1775	4770,2	4251
Zn ⁺² (mg/l)	43,92	19,32	1,61	31,6	22,7

pH, Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Nitrogênio Total (N), Nitrato + Nitrito (NO₃⁻+NO₂⁻), Nitrogênio amoniacal, Fósforo Total (P), Potássio (K⁺), Sódio (Na⁺), Cálcio (Ca⁺²), Magnésio (Mg⁺²), Cobre (Cu⁺²), Zinco (Zn⁺²) DBO e DQO

4.2.2 Coleta e análise dos atributos químicos e físicos do solo

As amostras de solo foram coletadas com auxílio de trado holandês nas profundidades de 0-10 cm antes do início da aplicação dos tratamentos, em cada uma das parcelas experimentais, as quais foram quimicamente caracterizadas, segundo Raij *et al.* (2001), conforme a Tabela 02.

Tabela 02 Caracterização química inicial do solo na área agrícola e de mata na camada de 0-10 cm

Tratamento	pH (água)	MO ₃ (g dm ⁻³)	P	A	H+Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	m	Cu	Zn	Ntotal	CE	NH ⁴	NO ³ +NO ²
			mg dm ⁻³			mmolc dm ⁻³				%	mg dm ⁻³	μS Cm ⁻¹	mg dm ⁻³					
P1	6,79	48	14,4	0	22	110	47	3,7	160	182	88	0	7,7	5,9	2730	106,9	28	33,3
P2	6,36	42	7,1	0	28	114	45	7,7	167	195	86	0	8,2	5,2	2870	184	6 24,5	110,3
P3	6,02	45	8,5	0	33	105	44	5,8	155	188	82	0	6,6	6,1	3010	205,6	52,5	145,3
P4	6,22	51	7,2	0	35	107	42	5,1	154	188	82	0	7,9	6,6	3150	136,9	28	54,3
P5	6,4	39	5,6	0	28	102	42	7,2	151	179	85	0	9	5,7	2870	117	24,5	43,8
P6	6,54	42	7,1	0	26	106	43	7,3	156	183	86	0	7,9	6,3	2870	116,7	24,5	36,8
P7	6,3	44	5,1	0	31	102	38	9,4	149	181	83	0	8,6	7,2	3150	134,4	24,5	43,8
P8	6,63	48	8	0	26	106	43	9,5	158	185	86	0	7,2	6,6	3010	114,7	28	43,8
P9	6,28	47	15,2	0	32	108	42	4,9	155	187	83	0	7,7	6,8	3290	124,9	28	47,3
P10	6,11	49	5,4	0	37	103	38	6,6	147	185	80	0	9,2	6,3	3010	102,4	21	47,3
P11	6,2	50	6,6	0	35	111	39	7,2	157	192	82	0	8,8	6,7	3290	124,3	28	54,3
P12	6,32	53	6,2	0	32	108	39	8,8	156	187	83	0	9,3	6,6	3290	122,6	24,5	54,3
P13	6,03	50	8,4	0	33	110	40	8,2	159	191	83	0	8,7	6,3	3150	282,3	49	222,3
P14	6,12	49	7,8	0	32	108	40	10,1	158	191	83	0	9,5	6,1	3430	218,3	73,5	141,8
P15	5,95	53	7,4	1,3	36	107	38	11,3	157	193	81	2	10,3	6,2	3150	186,4	45,5	127,8
P16	5,84	53	21,4	2,5	40	106	38	5,7	150	190	79	4,2	9,8	6	3010	181,9	77	127,8
P17	5,86	56	6,9	1,3	38	107	39	4,5	150	188	80	2,1	9,1	6	3290	232,1	84	152,3
P18	5,67	58	14,3	0,6	47	109	40	5,7	154	200	77	1	9,7	7,4	3150	253,4	87,5	169,8
M1	6,09	57	5,6	0	40	134	43	11,5	189	229	83	0	5,9	6,6	3430	118,5	101,5	19,3
M2	5,7	74	4,2	3,1	54	110	34	11	155	209	74	5,1	4,8	7,9	4410	97,5	122,5	15,8
M3	5,42	68	3,1	5	68	104	33	4,9	142	210	68	8,5	3,8	8,8	4690	81,3	129,5	12,3

Potencial hidrogeniônico (pH), Matéria orgânica (MO), Fósforo (P), Alumínio (Al), Condutividade Elétrica (CE), Nitrogênio Total (N), Nitrato+Nitrato (NO₃⁻+NO₂⁻), Nitrogênio amoniacal, Fósforo Total (P), Potássio (K⁺), Sódio (Na⁺), Cálcio (Ca⁺²), Magnésio (Mg⁺²), Cobre (Cu⁺²), Zinco (Zn⁺²) DBO e DQO

Após a caracterização inicial, a caracterização química foi realizada em todos os eventos de amostragem da fauna visando estabelecer correlações com a fauna do solo, na fase de enchimento dos grãos de cada cultura.

Os parâmetros temperatura e umidade do solo foram avaliados simultaneamente à amostragem da fauna. Fez-se uso de geotermômetro digital para a determinação da temperatura, o qual era inserido no solo, ali permanecia até a estabilização da temperatura. Para a determinação da umidade, uma amostra de solo em cada uma das profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm foi coletada em cada uma das parcelas experimentais, totalizando 63 amostras de solo em cada coleta, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos individuais vedados em caixa de isopor. Em laboratório, retiraram-se 10 g de solo de cada amostra, as quais foram acondicionadas em placas de Petri, secas em estufa e com peso determinado em balança de precisão. O material foi pesado (peso do solo úmido) e levado à estufa por 24 horas a 105 °C. Após esse período, determinou-se o peso seco do solo, por conseguinte, a umidade foi determinada pela diferença entre peso úmido e peso seco.

Antecedendo à aplicação inicial dos tratamentos (fevereiro/2011) e ao término do último ciclo de cultivo avaliado (setembro/2012), o solo foi fisicamente caracterizado quanto à densidade, macro, microporosidade e porosidade total, pelo método do anel volumétrico. Foram coletadas amostras com volume de 80 cm³, de estrutura indeformada para a camada de 0-10 cm.

Na Tabela 03, são apresentados os dados referentes à caracterização física prévia à aplicação dos tratamentos.

Tabela 03 - Caracterização da análise física do solo antes da aplicação dos tratamentos

TRATAMENTOS	DENSIDADE	MACROPOROSIDADE	MICROPOROSIDADE	POROSIDADE TOTAL
T1	1,17	11,44	36,37	47,81
T2	1,16	13,58	34,21	47,79
T3	1,20	12,66	34,80	47,46
T4	1,17	11,55	35,44	46,99
T5	1,14	12,80	33,99	46,87
T6	1,15	11,58	35,40	46,98
T7	1,18	16,98	33,50	50,48

T1: ARS 0; T2: ARS 50; T3: ARS 100; T4: ARS 150; T5:ARS 200; T6: NPK; T7: Mata Nativa

Nota: Método do anel volumétrico.

A quantificação da massa seca das plantas foi realizada mediante uso de gabarito de 1 x 1 m ao se coletar uma amostra por parcela em cada tratamento. O gabarito foi colocado aleatoriamente na área a ser amostrada e a palhada em seu

interior coletada manualmente e acondicionada em saco de papel Kraft, antecipadamente identificado. As mostras foram acondicionadas em estufa ventilada a 60 °C até atingir peso constante. Esse procedimento foi realizado após a colheita de cada uma das culturas e os resultados convertidos em t.ha⁻¹.

A temperatura foi obtida com a instalação de um termômetro na área de mata o qual era lido diariamente, enquanto que as informações referentes a área agrícola foram obtidas junto uma estação meteorológica situada a 20 km da área experimental

4.3 Coleta e análise da fauna edáfica

A fauna edáfica foi amostrada de acordo com três metodologias distintas, pois não há metodologia única capaz de garantir o inventário completo dos organismos de interesse (BIGNELL *et al.*, 2010; HUISING *et al.*, 2010).

A avaliação quantitativa da macrofauna foi obtida de acordo com o protocolo padrão do *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) descrito por Moreira Bignell *et al.* (2010). Nesta metodologia, o solo de cada uma das parcelas foi marcado com uma estrutura de madeira com dimensões de 0,25 x 0,25 x 0,30 m (Figura 2).



Figura 2 Método *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF)

FONTE: Pasqualin (2009).

O monólito foi isolado e escavado ao seu redor, o qual resultou em um pilar de solo intacto, dividido em três camadas: (C1) 0-10 cm, (C2) 10-20 cm e (C3) 20-30 cm, removidas com pá reta e armazenadas em sacos plásticos identificados com a parcela da coleta e a camada de solo retirada. As amostras foram encaminhadas ao

laboratório onde foram analisadas por catação manual com auxílio de lupa. Os organismos encontrados foram armazenados em frascos identificados, os quais continham solução aquosa conservante de álcool 70%.

Utilizou-se o método do Funil extrator de Berlese-Tüllgren, segundo Aquino *et al.* (2006) para a determinação quantitativa dos organismos pertencentes à mesofauna. Para tal, coletou-se uma amostra de solo em cada uma das parcelas das três profundidades, com uma sonda nas dimensões de 17,5 cm de altura e 8 cm de diâmetro, as quais foram armazenadas em sacos plásticos identificados, totalizando 73 amostras de solo em cada coleta. Cada amostra de solo foi transferida para um funil extrator, cuja base foi um recipiente plástico com solução de álcool a 30 %. Cada extrator é composto por um container, receptor das amostras de solo, contendo uma malha de 2 mm, soldada ao fundo, confeccionada em aço inoxidável e, um funil com tubo coletor também em aço inoxidável e encaixado na parte inferior do container. Acima dos funis, lâmpadas incandescentes de 25 W foram acesas, pelo período de sete dias, a fim de se elevar a temperatura e diminuir a umidade do solo (Figura 3).



Figura 3 Extrator de Berlese - Tüllgren

FONTE: Acervo pessoal

A mesofauna reage ao calor e move-se para o fundo do frasco que contém solução conservante. Transcorrido esse período, o conteúdo de cada frasco coletor foi analisado individualmente.

Armadilhas de queda do tipo 'Trampas de Tretzel' (*Pitfall-traps*) foram utilizadas para a avaliação qualitativa dos organismos epiedáficos, ou seja, representantes da meso e macrofauna com comportamento ecológico epigéico (BIGNEL *et al.*, 2010). As armadilhas com diâmetro de 12 cm de diâmetro foram confeccionadas com frascos plásticos e enterradas ao nível do solo, contendo solução conservante de formol a 4% para matar e conservar os animais capturados (Figura 4) (BARETTA *et al.*, 2008).



Figura 4 Armadilha Pitfall Trap

FONTE: Arquivo pessoal

As armadilhas foram cobertas com pranchas de madeira, apoiadas em pregos galvanizados a uma distância mínima de 2,5 cm acima do substrato, para impedir a entrada de água da chuva e, conseqüentemente, o transbordo da solução conservante e a diluição, os quais comprometeriam a qualidade das amostras.

As armadilhas foram distribuídas aleatoriamente em triplicata, em cada uma das parcelas e permaneceram no campo por sete dias. Após esse período, as armadilhas foram removidas do campo, identificadas e levadas ao laboratório onde o conteúdo foi lavado em água corrente. O conteúdo da armadilha foi vertido em peneira

de malha fina (155 *mesh*), para que os espécimes fossem, posteriormente, acondicionados em frascos contendo solução de álcool 70%.

Os organismos coletados pelos diferentes métodos foram identificados em laboratório com o auxílio de microscópio estereoscópico, com aumento de 40 vezes, baseados em chaves dicotômicas de classificação e consulta a materiais bibliográficos (GALLO *et al*, 2002). A classificação dos organismos foi realizada em nível taxonômico de ordem ou família, de acordo com a funcionalidade e importância do grupo para que fossem obtidos o número total de táxons (riqueza) e o número de organismos de cada táxon (abundância).

4. 4 Análise dos Dados

O estudo foi avaliado a partir de análise multivariada, amplamente aplicada em estudos biológicos, pois permite a avaliação de vários atributos simultaneamente (MALUCH-BARETA *et al.*, 2006). Assim, a necessidade de análise multivariada surge toda vez que o pesquisador tem mais de uma variável a ser analisada e um grande número de indivíduos (grupos, famílias e espécies e necessita estudar simultaneamente suas relações).

No presente estudo, em função das variáveis avaliadas, utilizaram-se como métodos de análise multivariada a análise de correspondência (CA), a Análise de correlação canônica (CCA) Per-MANOVA com o software Pc-word e os índices ecológicos de diversidade, utilizando o software Statistica.

A análise de correspondência refere-se a uma análise de ordenação, na qual os dados são transformados em valores relativos e a representação gráfica demonstra maior ou menor associação de cada ordem por cada tratamento (BARETTA *et al.*, 2006). Neste estudo, o objetivo da CA é observar a afinidade de algumas ordens de organismos edáficos com áreas agricultáveis submetidas a diferentes tratamentos, bem como com a área de mata, usando a frequência de ocorrência de cada organismo. Os dados foram transformados para a realização da CA.

A Per-MANOVA foi aplicada aos dados a fim de verificar a significância estatística sobre os grupos edáficos entre os diferentes tratamentos e períodos de avaliação.

Entre as diversas técnicas de análises multivariadas, a Análise de correspondência canônica (CCA) é uma das mais indicadas quando ao objetivo é obter uma relação mais estreita das variáveis ambientais com a abundância de espécies para que se façam ordenações com base em regressões múltiplas (CUNHA

et al., 2003). Na CCA, os eixos são definidos em combinação com variáveis ambientais, as quais produzem diagramas para que se visualize um padrão de variação da comunidade bem como as características principais responsáveis pelas distribuições das espécies ao longo das variáveis ambientais (MELO e HEPP, 2008).

A abundância da fauna do solo nas diferentes áreas foi avaliada pelos índices de diversidade de Shannon (H) uniformidade de Pielou (e) e a riqueza de espécies (número de grupos identificados).

Segundo Odum (1983), a riqueza de grupos corresponde ao número de total de grupos, ordens ou espécies observadas em uma comunidade e segundo o mesmo autor, o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H) considera a riqueza das espécies e sua abundância relativa. Este índice mede o grau de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido, ao acaso, de uma amostra com X espécies e número de indivíduos. Quanto menor o valor do índice de Shannon, menor o grau de incerteza e, portanto, a diversidade da amostra é baixa. A diversidade tende a ser mais elevada quando o valor do índice é maior, o qual é calculado por meio da Equação 1:

$$H = - \sum p_i \cdot \log P_i$$

Em que:

$$p_i = n_i/N;$$

n_i = densidade de cada grupo;

N = número total de grupos.

O Índice de Uniformidade de Pielou (e) é um indicador de equitabilidade ou uniformidade, em que a uniformidade refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies, ou seja, expressa a maneira pela qual o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, assim, indica se elas possuem abundâncias (número de indivíduos) semelhantes ou divergentes. O índice é expresso de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, mais semelhantes em abundância são as ordens. Logo, o índice é calculado por:

$$e = H / \log S$$

Em que:

H = Índice de Shannon;

S = Número de espécies ou grupos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados climatológicos

Os dados climáticos locais, referentes às temperaturas médias e precipitação, durante o período de estudo, foram obtidos pelo órgão meteorológico regional e estão apresentados na Figura 6. Vale ressaltar que os dados de temperatura e precipitação podem estar subestimados ou superestimados em relação aos reais, visto que se referem à estação situada na cidade de Guaraniaçu, PR, situada a 20 km da área em estudo.

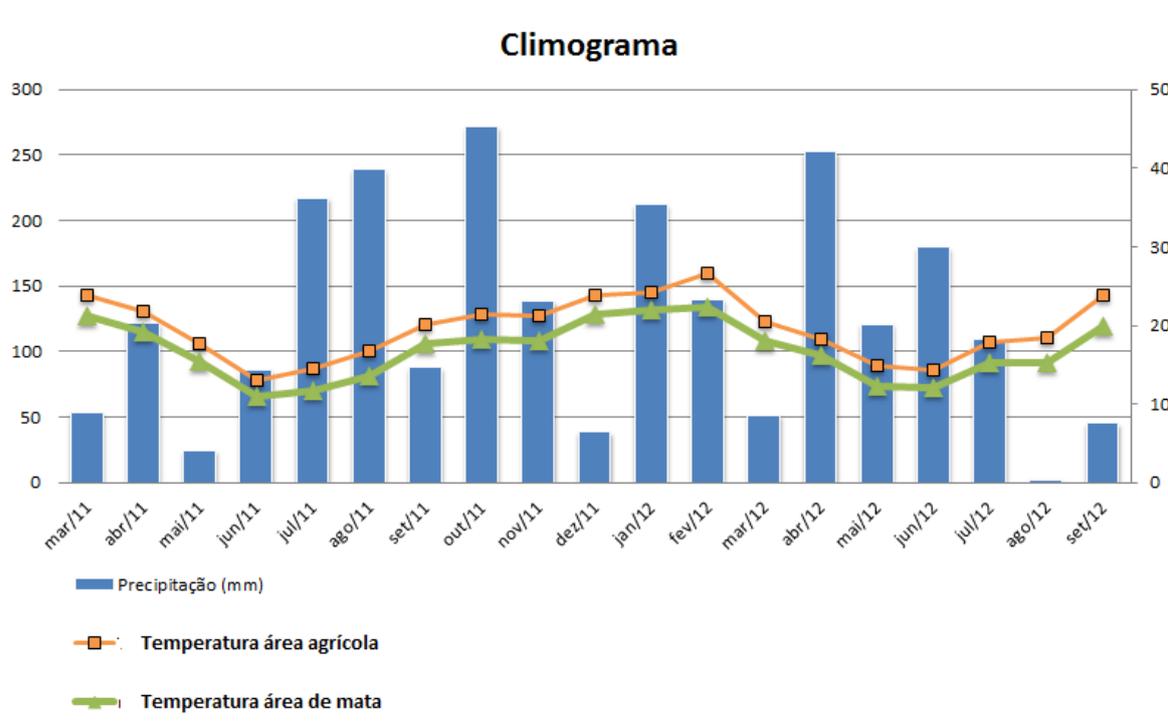


Figura 06 Dados climatológicos mensais de precipitação e temperatura média do ar.

A análise da Figura 06 mostra que a maior temperatura média do ar para a área agrícola foi de aproximadamente 27 °C e a mínima de 13 °C e representam as estações de verão e inverno, respectivamente. Já para a área de mata, verifica-se que a maior temperatura média do ar foi de 22 °C e corresponde ao período de verão, enquanto a mínima registrada foi de 11°C, referindo-se à estação fria. Quanto aos dados pluviométricos, observa-se que o maior valor de precipitação acumulada

ocorreu no mês de outubro/2011 com 271 mm, enquanto o menor valor refere-se ao mês de agosto/2012, com 2,4mm acumulados.

5.2 Temperatura e umidade do solo

Na Tabela 04 são apresentados os resultados referentes à temperatura média do solo em cada um dos tratamentos durante a amostragem da fauna edáfica durante o cultivo de milho/aveia/soja/milho/aveia.

Tabela 04 Temperatura média do solo em cada tratamento durante a amostragem da fauna edáfica.

Temperatura Média (°C)		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Milho	0-10 cm	24	22	20	20	20	20	17
	10-20 cm	23	19	19	19	19	19	17
	20-30 cm	20	17	18	18	18	18	17
Aveia	0-10 cm	17	16	16	16	16	16	14
	10-20 cm	16	15	15	16	16	15	13
	20-30 cm	16	15	15	15	15	15	13
Soja	0-10 cm	27	24	23	23	23	21	17
	10-20 cm	25	22	22	22	22	19	17
	20-30 cm	22	19	20	21	21	18	16
Milho	0-10 cm	23	20	18	18	19	19	16
	10-20 cm	21	18	17	18	19	18	16
	20-30 cm	19	17	17	17	18	18	15
Aveia	0-10 cm	16	16	15	15	15	15	14
	10-20 cm	15	15	15	15	15	15	13
	20-30 cm	15	15	15	15	15	15	13

T1: ARS0; T2: ARS50; T3: ARS100; T4: ARS150; T5:ARS200; T6: NPK; T7: Mata Nativa

NOTA: Média de três repetições

A análise dos dados referentes à temperatura do solo apresentados na Tabela 4 aponta que os menores valores foram registrados para a área de mata (T6) nas três profundidades avaliadas, enquanto as maiores temperaturas foram observadas para o tratamento T1 (0ARS), logo, semelhantes nos tratamentos T3 (100ARS) e T4 (150ARS).

Para a área de mata, em qualquer período avaliado, observa-se que a variação da temperatura com a profundidade do solo é mínima, uma vez que este ambiente está constantemente sombreado, ou seja, não há incidência de radiação

direta sobre o solo que poderia formar um gradiente de temperatura significativo para diferentes profundidades no solo (RODRIGUES *et al.*, 2011).

Para as parcelas agricultáveis, via de regra, observa-se que a maior temperatura ocorreu no tratamento com menor cobertura vegetal e foi próxima entre os tratamentos com maior cobertura vegetal favorecida pela utilização da água ARS. Isso comprova que a temperatura do solo está diretamente relacionada com a cobertura, a qual tende a interceptar os raios solares que se dirigem à superfície, criando um microclima específico sob a mesma (OLIVEIRA *et al.*, 2005). Segundo Eltz e Rovedder (2005), a presença de cobertura vegetal exerce papel extremamente importante, pois minimiza as variações de temperatura que influenciam os mecanismos das reações químicas e os processos biológicos que ocorrem no solo. Além disso, é importante o estabelecimento de condições que favoreçam um intervalo de temperaturas amenas, para a preservação do equilíbrio do ambiente edáfico.

Na Tabela 05 são apresentados os resultados referentes à umidade média do solo em cada um dos tratamentos durante a amostragem da fauna edáfica no cultivo de milho/aveia/soja/milho/aveia.

Tabela 05 Umidade média do solo para cada tratamento durante cinco ciclos de cultivo.

Umidade Média		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Milho	0-10 cm	6,22	6,39	6,76	7,14	8,12	6,55	8,91
	10-20 cm	6,76	6,98	7,13	7,49	8,38	6,93	8,99
	20-30 cm	7,02	7,12	7,48	8,06	10,01	7,29	10,69
Aveia	0-10 cm	6,36	6,49	6,83	7,28	8,98	6,77	9,73
	10-20 cm	7,17	7,23	7,66	7,41	9,21	7,55	9,90
	20-30 cm	8,31	8,72	8,96	9,32	10,61	8,41,	12,79
Soja	0-10 cm	3,51	4,12	4,83	5,38	6,28	4,92	7,28
	10-20 cm	4,13	4,55	5,09	5,79	6,66	5,48	7,77
	20-30 cm	4,96	5,12	5,57	6,09	7,13	5,91	8,74
Milho	0-10 cm	6,01	6,56	6,94	7,33	9,46	6,96	11,61
	10-20 cm	6,14	7,04	7,66	8,09	9,98	7,54	12,83
	20-30 cm	7,01	7,73	8,22	8,95	10,1	8,13	14,11
Aveia	0-10 cm	5,49	5,89	6,56	7,11	9,55	6,71	11,01
	10-20 cm	5,76	6,07	6,91	7,84	10,13	7,00	11,12

	20-30 cm	6,48	6,81	7,77	8,49	10,98	7,53	12,41
--	----------	------	------	------	------	-------	------	-------

T1: ARS0; T2: ARS50; T3: ARS100; T4: ARS150; T5: ARS200; T6: NPK; T7: Mata Nativa

NOTA: Média de três repetições

Verificou-se o incremento com a profundidade de amostragem nas determinações da umidade do solo. Na comparação entre tratamentos, o solo com menor cobertura mostrou os menores valores de umidade nas três profundidades de amostragem estudadas. A perda de água foi facilitada pela maior exposição da superfície de evaporação e a maior temperatura registrada na ausência de vegetação. Em contrapartida, os maiores valores referentes à umidade foram registrados para a área de mata na presença da cobertura vegetal, todavia, os valores foram semelhantes entre os demais tratamentos. A cobertura do solo o protege da insolação, ameniza a temperatura do ambiente e do solo, além de interferir na ação do vento. Basicamente, a cobertura dificulta o fluxo do vento e reduz sua capacidade de renovação da massa gasosa da superfície do solo, além de minimizar o ressecamento (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Tal afirmação é reforçada por Farias *et al.* (2012) que estudaram parâmetros microclimáticos de área de preservação permanente e observaram que a presença da vegetação tem efeitos marcantes na formação de um microclima, com temperaturas mais baixas e conseqüentemente maior umidade.

Segundo Vallejo *et al.* (1987), a existência de um maior número de espécies vegetais devido à presença de exemplares de porte arbóreo na área de mata **fornece/** favorece a um microclima mais estável com maior sombreamento e umidade, além de variedades e disponibilidade de itens alimentares, representados pelos compostos orgânicos presentes na serapilheira. Além disso, há maiores possibilidades de refúgio contra predadores que favorecem o desenvolvimento e o estabelecimento dos grupos edáficos.

5.3 Características físicas do Solo

Na Tabela 06, os resultados referentes à caracterização física do solo são apresentados após a aplicação dos tratamentos, durante os cultivos de milho/aveia/soja/milho/aveia.

A análise física do solo submetido aos diferentes tratamentos, após cinco ciclos de cultivo, não indicou alteração em relação às condições iniciais, tanto para os valores de densidade quanto para a macro e microporosidade.

Tabela 06 - Caracterização física do solo após cinco ciclos de cultivo com diferentes doses de água residuária da suinocultura, proveniente de criatório de matrizes e armazenada em esterqueira.

TRATAMENTOS	PARÂMETROS FÍSICOS			
	DENSIDADE	MACROPOROSIDADE	MICROPOROSIDADE	POROSIDADE TOTAL
T1	1,17	11,40	36,33	47,73
T2	1,16	13,60	34,26	47,86
T3	1,18	12,70	34,87	47,57
T4	1,17	11,59	35,51	47,10
T5	1,15	12,77	33,95	46,72
T6	1,14	11,60	35,43	47,03
T7	1,18	17,00	33,66	50,66

T1: ARS0; T2: ARS50; T3: ARS100; T4: ARS150; T5: ARS200; T6: NPK; T7: Mata Nativa

Nota: Método do anel volumétrico; Média de três repetições.

Os valores de densidade encontrados permaneceram entre 1,14 e 1,18 g cm⁻³. Tais dados corroboram com Archer e Smith (1972), os quais salientam que o limite máximo tolerado da densidade para solos argilosos é de 1,20 g cm⁻³. E os solos com densidade acima de 1,3 g cm⁻³ apresentam sérios problemas quanto à permeabilidade e à aeração. O mesmo foi exposto por Reichert *et al.* (2003), quando salientaram que valores de densidade superiores a 1,5 g cm⁻³ interferem no bom desenvolvimento do sistema radicular, em virtude da compactação do solo. Os valores reportados concordam ainda com Tomé Jr (1997), o qual destaca que, solos classificados como argissolos têm como características físicas elevados valores de microporosidade e porosidade total, que garantem drenagem acentuada e densidade próxima a 1 g cm⁻¹, nas regiões não compactadas. Sochting e Larink (1992) e Baretta *et al.* (2007) destacam também que a compactação do solo leva à redução da população e biomassa de organismos edáficos e que algumas espécies podem até mesmo desaparecer do *habitat* submetido a essas condições, alterando o funcionamento do ecossistema.

Assim, com base na caracterização física apresentada, pode-se afirmar que os resultados referentes à densidade e diversidade de organismos pertencentes à meso e macrofauna edáfica não foram influenciados por mudanças nos parâmetros físicos do solo uma vez que tais parâmetros funcionam como indicadores de possíveis restrições aos organismos edáficos, especialmente aqueles com baixa mobilidade.

5.4 Produção de matéria seca

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de produção de serapilheira em área de mata e de massa seca para os cultivos de milho, aveia e soja em cada período e tratamento.

Tabela 7 Produção de serapilheira em área de mata e de matéria seca das culturas de milho/aveia/soja fertilizadas com água residuária da suinocultura e NPK e cultivadas em Latossolo Vermelho Distroférico Típico.

Culturas	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Milho/2011	10,2	10,3	10,8	11,7	12,1	10,6	1,1
Aveia/2011	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,1	1,5
Soja/2011	3,5	3,8	4,1	4,4	4,5	4,3	1,1
Milho/2012	8,4	10,5	11,6	12,4	14,4	11,6	1,2
Aveia/2011	0,5	0,9	1,1	1,2	1,4	1,2	1,6

T1: ARS0; T2: ARS50; T3: ARS100; T4: ARS150; T5:ARS200; T6: NPK; T7: Mata Nativa

NOTA: Média de três repetições

Valores expressos em toneladas ha⁻¹

A análise dos dados apresentados na Tabela 7 mostra que a maior produção de massa seca ocorreu para o tratamento ARS200 em todos os períodos avaliados. Observa-se ainda que, dentre as culturas, a maior quantidade de massa seca foi obtida para a cultura do milho, a qual atingiu o valor de 14,4 toneladas ha⁻¹ durante o segundo ciclo de cultivo. Esse resultado é o reflexo do próprio metabolismo da planta, a qual não é fixadora de nitrogênio, tornando-a ávida por esse elemento disponível no solo e, presente em elevada quantidade no tratamento ARS200, a fim de permitir o bom desenvolvimento da cultura.

Resultados semelhantes foram descritos por Ceretta *et al.* (2005b) quando avaliaram a cultura do milho cultivado com doses de 0, 20, 40 e 80m³ ha⁻¹ de dejetos líquido de suínos, aplicado antes da semeadura das culturas: aveia preta (*Avena strigosa* Schieb), milho (*Zea mays*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), totalizando três aplicações anuais. Os autores observaram aumentos lineares na produção de massa seca, coincidente com o aumento das doses de ARS avaliadas. Tal resultado foi atribuído à disponibilidade imediata de nitrogênio nestes resíduos bem como ao acúmulo no solo, ao longo de sucessivas aplicações.

Em contrapartida, os menores valores de massa seca entre os tratamentos utilizando ARS foram registrados para o tratamento ARS0. Foi possível observar a redução desse valor no segundo ciclo de cultivo de cada cultura, pela exaustão dos

nutrientes do solo, uma vez que não existia uma fonte de aporte de nutrientes, exceto os restos da própria cultura.

Para a área de mata, os valores obtidos de massa seca de serapilheira foram inferiores à grande maioria dos valores obtidos para os tratamentos com ARS e NPK. Dentre os períodos de amostragem, verifica-se que houve maior deposição de serapilheira durante o inverno. Esse resultado corrobora com Caldeira *et al.*(2008), que verificou maior acúmulo de serrapilheira durante os meses de inverno em três estádios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau-SC. Fortes *et al.* (2008) obtiveram resultados semelhantes em uma floresta ombrófila mista no Rio Grande do Sul. Tais resultados foram justificados pelos autores como o resultado da queda de maior quantidade de folhas bem como a redução da atividade de microrganismos decompositores no solo, em virtude da redução da temperatura. No verão, a elevação da radiação solar, da temperatura do ar e do solo favoreceu o aumento da atividade microbiana que, por sua vez, diminuiu a quantidade absoluta de material depositado (FORTES *et al.*, 2008).

5.5 Características químicas do solo

Na Tabela 08, estão apresentados os resultados referentes à caracterização química do solo em cinco ciclos de cultivo, após a aplicação da água residuária da suinocultura, proveniente de criatório de matrizes e armazenada em esterqueira. Em virtude das características químicas variáveis da ARS, observa-se oscilação nos valores ao longo dos tratamentos bem como em virtude da cultura implantada, as quais apresentam diferentes demandas nutricionais.

Tabela 08 Caracterização química do solo na área agrícola durante os ciclos de cultivo de milho/aveia/soja/milho/aveia e área de mata na camada de 0-10 cm

Tratamentos	pH (água)	MO (g dm ⁻³)	P	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	m	Cu	Zn	Nt	CE	NH ₄	NO ⁻³ + NO ⁻²
			mg dm ⁻³					mmolc dm ⁻³				%		mg dm ⁻³		μS Cm ⁻¹		mg dm ⁻³
Segunda amostragem – Cultura de milho																		
T1	6,5	49,6	8,0	0	31,3	114,6	41,3	6,9	162,6	194,3	83,6	0	8,2	6,9	3336,6	63,7	22,1	11,1
T2	6,4	49,3	10,5	0	33,3	114,3	42	8,5	164,6	198,3	83	0	8,2	6,8	3196,6	69,2	25,6	9,9
T3	6,7	48,6	12,2	0	27,6	114,6	43,3	5,3	163	191	85,3	0	7,7	6,7	3103,3	70,13	22,1	13,4
T4	6,4	51,3	18,6	0	37,3	114,6	42,3	7,4	164	201,3	81,3	0	8,1	7,6	3523,3	85,4	100,3	12,3
T5	6,3	49	14,7	0	37	109,3	42,3	5,0	156,6	193	81	0	9,4	7	3196,6	70,4	25,6	9,9
T6	6,4	54	9,5	0	33,6	113,6	41	7,8	162,3	196	82,6	0	8,7	6,8	3243,3	75,7	24,5	8,8
T7	5,5	50,6	2,7	3,7	66,6	93,6	35	7,1	136,3	203,3	66,3	6,73	6,1	7,5	3465,0	75,9	78,8	16,3
Terceira amostragem – cultura de aveia																		
T1	6,1	50,6	6,3	0	32	101,3	36,6	6,6	145	176,6	82	0	8,0	6,3	3103,3	135,3	33,8	57,8
T2	6,2	47,6	6,6	0	31,3	102,6	37,3	7,3	147	178,6	82,3	0	8,5	6,3	2916,6	120,2	36,1	47,3
T3	6,2	47,3	9,3	0	29,6	103,6	40,3	4,8	149	178,6	83,3	0	8,7	6,3	2730	117,3	32,6	46,1
T4	6,2	50	9,0	0	32	101,3	36,6	6,9	145,3	177,3	82	0	9	6,8	3196,6	153,6	39,6	56,6
T5	6,3	45,6	6,9	0	31	101,3	39	4,3	144,6	175,3	82,3	0	8,9	6,1	2776,6	106,6	43,1	40,3
T6	5,8	45,3	8,9	0,8	37,6	104,3	34	6	144,6	181,6	79,3	1,4	9,7	6,8	2870	153,6	35	83,4
T7	5,4	38,7	2,13	4,2	74	74,6	34	7,3	116,6	191,6	60,6	5,9	7,7	7,1	2776,6	59,8	43,2	17,8

Quarta amostragem – cultura de soja																		
T1	6,1	43	5,3	0,4	30,6	100,6	4	4,5	146,3	177,3	82,6	0,7	8,1	6,1	3010	136,1	46,6	82,3
T2	6,3	43	6,7	0	30,3	101,3	40,3	7,2	149,3	179	83,3	0	8,2	6,2	2870	126,7	50,7	50,8
T3	6,3	41,5	12,5	0	29	103	39,5	7,65	150,5	179,5	83,5	0	9,3	6,6	2940	134,6	33,2	68,3
T4	6,1	43	8,2	0,6	32	105,3	39	6,8	151	183,3	82,6	1,0	8,4	6,5	2916,6	146,1	31,5	71,8
T5	6,1	38,6	8,5	0,95	33,6	100,3	37,3	5,9	143,6	177,3	81	1,0	9,3	6,0	2776,6	115,0	66,5	58,9
T6	6,19	44,5	7,7	0,3	32	99	38	5,8	143	174,5	82	0,5	8,3	6,4	3010	123,5	40,2	64,8
T7	5,5	46,6	2,5	4,1	69,3	84,3	34,3	7,0	126,3	196,3	64	7,43	6,6	7,4	3243,3	68,2	67,6	16,3
Quinta amostragem – cultura de milho																		
T1	6,2	37,3	3,36	0,21	33	99,3	38,6	3,9	141,6	175	81	0,3	9,4	5,7	2823,3	87,3	34,9	50,2
T2	6,33	37,6	4,0	0,31	31,6	94,3	37	6,3	137,6	169,3	81	0,5	10	5,5	2566,6	69,0	34,8	29,8
T3	6,26	39,3	7,4	0,5	31	102	38,6	5,3	146,3	148,3	82	0,8	10,1	6,1	2800	105,2	32,4	60,7
T4	6,2	38	4,3	0	30	104	37,6	5,5	147,6	178	83	0	10,0	5,8	2776,6	115,7	30,9	53,7
T5	6,1	37,6	5,2	0,41	31,6	98,6	37,3	4,8	141	173,6	81	0,7	10,3	5,6	2706,6	117,1	45,4	63,6
T6	6,2	41,3	7,0	0,1	33,3	99,6	38,3	6,7	143,6	178	81	0,3	9,9	6,2	2870	104,0	38,9	49,0
T7	5,4	43	2,4	4,03	70,6	80	34,3	7,9	122,3	194	63	7,5	7,3	7,1	2963,3	65,3	53,6	17,5
Sexta amostragem – cultura de aveia																		
T1	6,3	32,3	1,6	0	35,3	98	36,6	3,3	137,6	173,	79,6	0	10,8	5,2	2636,6	38,	23,3	18,13
T2	6,5	35,3	2,5	0	29,6	91	36,3	6,7	134,3	164,3	81,3	0	11,2	5,1	2450	46,3	31,5	20,4
T3	6,4	35	2,7	0	30,3	100,3	38,3	3,6	142	172,3	82,3	0	11,3	5,6	2543,3	60,2	29,1	25,1
T4	6,3	34	2,5	0	29,3	104,3	38,3	4,3	147	176,3	83	0	11,2	5,5	2636,6	83,4	28	37,9

T5	6,20	35,3	2,1	0,6	33	96,6	37,6	4,1	138,3	171,6	80,6	1,0	11,7	4,9	2496,6	100,2	28	56,6
T6	6,2	35,6	4,8	0	37	99	35,3	5,5	139,3	177	79	0	11,6	6,1	2590	53,1	25,6	18,1
T7	5,3	30,6	1,7	4,3	79	65,6	34,3	7,6	107,6	187,6	57,6	8,5	8,8	6,9	2310	51,3	18,6	19,3

T1: ARS0; T2: ARS50; T3: ARS100; T4: ARS150; T5:ARS200; T6: NPK; T7: Mata Nativa

NOTA: Média de três repetições

5.6 Organismos edáficos – Análise de correspondência e de espécie indicadora

As análises dos organismos coletados pelos métodos TSBF, extrator de Berlese-Tülgren e Pitfall demonstraram a ocorrência de doze ordens de organismos edáficos nas áreas em estudo, são eles: Collembola, Hymenoptera, Aranae, Diptera, Coleoptera, Chilopoda, Orthoptera, Acari, Hemiptera, Diplura, Protura, Oligochaeta e um grupo heterogêneo de larvas oriundas de diferentes ordens.

Nas Figuras 7 e 8, a análise de correspondência (CA) está apresentada para os tratamentos e grupos edáficos, respectivamente.

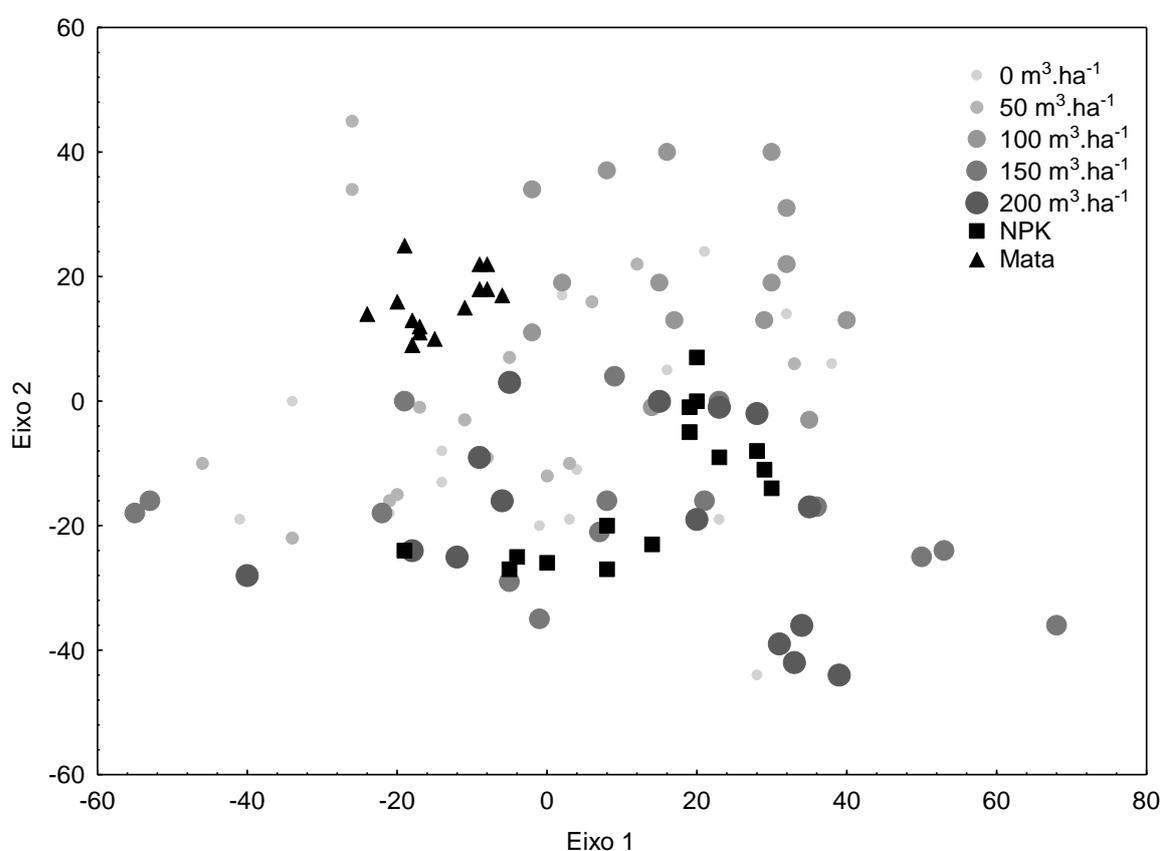


Figura 7 Distribuição dos tratamentos em função da incidência de doze grupos edáficos amostrados durante cinco ciclos de cultivo segundo a análise de correspondência.

Ao se analisar a Figura 7, observa-se que os eixos 1 e 2 corresponderam a 25,54 e 17,69 % da variabilidade, respectivamente, os quais juntos explicam aproximadamente 43 % da variabilidade total dos dados. Observa-se que os tratamentos apresentaram a formação de blocos razoavelmente nítidos. Em relação à porção central da figura, a área de mata está disposta mais à esquerda na porção

superior, enquanto os tratamentos NPK e ARS200 encontram-se situados na porção inferior direita. Isso demonstra certa separação entre as diferentes áreas estudadas.

Observa-se ainda que os tratamentos ARS50 e ARS100 apresentaram uma distribuição semelhante entre si, portanto, sugerem que a ação desses tratamentos desencadeia efeitos semelhantes sobre a distribuição dos organismos edáficos no ambiente. O mesmo pode ser aplicado aos tratamentos ARS200 e NPK, todavia o tratamento ARS150 parece ser o que apresenta maior ação transitória sobre os organismos edáficos.

A distribuição dos tratamentos no gráfico sugere que o uso de doses mais baixas de ARS (50 e 100 m³ h⁻¹) garantem maior semelhança na composição faunística em relação à área de mata, pois os tratamentos encontram-se preferencialmente distribuídos na porção superior.

A análise de correspondência realizada considerando os grupos (Figura 8) permite observar uma maior ou menor associação entre cada grupo edáfico, pela proximidade entre as variáveis. Quanto mais próximas, maior é a ocorrência conjunta.

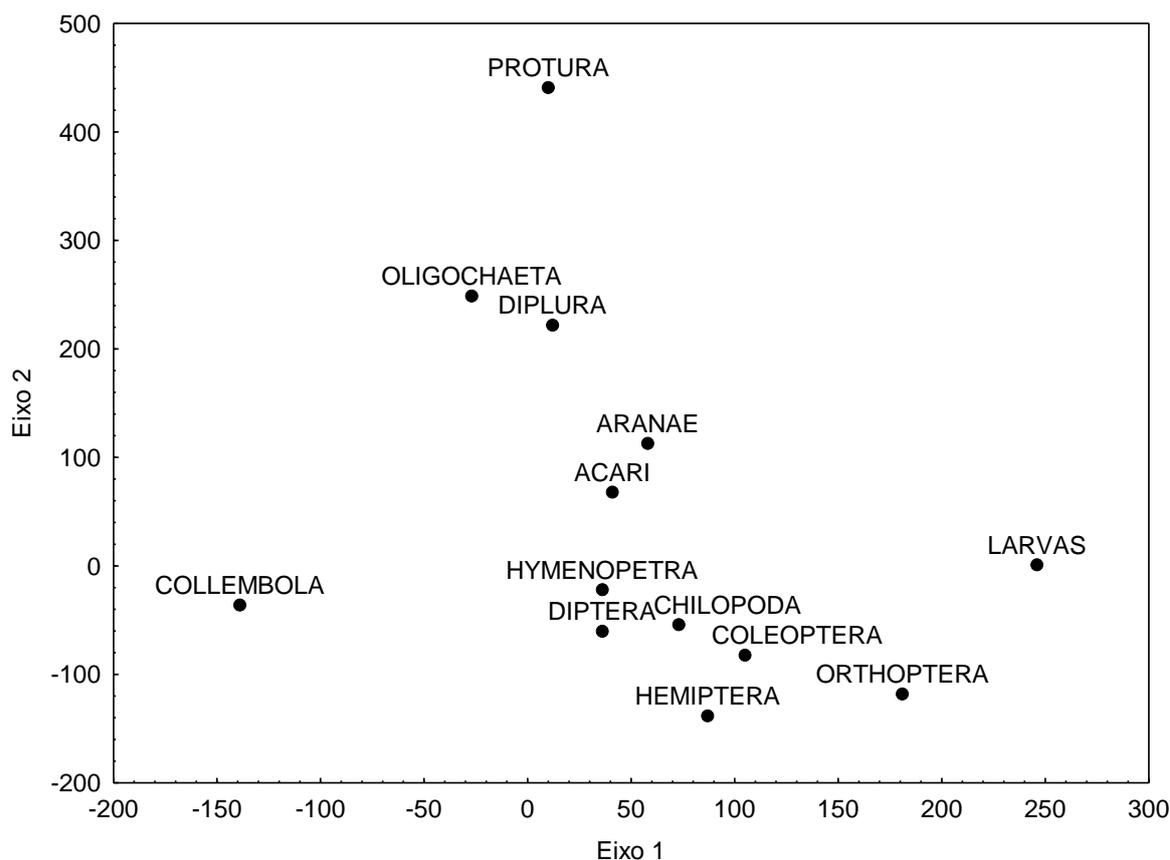


Figura 8 Distribuição dos grupos edáficos em função dos tratamentos durante cinco ciclos de cultivo segundo a análise de correspondência.

Logo, pode-se dizer que os grupos Hymenoptera, Diptera, Chilopoda, Coleoptera, Orthoptera, Hemiptera, Acari, Aranae e larvas apresentaram distribuição semelhante entre si. Os grupos Collembola, Protura e Diplura e Oligochaeta separaram-se dos demais grupos e formam grupos isolados, portanto, sugerem ação diferenciada dos tratamentos sobre a distribuição desses.

De acordo com a Análise de Espécie Indicadora (ENDIVAL), as ordens Collembola, Hymenoptera, Aranae, Diptera, Acari, Hemiptera, Diplura, Protura e Oligochaeta foram caracterizadas para a área de mata (T7); Coleoptera para o tratamento T3 (ARS100), enquanto os grupos Chilopoda, Diptera, Orthoptera, Hemiptera e as larvas não apresentaram diferença significativa para quaisquer dos tratamentos avaliados (Tabela 09).

Os resultados analisados e apresentados na Tabela 9 mostram que durante os cinco períodos de amostragem os grupos mais representativos foram Collembola, Acarina, Coleoptera e Hymenoptera. Outros grupos foram amostrados, porém com frequência inferior a 8 % do total de organismos. Esse mesmo comportamento foi descrito por Silvano (2011), quando avaliou o comportamento da fauna edáfica mediante a utilização de doses crescentes de dejetos líquidos da bovinocultura (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) no cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) no inverno e soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e milho (*Zea mays* L.) no verão, em sistema de plantio direto.

Ainda de acordo com a análise dos dados na Tabela 9, observa-se que a maior densidade de organismos foi registrada para a área de vegetação nativa na maior parte das ordens encontradas, durante os cinco períodos de amostragem excetuando-se as ordens Diptera, Coleoptera e Chilopoda. Tal resultado já era esperado, de acordo com as condições favoráveis ao estabelecimento da fauna edáfica, em detrimento das áreas agricultáveis submetidas ao manejo do solo, aplicação de fertilizantes, herbicidas e pesticidas.

Tabela 09: Número de indivíduos (N) de cada ordem, abundância e frequência relativas e valor indicador (INDVAL) para os tratamentos utilizados. Dados obtidos durante o período do mês de fevereiro de 2011 a setembro de 2012

Grupos	N	Abundância (%)							Frequência (%)							INDIVAI							p-value	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
COLLEMBOLA	19746	12	9	17	16	9	9	28	100	100	100	100	100	100	100	100	12	17	9	16	9	9	28	0.0002
HYMENOPTERA	3707	12	13	13	14	12	11	25	100	100	100	100	100	100	100	100	12	13	13	14	12	11	25	0.0002
ARANAE	347	11	12	18	15	6	7	31	87	73	93	87	40	53	100	9	9	17	13	2	4	31	0.0002	
DIPTERA	378	11	13	19	15	13	13	18	67	73	93	87	67	73	100	7	9	17	13	8	9	18	0.1726	
COLEOPTERA	1184	13	14	18	17	14	12	13	100	100	100	93	93	100	100	13	14	18	15	13	12	13	0.0052	
CHILOPODA	270	14	10	17	18	14	9	18	60	80	100	93	73	53	93	8	8	17	17	10	5	17	0.182	
ORTHOPTERA	221	10	11	15	19	12	18	16	60	60	67	87	60	93	87	6	6	10	16	7	17	14	0.2364	
ACARI	4342	10	13	17	12	10	11	26	100	100	100	100	100	100	100	10	13	17	12	10	11	26	0.0002	
HEMIPTERA	422	10	16	13	13	15	13	19	53	73	87	73	100	73	100	5	11	11	10	15	10	19	0.0698	
LARVAS	148	8	16	21	17	11	10	18	33	60	67	73	27	47	67	3	10	14	13	3	5	12	0.4139	
DIPLURA	360	6	16	24	7	7	8	31	53	93	100	47	60	53	100	3	15	24	3	4	4	31	0.0002	

PROTURA	113	12	15	27	4	3	0	40	47	53	67	13	13	0	100	5	8	18	0	0	0	40	0.0002
OLIGOCHAETA	108	6	12	28	9	4	11	30	27	47	93	33	20	53	93	2	6	26	3	1	6	28	0.0006

Valores indicadores significativos ($p < 0,05$) em negrito.

Segundo Correia e Andrade (1999), quanto mais diversa for a cobertura vegetal, maior será a heterogeneidade da serapilheira, que apresentará maior diversidade e densidade de comunidades da fauna. Assim como o fragmento de floresta natural contém maior diversidade de espécies vegetais e proporciona uma serapilheira com diversos substratos de qualidade nutricional e orgânica bastante distinta, se comparado aquele oferecido nas monoculturas. Neste sentido, os recursos alimentares disponíveis bem como a estrutura de micro-habitats gerados possibilitam a colonização de várias espécies e, em grande densidade. Stork e Eggleton (1992) também salientam que a diversidade e a densidade de espécies da fauna são proporcionalmente maiores em áreas de floresta tropical do que em áreas agrícolas.

Resultados semelhantes são descritos por Fernandes *et al.* (2008) ao avaliarem a biomassa e a densidade da macrofauna edáfica em Jaguapitã-PR, os quais observaram maior densidade para a área de mata e menor em áreas de cultivo de cana-de-açúcar.

Resultados semelhantes foram descritos por Moço *et al.* (2005), os quais estudaram diferentes tipos de vegetações, representadas por povoamento de eucalipto, floresta natural preservada e não preservada, capoeira em regeneração e pastagem com *Brachiaria decumbens* e observaram maior densidade e diversidade de organismos na área de floresta natural preservada. Os autores atribuíram tais resultados, principalmente, à maior disponibilidade e diversidade alimentar.

A análise da Tabela 9 aponta que a maior abundância de organismos amostrados entre os sete tratamentos foi a da ordem Collembola, com 19746 indivíduos, a qual apresentou 100% de frequência em todas as amostragens realizadas em todos os tratamentos, com destaque para a dominância de organismos pertencentes à mesofauna, cuja abundância é mais significativa para a área de mata. Esse mesmo comportamento, quanto à ordem, foi descrito por Alves (2006), em solos cultivados com aveia seguida de milho. Portanto, é possível verificar seu predomínio em relação às demais ordens em todos os tratamentos, compostos por fertilizante mineral (NPK) e ARS de suínos em terminação, proveniente de esterqueira, após 40 dias de armazenagem (tratamento primário), nas doses de 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹.

A distribuição do grupo em relação aos tratamentos com fertilizante orgânico e químico demonstrou maior densidade do grupo para os tratamentos ARS100 e ARS150, cujos tratamentos ARS200 e NPK apresentaram a mesma abundância. Tais resultados permitem sugerir a ação deletéria do NPK e ARS sobre o grupo quando utilizada em doses elevadas, enquanto doses intermediárias, associadas à boa cobertura vegetal atuam simultaneamente para o desenvolvimento e sobrevivência do grupo. A elevada densidade de organismos promovida pela disponibilidade de

alimento e associada às boas condições edafoclimáticas, segundo Lavelle (1996), teria favorecido, indiretamente, outros grupos como Araneae, Coleoptera e Acarina, os quais se alimentam dentre outros organismos também dos pertencentes à ordem Collembola, assim, há um aumento da diversidade local.

Resultados semelhantes foram descritos por Tessaro *et al.* (2011), quando avaliaram o efeito de ARS submetida ao tratamento em biodigestor e constataram um aumento progressivo do grupo até a dose de 200 m³ ha⁻¹, com redução em doses superiores. Essa diferença de tolerância do grupo em relação à dosagem entre esses dois estudos pode estar associada às características químicas atenuadas do efluente tratado em biodigestor.

A reduzida abundância no tratamento ARS200 pode ser explicada pela maior quantidade de Cu²⁺ e Zn²⁺ ao longo do período avaliado, como pode-se observar na Tabela 08. Esta explicação também foi ressaltada por Melo (2006) ao avaliar o comportamento do grupo frente ao uso de lodo de esgoto, proveniente de duas estações de tratamento de esgotos, em diferentes taxas de aplicação, por três anos consecutivos, na cultura do milho.

No entanto, estudos realizados com lodos de esgoto, Bruce *et al.* (1999), mostraram que o lodo contaminado por Cu²⁺ e Zn²⁺, de modo geral, não influenciou a abundância da ordem Collembola, embora tenham sido observadas diferenças em nível de espécies. Adicionalmente, os mesmos autores salientam a existência de espécies de colêmbolos que preferem solos contaminados por Zn²⁺, Cu²⁺, Cd²⁺, Ni²⁺, Cr⁶⁺ e Pb²⁺ e espécies que se desenvolvem melhor em solos não contaminados por metais pesados. Esta hipótese pode parcialmente explicar os resultados alcançados neste experimento, embora os resultados mais satisfatórios pudessem ter sido obtidos com um estudo mais detalhado em nível taxonômico desse grupo, ao serem separadas as espécies encontradas.

A letalidade dos metais pesados sobre o grupo Collembola também foi descrita por Segat (2012) quando avaliou a adição de diferentes doses de ARS ao solo em ensaios de toxicidade. Domene *et al.*, (2007) avaliaram diferentes resíduos orgânicos adicionados a um solo artificial sobre a sobrevivência de colêmbolos e encontraram efeitos de letalidade quando aplicado dejetos suíno (24g de dejetos kg⁻¹) e associaram os resultados à elevação nas concentrações de Zn²⁺.

A elevada densidade do grupo, encontrada no atual estudo, é de grande importância, pois os colêmbolos trazem benefícios ao solo, principalmente pela grande importância desses invertebrados para a decomposição e humificação da matéria orgânica (LAVELLE, 1996; BRUSSAARD, 1998).

Segundo a literatura, os ácaros edáficos, em conjunto com os colêmbolos, correspondem aos grupos numericamente mais representativos do solo, característica que associada a sua morfologia áptera e à sensibilidade a alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo possibilita que sejam utilizados como indicadores de qualidade ambiental (PRIMAVESI, 1990). De acordo com os dados apresentados na Tabela 8, tal premissa referente a esses dois grupos edáficos foi confirmada. Todavia, considera-se que os ácaros foram o segundo grupo mais representativo dentre as ordens amostradas, com um total de 4332 exemplares durante os cinco períodos de amostragem. A maior abundância desses organismos foi encontrada para a área de mata, seguida pelo tratamento ARS100, enquanto os menores valores foram relatados para ARS0 e ARS200.

Tal resultado corrobora o exposto por Antoniolli *et al.* (2006), os quais constataram que a adição de dejetos suínos brutos na dose de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ exerce efeito benéfico sobre a ácarofauna. Há também o predomínio do grupo sob tais condições, se comparadas com áreas que não receberam a adição do dejetos.

A afinidade e o benefício do grupo pela adição de material orgânico foram também reforçados por Melo (2006), o qual constatou que o uso de lodo de esgoto pode favorecer a ácarofauna em diferentes níveis. O autor observou que essa adição incrementou a população de ácaros em até seis vezes o valor no segundo ano de amostragem em relação à avaliação inicial. O autor verificou ainda que as características químicas de cada lodo parecem ter exercido efeitos diferenciados sobre o grupo, no que se refere à densidade, embora nos dois casos tenha sido constatado grande incremento do grupo. Este resultado pode ainda encontrar explicação na cadeia alimentar desses organismos, pois, segundo Lavelle (1996), as maiores populações de ácaros ocorrem em locais com maior disponibilidade de alimento, logo, a grande concentração de indivíduos pertencentes à ordem Collembola com o uso de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ pode ter favorecido à maior ocorrência.

Ainda, de acordo com a análise dos resultados apresentados na Tabela 9, observa-se que a ordem Hymenoptera, especificamente a família Formicidae, foi o terceiro grupo com maior densidade de organismos entre os tratamentos avaliados. Foram amostrados 3707 representantes com 100% de frequência nos sete tratamentos estudados, durante os cinco períodos de avaliação. Portanto, verificou-se maior abundância para área de mata, seguida dos tratamentos ARS150, ARS100 e ARS50. Esse resultado sugere maior resistência do grupo frente às maiores doses de ARS, quando comparado aos demais grupos descritos até o momento.

As formigas, segundo Marinho *et al.* (2002), são tidas como bons indicadores, devido à forte relação com o estado da vegetação, solo e decomposição. Algumas

características peculiares do grupo garantem a elas, de modo geral, o seguinte *status*: abundância elevada, riqueza de espécies, facilidade de amostragem, separação em morfo-espécies e táxons especializados capazes de perceber as alterações do ambiente.

A elevada abundância desse grupo em áreas de mata foi descrita por Correia e Oliveira (2000), os quais destacam que grande parte da biomassa de organismos edáficos em ecossistemas florestais naturais é composta por comunidades de artrópodes, especialmente insetos sociais, como as formigas.

Silva *et al.* (2009) chamam atenção para importância desse grupo como descompactante do solo, por desempenharem importante papel na fragmentação da matéria orgânica e de coprólitos bem como favorecem o ataque por microrganismos e a liberação dos nutrientes. Além disso, Junqueira *et al.* (2001) destacam o importante papel das formigas na cadeia trófica nos mais diversificados ecossistemas, pois agem como predadores, herbívoros, saprófagos, polinizadores, dispersores de semente e recicladores de nutrientes ecossistêmicos entre outros.

A ordem Coleóptera apresentou a quarta maior abundância de indivíduos coletados, totalizando 1184 exemplares, superior a 90% em todos os tratamentos durante os cinco períodos de amostragem; ademais, sua maior abundância foi registrada para o tratamento ARS100. Observa-se pelo exposto na Tabela 9 que a ocorrência desse grupo foi superior em todos os tratamentos contendo ARS em relação à área de mata, à ARS0 e ao uso do NPK.

Resultado semelhante foi encontrado por Tessaro (2009), ao observar maior abundância da ordem quando do uso de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ associada à fertilização com NPK, logo reforça o resultado obtido no atual estudo. Em seu estudo, Alves (2008) relata que a combinação da ARS proveniente de esterqueira com o NPK favoreceu a ocorrência de indivíduos do grupo, algumas vezes até mesmo superior a dos tratamentos isolados. Tais resultados reforçam a potencialidade do grupo em responder às mudanças no solo em virtude da adição de doses elevadas de ARS.

Segundo Thomanzini e Thomanzini (2002), muitos organismos pertencentes a este grupo alimentam-se de fezes provenientes de outros organismos, de forma que o uso da ARS pode ter favorecido a maior abundância desse grupo em relação aos tratamentos que não receberam o efluente. Para Wardle *et al.* (1995), esse grupo encontra-se normalmente atrelado à maior quantidade de matéria orgânica e de resíduos orgânicos na superfície do solo. Isso justifica o resultado obtido, tendo em vista a maior quantidade de restos vegetais provenientes da cultura da aveia sobre o solo, em relação às parcelas que não receberam ARS ou NPK. Tal constatação

também foi reportada por Duarte (2000), que verificou incremento significativo do grupo nos tratamentos em que se aplicaram dejetos bovinos.

A ordem Hemíptera apresentou a quinta maior abundância de indivíduos coletados, com o total de 422 exemplares e frequência superior a 50% em todos os tratamentos, durante os cinco períodos de amostragem. Nos tratamentos mata e ARS200, a frequência foi de 100%, assim representa as maiores abundâncias, respectivamente.

Esse resultado contrapõe-se ao estudo reportado por Tessaro 2009, no qual a maior abundância de organismos ocorreu para a dose de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

A ordem Diplura foi amostrada com frequência superior a 47 % em todos os tratamentos avaliados, sendo essa frequência de 100% na área de mata. Foram amostrados 360 exemplares, com maior abundância para a área de mata, seguida do tratamento ARS100.

Segundo Dindal (1990), algumas famílias de Diplura são predadoras de ácaros, Enchytraidae, esporos e micélios de fungos, pequenos artrópodes e detritos, enquanto outras são predadoras das ordens Collembola, Isopoda e Symphyla. Sendo assim, a maior abundância do grupo em área de mata e no tratamento ARS100 pode estar associada à maior abundância de ácaros e colêmbolos nesses tratamentos.

De acordo com a Tabela 9, foram amostrados 347 exemplares pertencentes à ordem Aranae com frequência superior a 40% em todos os tratamentos avaliados, com frequência de 100% na área de mata. A maior abundância de organismos foi registrada para a área de mata, seguida do tratamento ARS100, enquanto a menor densidade ocorreu no tratamento ARS200. Esse resultado corrobora com o exposto por Alves *et al.* (2008), os quais testaram o efeito da água residuária de suinocultura armazenada em esterqueira sobre a fauna edáfica, em que se verificou o efeito deletério da dosagem de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ sobre o grupo, contudo, a maior abundância da ordem foi registrada para a dose de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Considerando a grande variabilidade da composição química da água residuária da suinocultura, a qual é dependente de vários fatores como: a quantidade de água usada na limpeza, perdas de alimento, água de bebedouros bem como o desenvolvimento ponderal dos animais, aquela pode explicar a variação na resposta gerada pelo grupo nos dois estudos realizados. Tessaro (2009), por sua vez, verificou maior ocorrência do grupo na dosagem de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, resultado que pode ser explicado pelas características químicas atenuadas do efluente utilizado em virtude do tratamento via biodigestão anaeróbia.

Ao se analisar a maior abundância nos tratamentos mata e ARS100, pode-se também inferir, segundo Lavelle (1996), que tal resultado esteja atrelado à maior

densidade de organismos pertencentes à ordem Colembolla. Tais tratamentos fazem parte da dieta de muitos indivíduos pertencentes à ordem Aranae a fim de tornar o ambiente mais propício para o grupo. Embora o grupo Aranae possua maior capacidade de resiliência às modificações ambientais (PINHEIRO *et al.*, 1996), o ambiente de mata proporcionou melhores condições para esse grupo. Como as aranhas são organismos predadores, a mata proporciona uma gama mais diversificada de presas (FLÓRES, 2000)

A ordem Protura apresentou menor frequência de amostragem entre os tratamentos, porém, não houve registro de coleta no tratamento NPK. No entanto, entre os tratamentos de ocorrência, houve frequência de 100% na área de mata. Foram amostrados 113 exemplares do grupo, com maior abundância para a área de mata, seguida pelo tratamento ARS100.

O resultado supracitado corrobora com Upton (1991), o qual salienta que esse grupo de organismos é caracterizado pela associação a elevados níveis de matéria orgânica e são mais comumente registrados para ambientes florestais.

A ordem Oligochaeta foi amostrada em todos os tratamentos com frequência de ocorrência superior a 20 %. Foram coletados 108 exemplares, cuja maior abundância foi registrada para a área de mata seguida pelo tratamento ARS100.

As minhocas estão entre os organismos edáficos mais importantes para vários processos considerados críticos para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas e ecossistemas naturais. As minhocas formam estruturas biogênicas (coprólitos) constituídas de agregados altamente estáveis que garantem boa porosidade ao solo e, geralmente, resistência à degradação, seja erosão hídrica, eólica ou mecânica (BLANCHART *et al.* 2004).

A maior abundância de organismos para a área de mata corrobora com Dlamini e Hayanes (2004) em um estudo sobre o efeito de diferentes manejos e cultivos sobre a população de minhocas na África tropical, que encontrou maior número de indivíduos em áreas de mata. Segundo Silva *et al.*, (2006) a maior densidade de minhocas em área de mata deve-se à maior quantidade de matéria orgânica e à cobertura mais uniforme, além da temperatura mais amena do solo.

Em estudo, Alves *et al.* (2008) observaram elevada abundância de oligochaetas em todos os períodos de amostragem, porém o tratamento combinado de adubação química com ARS e a dosagem de 100 m³ ha⁻¹ favoreceu maior desenvolvimento do grupo. Tais dados corroboram com o resultado obtido no presente estudo. Pandolfo *et al.* (2005) encontraram resultados semelhantes para o grupo onde foram aplicadas fontes de nutrientes de origem orgânica.

Segundo resultados obtidos por Segat (2012) em ensaio toxicológico sobre minhocas da espécie *Eisenia andrei*, tais organismos apresentam preferência por solos submetidos à adição de doses intermediárias de ARS, com redução em doses mais elevadas. Tais resultados, segundo Onuoha e Worgu (2011), podem estar associados à concentração de zinco e cobre no solo que recebeu maior aporte de ARS.

No tratamento 0ARS, observa-se que a maioria dos grupos edáficos apresentou baixa abundância se comparado aos demais tratamentos. Tal resultado pode ser atribuído à pequena cobertura vegetal observada, inferior a todos os tratamentos. Os restos culturais sobre o solo são substratos para a fauna e servem de alimento e abrigo para organismos edáficos (Baretta *et al.*, 2003), sensíveis à variação da quantidade de resíduos vegetais no solo (Baretta *et al.*, 2003; Moore *et al.*, 2003; Wardle *et al.*, 2004; Kautz *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2007; Alves *et al.*, 2008).

5.6 Índices de medidas repetidas

Após a realização das análises de correspondência, procedeu-se a aplicação da Per-MANOVA sobre os dados da análise de correspondência a fim de que fossem verificadas possíveis diferenças entre os tratamentos testados. A partir da análise de variância com medidas repetidas, observou-se que houve diferenças significativas entre os tratamentos e os períodos de amostragem ($p < 0,001$). Nas Figuras 09 e 10 são apresentados os gráficos para as medidas repetidas para os eixos 1 e 2 das CA's representadas pelas Figura 7, referente aos tratamentos.

Ao se analisar o p-valor apresentado na Figura 10 ($p = 0,00055$), verifica-se que houve efeito significativo dos tratamentos sobre a abundância da fauna edáfica. Observa-se um aumento linear na densidade de organismos em função do aumento da dose de ARS, até o valor de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Este aumento é devido à adição de material orgânico ao solo pela ARS, que disponibiliza mais alimento à fauna edáfica (Baretta *et al.*, 2003; Alves *et al.*, 2008). Acima desse valor, a densidade de organismos é reduzida, provavelmente pelo acúmulo de substâncias no solo, deletérias aos diferentes grupos. Observa-se ainda que a abundância de organismos é semelhante entre os tratamentos ARS100 e mata nativa, como já demonstrado pela análise do ENDIVAL, apresentada na Tabela 8. Resultado semelhante é descrito por Tessaro (2009), que destaca reduções significativas na população de organismos edáficos em dosagens superiores a $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

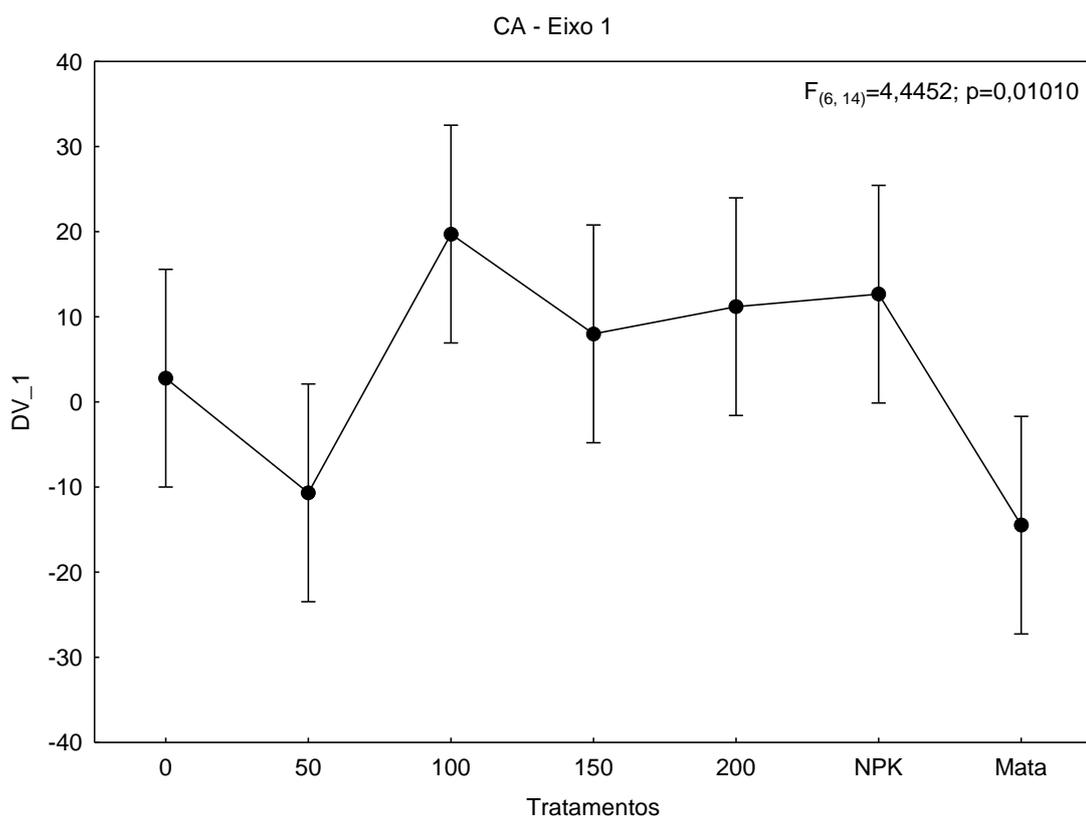


Figura 09 Densidade de organismos edáficos pertencentes à meso e macrofauna em área de mata nativa e em área agrícola submetida à aplicação de ARS e NPK.

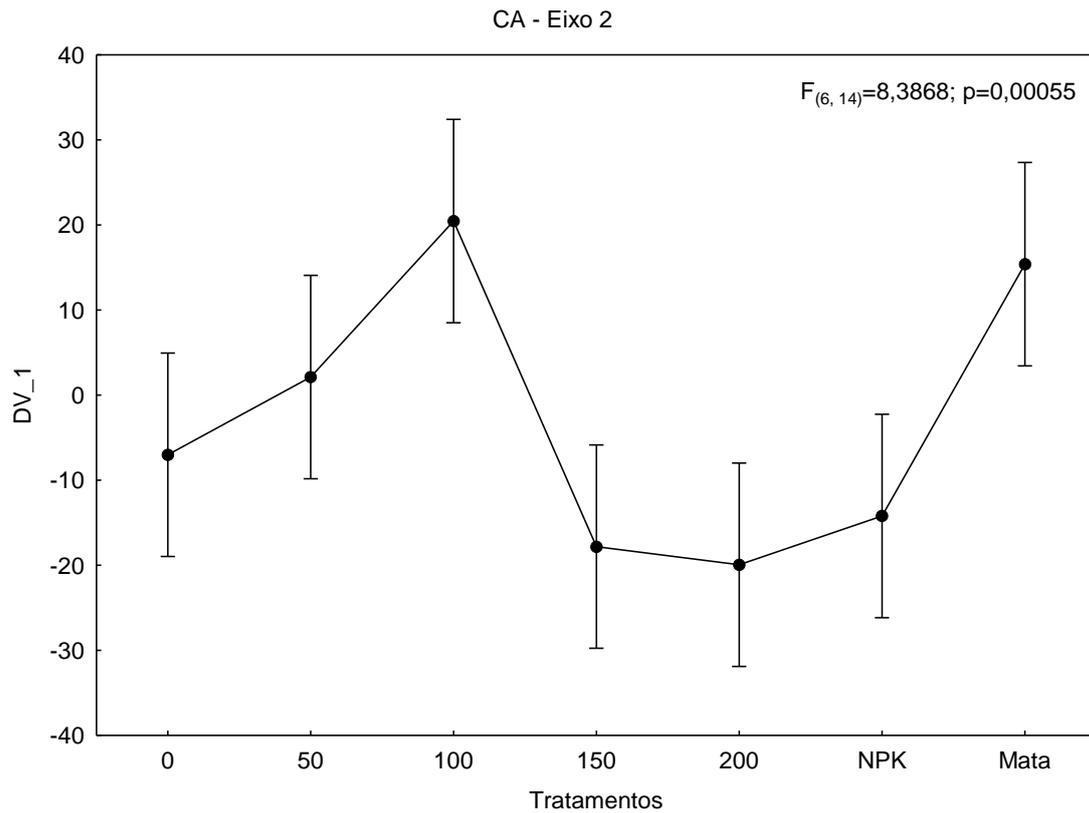


Figura 10 Densidade de organismos edáficos pertencentes à meso e macrofauna em área de mata nativa e em área agrícola submetida à aplicação de ARS e NPK.

Na Figura 11, é apresentado o gráfico para análise de variância de medidas repetidas, referente ao efeito das coletas realizadas ao longo do estudo.

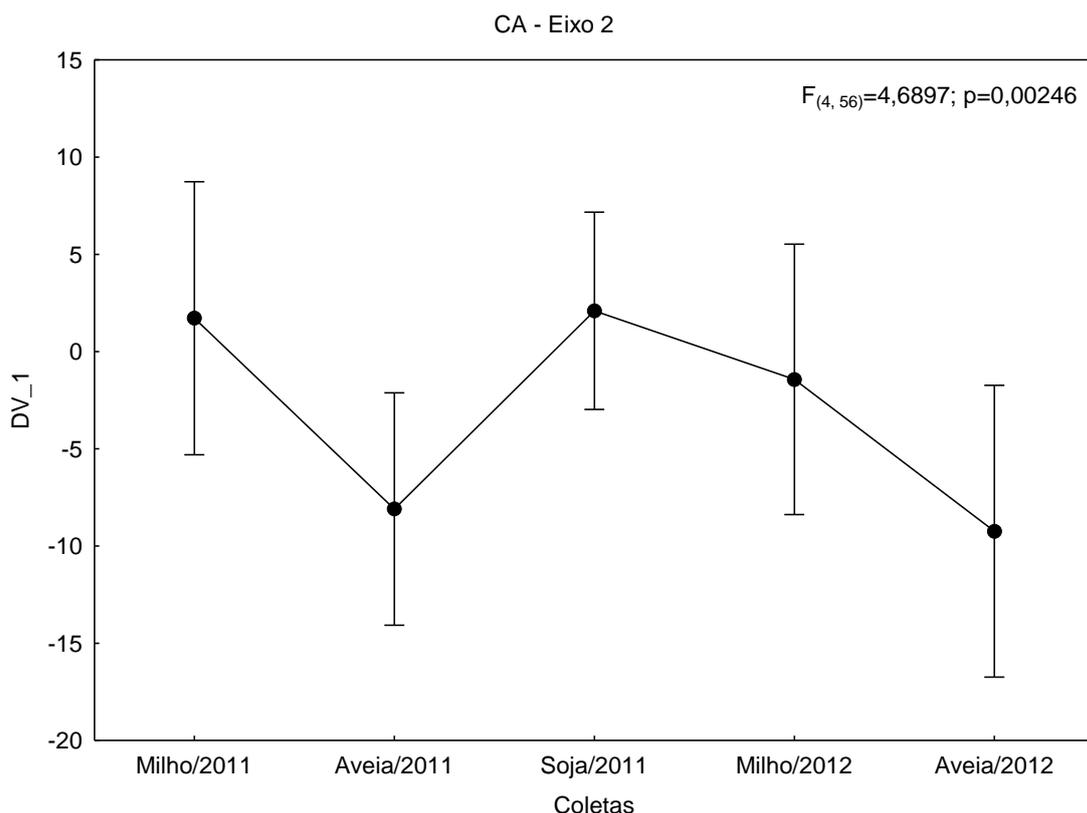


Figura 11 Variação na densidade de organismos edáficos pertencentes à meso e macrofauna em área de mata nativa e em área agrícola submetida à aplicação de ARS e NPK ao longo de cinco ciclos de cultivo.

De acordo com a análise da Figura 11, segundo o p-valor ($p=0,00246$), observa-se que houve significância do efeito das coletas (épocas de amostragem) sobre os grupos edáficos. Observa-se também que a maior densidade de organismos foi registrada para as culturas de verão (milho e soja), sendo o contrário válido para as culturas de inverno. A maior abundância, embora com sutil diferença, foi observada para a amostragem coincidente com a cultura de soja, seguida pelos dois ciclos de cultivo de milho, os quais apresentaram abundância semelhante em ambas amostragens. O mesmo comportamento é válido para os dois ciclos da aveia, com abundância aproximada entre as duas amostragens.

Tal comportamento frente às diferentes épocas do ano foi descrito por Lee (1994), Doran *et al.* (1996) e Irmiler (2006) que salientaram a elevada sensibilidade dos grupos edáficos em virtude das mudanças sazonais. Segundo Assad (1997), os organismos edáficos são afetados pelas mudanças de temperatura, características das estações do ano bem como pela sazonalidade pluviométrica, tendo em vista que a água é um fator limitante da sua atividade.

O comportamento sazonal da fauna edáfica foi descrito por Alves (2006), que avaliou o comportamento da meso e macrofauna mediante o uso de ARS proveniente de esterqueira, com destaque para a menor abundância de organismos na estação fria. Além disso, o referido autor destaca ainda a estiagem como fator determinante na redução de organismos.

Estudos em área de mata e de pastagem, como o descrito por Menezes *et al.* (2009), também demonstram o efeito da sazonalidade sobre a macrofauna edáfica a fim de avaliar o comportamento do grupo durante um período quente e chuvoso e outro período frio e seco. Segundo o autor, os efeitos de tais mudanças ocorrem devido às alterações na temperatura, umidade e modificação na distribuição dos recursos utilizados pela fauna.

5.8 Índices ecológicos de diversidade

As medidas de diversidade da fauna de solo permitem uma inferência sobre o grau de complexidade e das interações ecológicas existentes entre as comunidades edáficas (STORK; EGGLETON, 1992).

A diversidade de espécie refere-se à variedade de espécies de organismos vivos de uma comunidade, habitat ou região. A diversidade pode ser subdividida em dois grupos: riqueza e uniformidade.

Riqueza refere-se ao número de espécies presentes na flora e/ou, na fauna, em determinada área, por outro lado, a uniformidade diz respeito à distribuição de indivíduos entre as espécies em uma área.

A diversidade de espécies é considerada um aspecto favorável de comunidades naturais com vários índices que a quantificam. Isso permite inclusive a comparação entre os diferentes tipos de habitats, como verificado a seguir.

Ao se analisar a Figura 12, a qual representa a riqueza de grupos amostrados, observa-se que houve interação entre os fatores coleta e tratamento (p-value: 0,02354). A riqueza refere-se ao número total de grupos em uma unidade amostral, sendo essa maior, quanto maior for a unidade amostral.

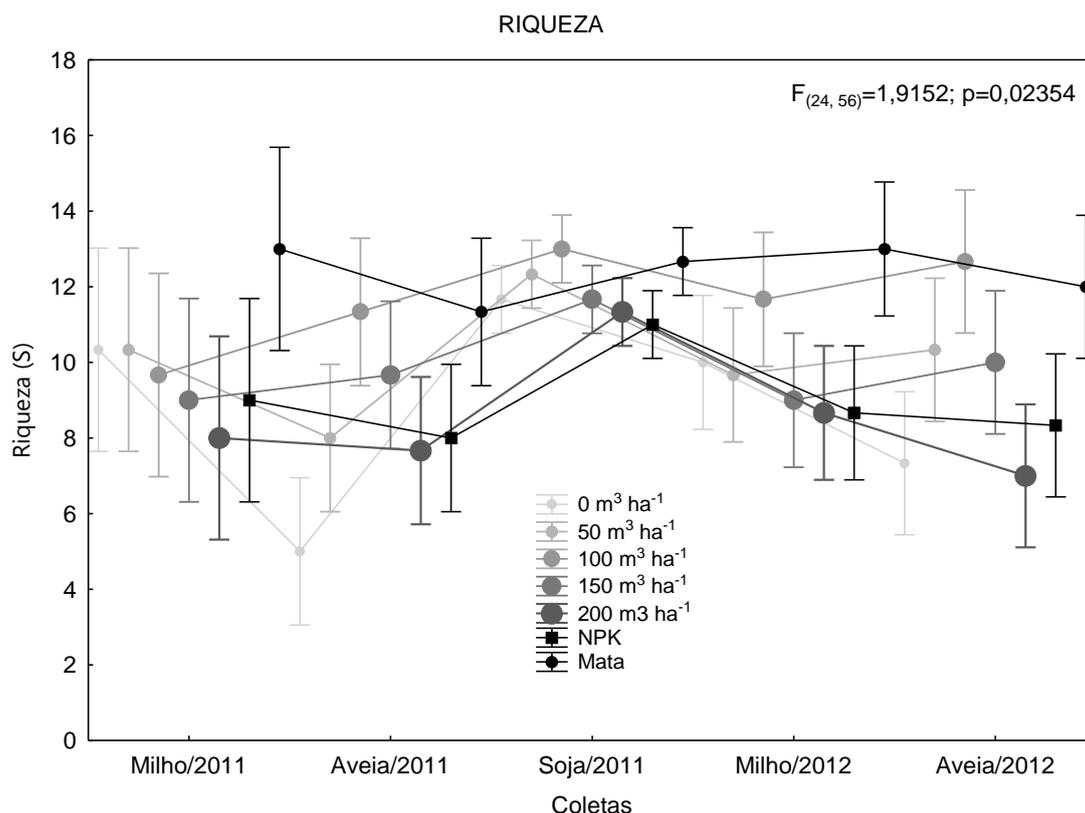


Figura 12 Riqueza de grupos edáficos amostrados em área de mata e área agrícola cultivadas com milho, aveia e soja, fertilizadas com doses crescentes de ARS e NPK.

Na Figura 12, verifica-se que a maior riqueza de organismos é encontrada na área de mata, seguida pelo tratamento ARS100, ambos durante a terceira amostragem e coincide com o cultivo da soja nas áreas agricultáveis. Os menores valores de riqueza são reportados para o tratamento ARS0, enquanto os demais tratamentos apresentaram riquezas semelhantes entre si. Verifica-se ainda a redução na riqueza de grupos em todos os tratamentos durante os cultivos de inverno.

Tais resultados sugerem que a utilização da ARS armazenada em esterqueira na dose de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ favorece a maior ocorrência no número de grupos edáficos. Alves *et al.* (2008) corroboram tais resultados ao obterem as mesmas respostas quanto à utilização de efluentes de suinocultura.

A menor riqueza observada para o tratamento 0ARS encontra-se, possivelmente, associada a uma menor disponibilidade de alimento fornecido pela adição da ARS nos demais tratamentos e à menor proteção do solo a fatores como radiação solar e perda de umidade. Considera-se que a cobertura vegetal sob tais condições foi menor se comparada aos dados proporcionados nos demais níveis utilizados de ARS. Esse resultado reforça o relatado por Azevedo *et al.* (2004), os quais salientam que a baixa cobertura vegetal leva ao desaparecimento ou menor

desenvolvimento de grupos de organismos em função da relação interdependente da fauna edáfica e da diversidade de recursos.

Ao se analisar a Figura 13, a qual representa a equabilidade dos grupos edáficos, observa-se que houve efeito significativo apenas dos tratamentos (p-value: 0,02796). A equabilidade refere-se ao padrão de distribuição de indivíduos entre os grupos, que é proporcional à diversidade, exceto se houver codominância de um grupo. A equabilidade é comumente expressa como índice de Pielou e possui valores de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, as ordens são mais semelhantes em abundância.

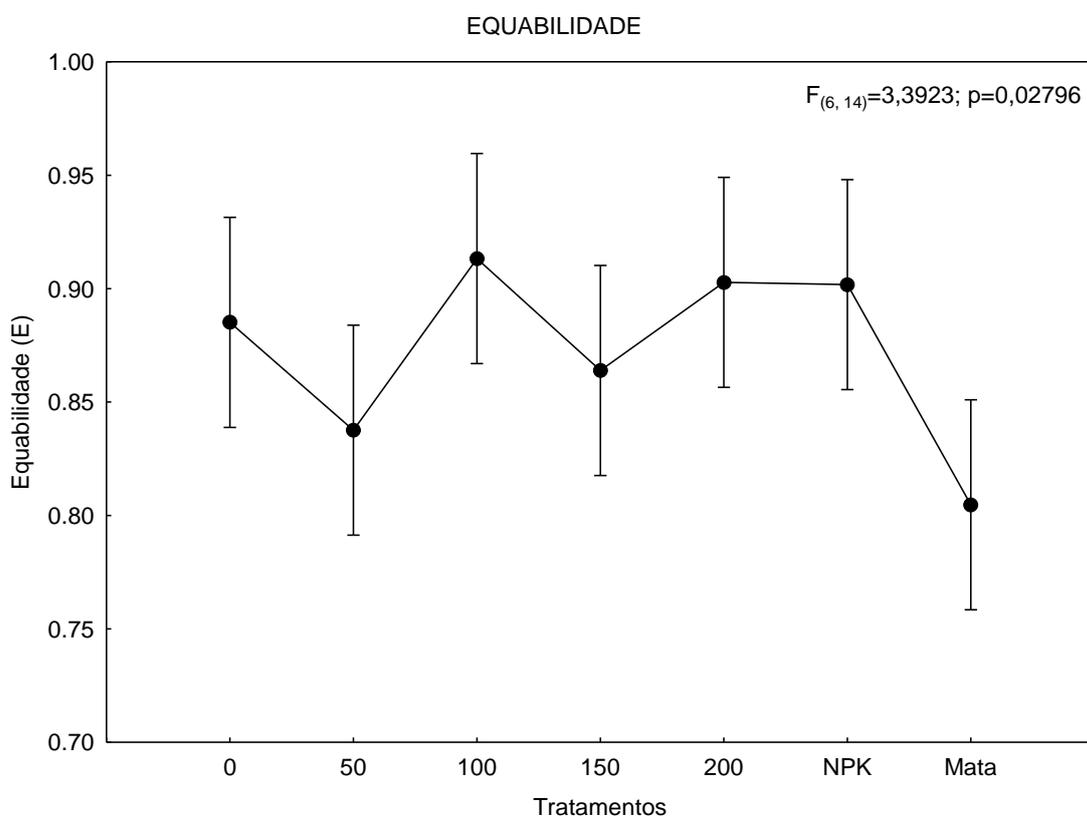


Figura 13 Equabilidade de grupos edáficos amostrados em área de mata e área agrícola cultivadas com milho, aveia e soja, fertilizadas com doses crescentes de ARS e NPK.

Observa-se que a maior equabilidade ocorreu para o tratamento ARS100, com base no apresentado na Figura 13, e a menor resposta ocorreu para a área de mata nativa.

A maior equabilidade encontrada para o tratamento ARS com valor superior a 0,9 indica grande semelhança na abundância de organismos entre as ordens amostradas.

A menor equabilidade foi observada para a área de mata com valor de 0,8 deve-se especialmente à elevada dominância do grupo Collembola, o qual correspondeu a 28%, na área do total de colêmbolos coletados em todos os tratamentos. Os grupos Acari e a família Formicidae certamente também contribuíram para este resultado. Em estudo, Tessaro (2009) e Tessaro *et al.* (2011) também verificaram a dominância do grupo Collembola seguido da família Formicidae, quando aplicaram a dose de 200 m³ ha⁻¹ de efluente suínico tratado em biodigestor.

A manutenção da biodiversidade de um ecossistema é importante para assegurar que todos os grupos funcionais estejam operando nos níveis tróficos e nos processos edáficos (LAVELLE, 1997; BRUSSAARD *et al.*, 1997; BRUSSAARD, 1998; WOLTERS, 2001; POSTMA-BLAAUW *et al.*, 2010) e no caso de um ecossistema agrícola, que seja possível uma agricultura sustentável. Entretanto, a elevada abundância de colêmbolos também pode trazer benefícios ao solo, principalmente pela grande importância desses invertebrados para a decomposição e humificação da matéria orgânica (LAVELLE, 1996; BRUSSAARD, 1998).

Os colêmbolos atuam na regulação da composição e atividade microbiana, através do pastoreio sobre os microrganismos e disseminação de novos propágulos microbianos na serrapilheira (FILSER, 2002; ZEPPELINI FILHO e BELLINI, 2004; SWIFT *et al.*, 2010). Outras contribuições positivas dos colêmbolos também podem ocorrer aos processos do solo, tais como: deposição de fezes peletizadas, que além de servirem de inóculo para microrganismos (FILSER, 2002; SWIFT *et al.*, 2010), contribuem para a manutenção da microestrutura do solo (ZEPPELINI FILHO e BELLINI, 2004); controle de fungos fitopatogênicos (SABATINI e INNOCENTI 2001); e aumento no desenvolvimento das plantas, já que influenciam na mineralização e absorção de nutrientes (BARDGETT e CHAN, 1999; LUSSENHOP e BASSIRIRAD, 2005).

A análise das Figuras 14 e 15, que representam a diversidade de grupos edáficos pelo índice de diversidade de Shannon, mostra que houve efeito significativo dos tratamentos (p-value: 0,00055) e das coletas (p-value: 0,00003). A diversidade refere-se à variedade de espécies de organismos vivos de uma comunidade, habitat ou região, cuja diversidade de espécies é considerada um aspecto favorável nas comunidades naturais.

Observa-se na Figura 14 que o índice de Shannon variou de 1,8 a 2,2, sendo o menor valor associado ao tratamento ARS0 e o maior ao tratamento ARS100, seguidos pelos dados da área de mata. Observa-se ainda que a diversidade de organismos edáficos apresenta crescimento linear até a dose de 100 m³ ha⁻¹ e decresce logo em seguida nas doses de 150 m³ ha⁻¹ 200 m³ ha⁻¹, e volta a se elevar no

tratamento NPK. Resultados semelhantes foram observados por Alves *et al.*, (2008), os quais sugeriram efeito deletério de elevadas doses de ARS sobre o grupo. Tal resultado demonstra que a densidade de organismos edáficos é influenciado positivamente pela adição de ARS, contudo, é sensível às doses elevadas.

Ao contrário do esperado, a área de mata não apresentou a maior diversidade de organismos, embora tenha apresentado elevada abundância. Novamente, sugere-se que tal resultado seja decorrente da dominância do grupo Collembola nesse tratamento.

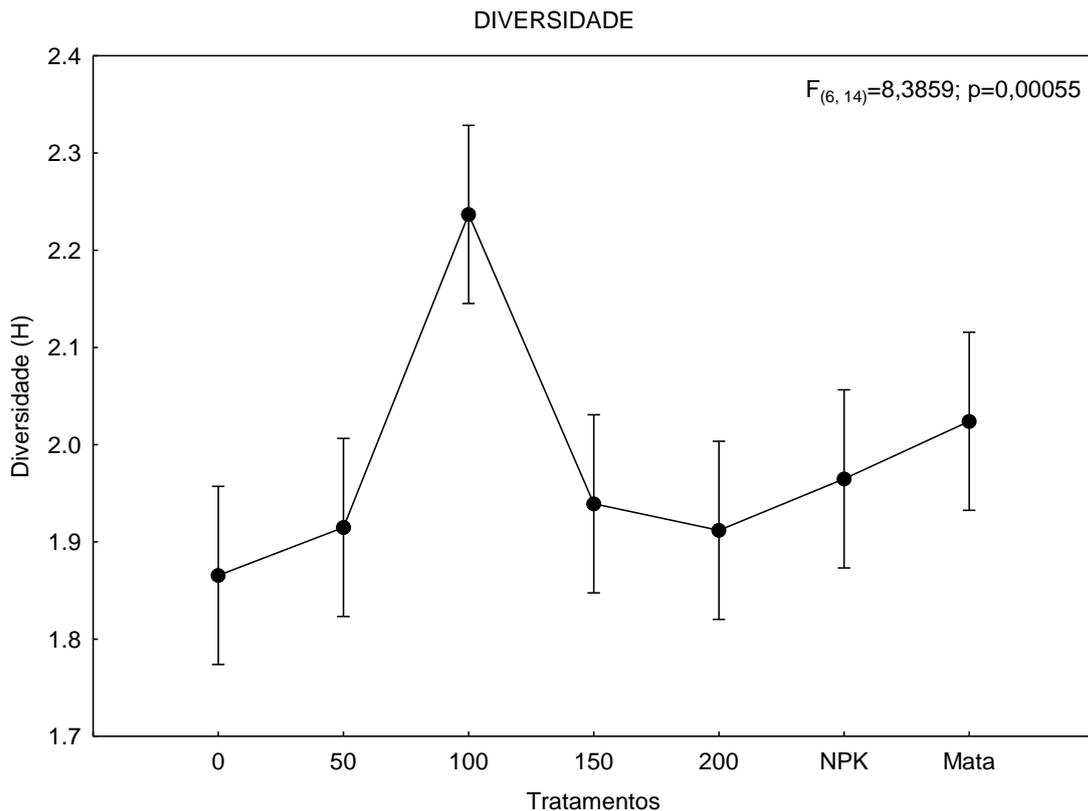


Figura 14 Diversidade de grupos edáficos amostrados em área de mata e área agrícola cultivadas com milho, aveia e soja, fertilizadas com doses crescentes de ARS e NPK.

Na Figura 15 observa-se que o período de amostragem exerceu efeitos significativos sobre a diversidade dos organismos edáficos e é superior no terceiro período de amostragem, o qual coincidiu com o período de cultivo da soja. Essa maior diversidade possivelmente está associada a fatores climáticos favoráveis como temperatura e pluviosidade (Figura 06 e Tabela 04).

A maior diversidade de organismos durante o cultivo da soja também pode estar associada ao maior teor de nitrogênio presente neste tipo de planta. Segundo

LAOSSI, *et al.*, 2008 e SANTOS *et al.*, 2008, muitos grupos têm preferência pelo forrageamento com plantas ricas nesse elemento.

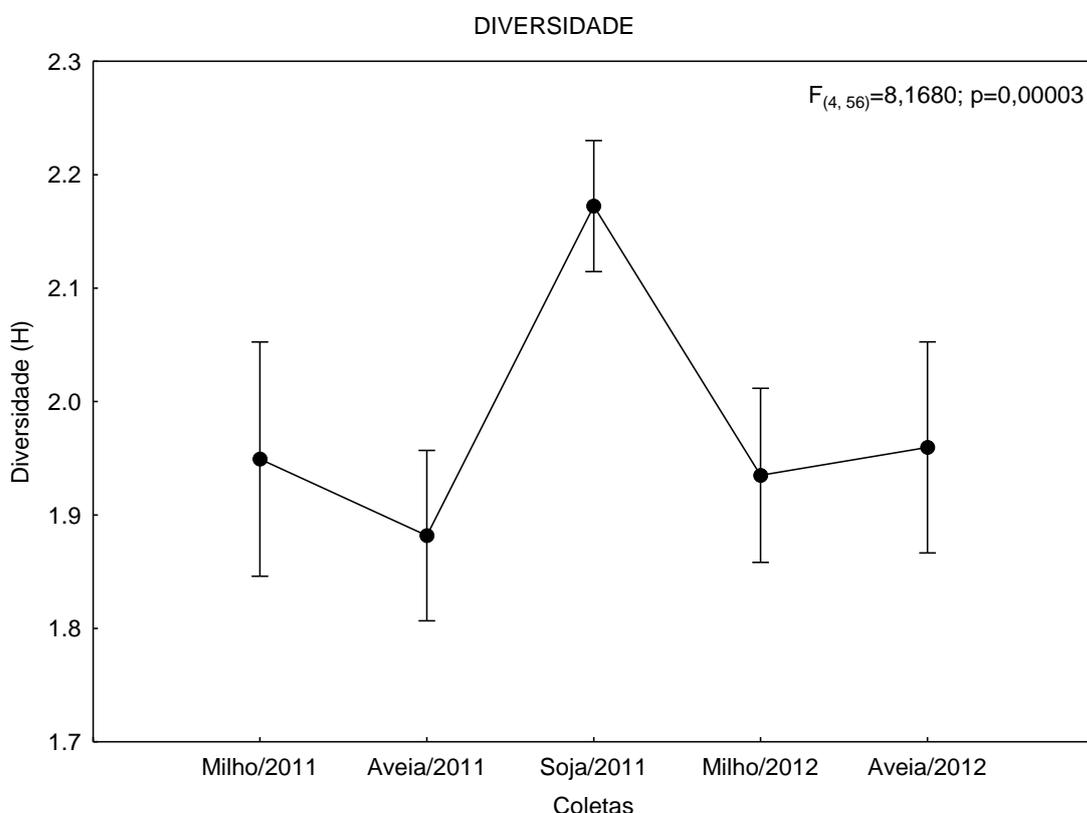


Figura 15 Diversidade de grupos edáficos amostrados em área de mata e área agrícola, cultivadas com milho, aveia e soja, fertilizadas com doses crescentes de ARS e NPK influenciadas pelos períodos de amostragem.

Observa-se ainda menor diversidade de organismos nas amostragens coincidentes com o cultivo de inverno. Como essa menor diversidade variou ao longo do estudo, não houve redução temporal gradativa na diversidade de organismos, logo, acredita-se que tal resultado seja resultante das baixas temperaturas registradas para o referido período e não um efeito decorrente do reuso de ARS.

Os resultados apresentados para os índices de diversidade demonstram, portanto, que a maior abundância de organismos em determinado ambiente nem sempre garante a distribuição homogênea de grupos e/ou espécies neste local. Além disso, pode ocorrer a dominância de um ou de alguns poucos grupos edáficos.

5.7 Análise de correspondência canônica

Na análise de correspondência canônica (CCA), foram estudadas as correlações entre os atributos químicos do solo e os grupos edáficos da meso e macrofauna invertebrada, representada no estudo pelos grupos: Collembola, Hymenoptera, Aranae, Diptera, Coleoptera, Chilopoda, Orthoptera, Acari, Hemiptera, Diplura, Protura, Oligochaeta. Tais correlações estão apresentadas nas Figuras enumeradas de 16 a 20.

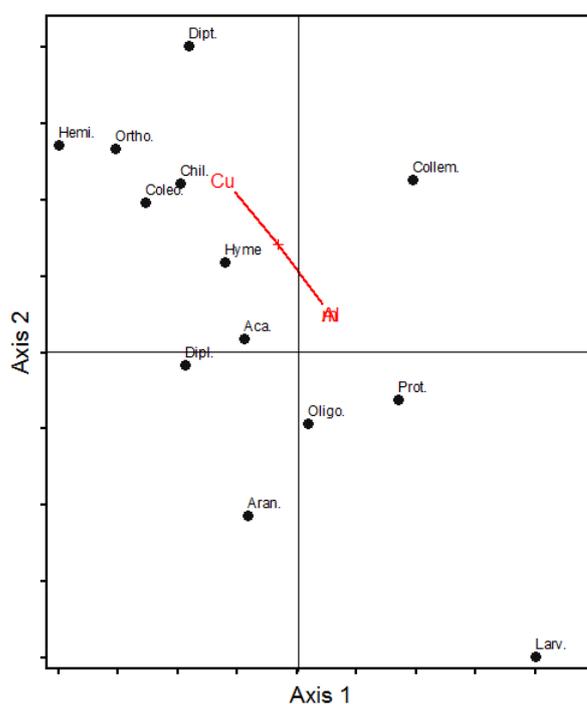


Figura 16 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola, fertilizadas com diferentes doses de ARS, cultivadas com milho, em março de 2011. LEGENDA: Organismos da meso e macrofauna: Aca-Acari; Aran-Araneae; Chil-Chilopoda; Collem-Collembola; Coleo-Coleoptera; Dipl-Diplura; Dipt-Diptera; Hyme-Hymenoptera; Prot-Protura; Ortho-Orthoptera; Larv-Larvas; Hemi-Hemiptera; olig-Oligochaeta.

A análise da CCA para a fauna edáfica, apresentada na Figura 16, corresponde ao período coincidente com a cultura do milho/2011 e demonstra que o eixo 1 explicou 22 % da variação dos atributos ecológicos da fauna e químicos do

solo, enquanto o eixo 2 explicou 18,7 % da variação. Desse modo, os eixos 1 e 2 representaram 40 % da variação encontrada.

Observa-se ainda que houve influência dos elementos cobre e alumínio sobre a distribuição dos organismos edáficos. O cobre influenciou a distribuição das ordens Hemiptera, Orthoptera, Chilopoda, Coleoptera, Hymenoptera e Acari, enquanto a concentração de alumínio influenciou a ordem Collembola.

Ao se analisar a Figura 17, coincidente com o período da cultura da aveia/2011, verifica-se que o eixo 1 explicou 31,3 % da variação dos atributos ecológicos da fauna e químicos do solo, enquanto o eixo 2 explicou 14,9 % da variação. Desse modo, os eixos 1 e 2 representaram 46,2 % da variação encontrada. Observa-se ainda que as ordens Oligochaeta, Collembola, Diplura e Protura foram influenciadas pelo alumínio, H + Al e CTC, enquanto a ordem acarina sofreu influência do elemento K. Por sua vez, os grupos Coleoptera e Hymenoptera foram influenciados pelos fatores pH e cálcio.

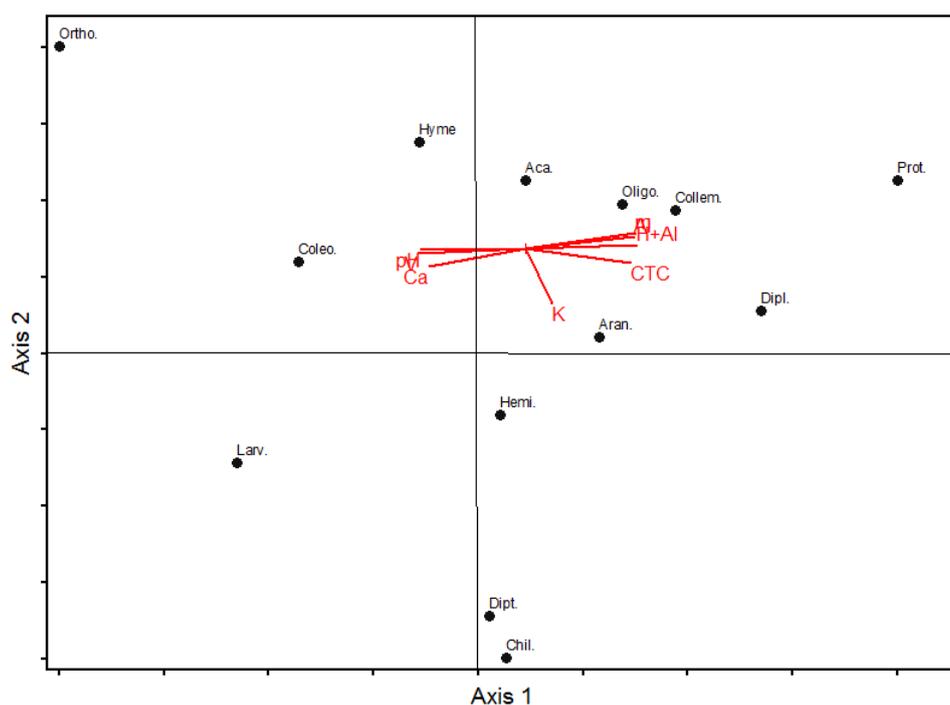


Figura 17 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola, fertilizadas com diferentes doses de ARS e cultivadas com aveia em julho de 2011.

LEGENDA: Organismos da meso e macrofauna: Aca-Acari; Aran-Araneae; Chil-Chilopoda; Collem-Collembola; Coleo-Coleoptera; Dipl-Diplura; Dipt-Diptera; Hyme-

Hymenoptera; Prot-Protura; Ortho-Orthoptera; Larv-Larvas; Hemi-Hemiptera; olig-Oligochaeta.

Em estudo para avaliar a fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo do solo no Estado de São Paulo, Alves *et al.* (2006) também constataram a influência da concentração de H + Al sobre a população de colêmbolos bem como a associação do cálcio com a ordem Coleoptera. Em estudo desenvolvido, Lourente *et al.*, (2007) avaliaram a fauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo e a área de mata e observaram a correlação do grupo Coleóptera com o cálcio presente no solo.

Os resultados da CCA, apresentados na Figura 18, a qual corresponde ao período coincidente com a cultura da soja/2011, demonstram que o eixo 1 explicou 46,7 % da variação dos atributos ecológicos da fauna e químicos do solo, enquanto o eixo 2 explicou 13,4 % da variação. Desse modo, os eixos 1 e 2 representaram 60,1 % da variação encontrada. Observa-se a influência do cobre sobre as ordens Hymenoptera, Collembola e Diplura. Resultados semelhantes quanto ao comportamento da ordem Collembola foram descritos por Marçal (2009) quando avaliou os atributos químicos do solo e a relação desses com a fauna edáfica em solo cultivado com cana-de-açúcar e submetido à aplicação de vinhaça.

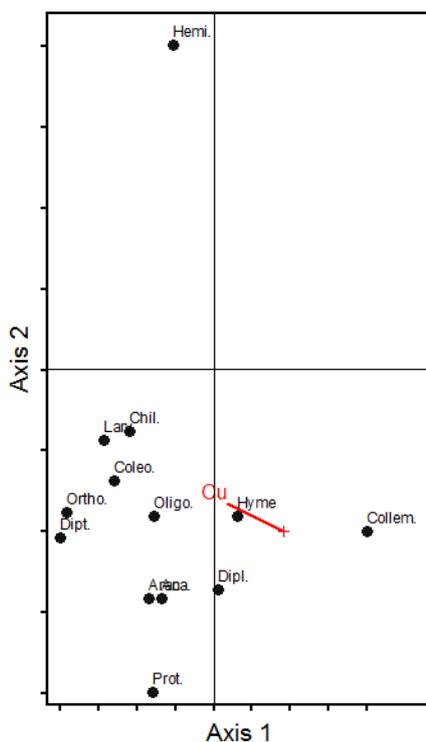


Figura 18 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola, fertilizadas com diferentes doses de ARS, cultivadas com soja em dezembro de 2011.

LEGENDA: Organismos da meso e macrofauna: Aca-Acari; Aran-Araneae; Chil-Chilopoda; Collem-Collembola; Coleo-Coleoptera; Dipl-Diplura; Dipt-Diptera; Hyme-Hymenoptera; Prot-Protura; Ortho-Orthoptera; Larv-Larvas; Hemi-Hemiptera; olig-Oligochaeta.

Na correlação dos grupos edáficos com os parâmetros químicos do solo (Figura 19), coincidentes com o período do cultivo de milho/2012, verifica-se que o eixo 1 foi capaz de explicar 30,8 % da variação, enquanto o eixo 2 explicou 16,1 %. Logo, os eixos 1 e 2 representaram 46,9 % da variação encontrada.

Ao se analisar a Figura 19, verifica-se que a ordem Diptera foi influenciada pela concentração de fósforo, enquanto a ordem Hymenoptera foi influenciada pelas concentrações de cobre, nitrito e nitrato.

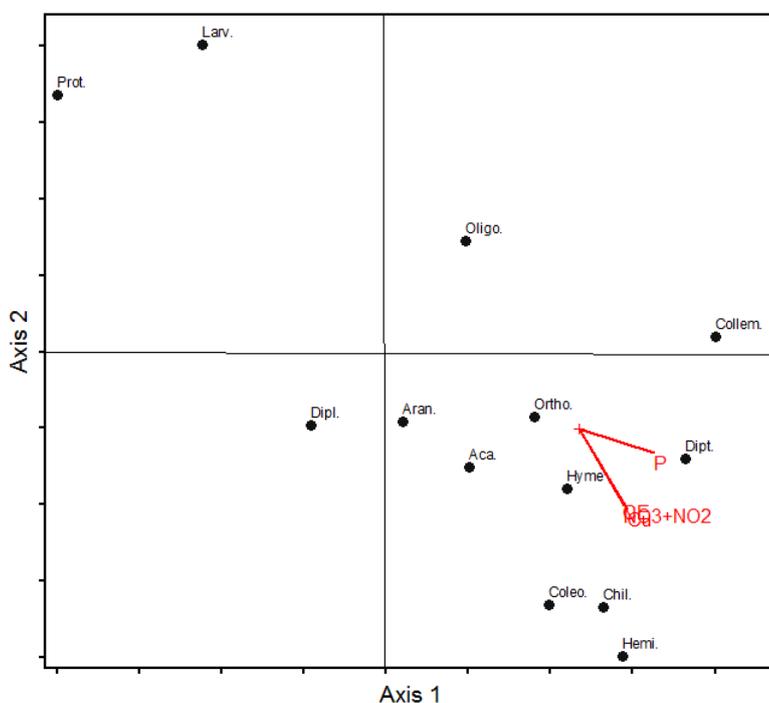


Figura 19 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola, fertilizadas com diferentes doses de ARS e cultivadas com milho em março de 2012.

LEGENDA: Organismos da meso e macrofauna: Aca-Acari; Aran-Araneae; Chil-Chilopoda; Collem-Collembola; Coleo-Coleoptera; Dipl-Diplura; Dipt-Diptera; Hyme-Hymenoptera; Prot-Protura; Ortho-Orthoptera; Larv-Larvas; Hemi-Hemiptera; Olig-Oligochaeta.

Os resultados da CCA apresentados na Figura 19, a qual corresponde ao período coincidente com a cultura da milho/2012, demonstram que o eixo 1 explicou 42,2 % da variação dos atributos ecológicos da fauna e químicos do solo, enquanto o eixo 2 explicou 12,6 % da variação. Desse modo, os eixos 1 e 2 representaram 54,8 % da variação encontrada. Verifica-se ainda que a concentração de Ntotal, nitrito, nitrato e matéria orgânica exerceram efeitos sobre as ordens Diptera e Hymenoptera.

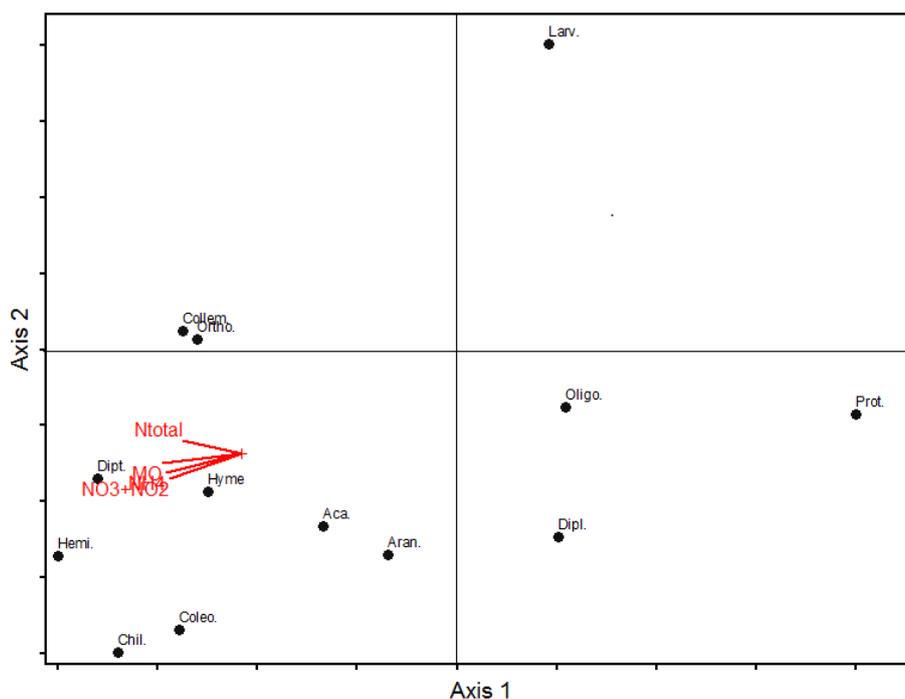


Figura 20 Análise de correspondência canônica entre os atributos químicos do solo e grupos da meso e macrofauna edáfica em área de mata nativa e área agrícola, fertilizadas com diferentes doses de ARS, cultivadas com aveia em agosto de 2012. LEGENDA: Organismos da meso e macrofauna: Aca-Acari; Aran-Araneae; Chil-Chilopoda; Collem-Collembola; Coleo-Coleoptera; Dipl-Diplura; Dipt-Diptera; Hyme-Hymenoptera; Prot-Protura; Ortho-Orthoptera; Larv-Larvas; Hemi-Hemiptera; olig-Oligochaeta.

Em linhas gerais, a avaliação dos resultados da CCA sugere que o uso de atributos químicos do solo, utilizados como variáveis explicativas na CCA, têm importante papel dentro dos estudos de ecologia do solo e devem ser estudados na análise estatística multivariada, para que se estabeleçam associações que permitam a interpretação da complexa dinâmica das comunidades edáficas.

6 CONCLUSÃO

A avaliação dos efeitos da água residuária da suinocultura sobre a população e a diversidade, representadas pela meso e macrofauna, realizada nesta pesquisa, permite concluir que:

1 - A aplicação da água residuária de suinocultura armazenada em esterqueira afetou negativamente a fauna edáfica em doses superiores a $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$;

2 - A utilização de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ favorece uma maior semelhança em abundância de organismos com a área de mata;

3- As ordens com maior abundância foram Collembola, Acarina, Hymenoptera;

4- Os grupos que caracterizam a área de mata sob as condições avaliadas são: Collembola, Hymenoptera, Aranae, Diptera, Acari, Hemiptera, Diplura, Protura e Oligochaeta;

5- O grupo Coleoptera caracteriza as áreas agricultáveis;

6- Os grupos Chilopoda, Diptera, Orthoptera, Hemiptera e as larvas não foram afetados pelo manejo do solo sob as condições testadas;

8- A composição química do solo afeta os diferentes grupos edáficos.

9- A cobertura do solo e o teor de umidade afetam a distribuição dos organismos edáficos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPECS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Relatório Anual 2010-2011. Disponível em www.abipecs.com.br. Acesso em agosto. 2012.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 32:2101-2111, 2008.

ALVES, M. V. **Fauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes minerais e dejetos suínos na sucessão aveia milho, sob semeadura direta**. 2006, 59f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2006.

ALVES, M. V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p. 33-43, 2006.

ALVES, M. V.; SANTOS, J. C.; GOIS, D. T.; ALBERTON, J. 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 do Solo**, Viçosa, n. 32, p. 589-598, 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: American Public Health Association, 1998.

ANAMI, M. H.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M.; DAMASCENO, S.; QUEIROZ, M. M. F. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p.75-80, 2008.

ANDERSON, J. M. Invertebrate-mediated transport process in soils. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 25, p. 5-14, 1988.

ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; VALÍDIO, B.; PORT, O.; SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.

AQUINO, A. M. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Embrapa Agrobiologia. Documentos, n. 130, Seropédica, 2001, 24p.

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. **Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo**. Embrapa Agrobiologia. Documentos, n. 201, Seropédica, 2005, 28p.

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; BADEJO, M. A. **Amostragem da mesofauna edáfica utilizando funis de Berlese-Tüllgren modificado**. Embrapa agrobiologia. Circular técnica 17, Seropédica, 2006, 4p.

ARCHER, J. R.; SMITH P.D. The relation between bulk density available watercapacity, and air capacity of soils. **Journal of Soil Science**, London, v. 23, n. 4, p. 475-480, 1972.

ASANO, T.; LEVINE, A. D. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present and future. **Water Science and Technology**, Colchester, v. 33, n. 10-11, p. 1-14, 1996.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997, p. 363-443.

AYERS, R. S.; WESTCOOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.

AZEVEDO, A. C. Funções ambientais do solo. In: AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. FÓRUM DE SOLOS E AMBIENTE, 1., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Pallotti, 2004. p. 7-22.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; MATOS, M. A. Soil microbial biomass under different tillage and levels of applied pig slurry. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.5, p. 487-495, 2012.

BARDGETT, R.D.; CHAN, K.F. Experimental evidence that soil fauna enhance nutrient mineralization and plant nutrient uptake in montane grassland ecosystems. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, 31:1007-1014, 1999.

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. **Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 2, p. 97-106, 2003.

BARETTA, D.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; CARDOSO, E.J.B.N. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forests with *Araucaria angustifolia*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 64:384-392, 2007.

BARETTA, D.; FERREIRA, C. S.; SOUSA, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade de solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2693-2699, 2008.

BARETTA, D.; MAFRA, Á.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**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, 2006.

BARROS, Y.J.; MELO, V.F.; DIONÍSIO, J.A.; CARON, L.; OLIVEIRA, E.B.; AZEVEDO, J.C.R. & SOUZA, L.C.P. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo: I- microbiologia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 34:1397-1411, 2010.

BASSO, C.J.; CERETTA C. A.; DURIGON R.; POLETTO N.; GIROTTTO E. Dejeito líquido de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1234- 1242, 2005.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S.C.; SILVA, T.R.; VILAS BOAS, M.A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v.27, n.1, p.152-163, 2007.

BEARE, M. H.; COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, JR., D. A.; HENDRIX, P. F. ODUM, E. P. A hierarquical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. **Plant and Soil**, Hange, v. 170, p. 5-22, 1995.

BERTOL, I. ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 28, p. 155-163, 2004

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 32, p. 2525-2532, 2008.

BIGNEL, D.; CONSTANTINO, R.; CSUZDI, C.; KARYANTO, A.; KONATÉ, S.; LOUZADA, J. N. C.; SUSILO, F. X.; TONDOH, J. E.; ZANETTI, R. Macrofuana. In: MOREIRA, F. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de biologia dos solos tropicais**. Lavras: UFLA, 2010, p. 79-129.

BLANCHART, E., A. ALBRECHT, G. G. BROWN, T. DECÄENS, A. DUBOISSET, P. LAVELLE, L. MARIANI.; E. ROOSE. Effects of tropical endogeic earthworms on soil erosion: a review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. 104: 303-315, 2004.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. p. 21-36.

BRUCE, L.; McCRAKEN, D.; FOSTER, G.; AITKEN, M. The effects of sewage sludge on grassland euedaphic and hemiedhafic collembolan populations. **Pedobiologia**, Jeva, v. 43, p. 209-220, 1999.

BRUSSAARD, L. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, 9:123–135, 1998.

BRUSSAARD, L.; BEHAN-PELLETIER, V.; BIGNELL, D.; BROWN, V.; DIDDEN, W.; FOLGARAIT, P.; FRAGOSO, C.; FRECKMAN, D.; GUPTA, V.; HATTORI, T.; HAWKSWORTH, D.; KOPATEK, C.; LAVELLE, P.; MALLOCH, D.; RUSEK, J.; SODESTROOM, B.; TIEDJE, J. & VIRGINIA, R. Biodiversity and ecosystem function in

soil. **Ambio.**, 26:563–570, 1997.

CABRAL, J. R.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A. S.; BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.823–831, 2011.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

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

CAMPOS, C. M. M.; CARMO, F. R.; BOTELHO, C. G.; COSTA, C. C. Desenvolvimento e operação de reator anaeróbico de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 140-147, 2006.

CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; SMANHOTTO, A.; NÓBREGA, L. H. P.; QUEIROZ, M. M. F.; GOMES, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.7, p.692–697, 2010.

CARNEIRO, L. J.; DIETER, J.; SAMPAIO, S. C.; JUNIOR, N. S. SANTOS-KOELLN, F. T. S. Balanço de sais provenientes da aplicação de água residuária de suinocultura em quatro ciclos de cultura. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v.4, n.3, p. 481-499, 2011.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, 2005a.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; PAVINATO, P. S.; TRENTIN, E. E.; GIROTTI, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio,

fósforo e potássio na rotação de aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suíno. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 35, p.1287-1295, 2005b.

CERETTA, C. A.; LORENSIN, F.; BRUNETTO, G.; GIROTTI, E.; GATIBONI, L. C.; LOURENZI, C. R.; TIECHER, T. L. CONTI, A.; TRENTINI, G.; MIOTTO, A. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 593-602, 2010.

CLAPP, C. E; HAYES, M. H.B. & CIAVATTA, C. Organic wastes in soils: Biogeochemical and environmental aspects. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, 39:1239–1243, 2007.

CORRÊA, J. C. BARILLI, J.; REBELLATTO, A.; VEIGA, M. **Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 1-18, 2011.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. **Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 1. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.197-225.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Embrapa Agrobiologia, Documentos, n. 112, Seropédica, 2000, 48p.

COSMANN, N. J.; SAMPAIO, S. C.; PINTO, F. G. S.; PALMA, D., DIETER, J.; CORDOVIL, C. M. S.; VARENNER, A. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.10, N. 2, p. 785-789, 2012.

COSTA, P. **Fauna edáfica e sua atuação em processos do solo**. Embrapa Roraima, Documentos, Boa Vista, n. 2, 2004.

CRUZ, M. C. M.; RAMOS, J. D.; OLIVEIRA, D. L.; MARQUES, V. B.; HAFLE, O. M. Utilização de água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo cv redondo amarelo. **Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n.4, p. 1107-1112, 2008.

CUNHA, L.O.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA, A. D.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Maratacas, Paraíba, Brasil, **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p.503-515, 2003.

DAL BOSCO, T. C.; SAMPAIO, S. C.; OPAZO, M. A. U.; GOMES S.D.; NÓBREGA, L. H. P. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v.28, n.4, p.699-709, 2008.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, 2002, 87 p.

DINDAL, D. L. **Soil Biology Guide**. Jonh Wiley & Sons, New York, 1990, 1349p.

DINUCCIO, E.; BERG, W.; BALSARI, P. Gaseous emissions from storage of untreated slurries and the fractions obtained after mechanical separation. **Atmospheric Environment**, v.42, p.2448-2459, 2008.

DLAMINI, T. C.; HAYNES, R. J. Influence of agricultural land use on the size and composition of earthworm communities in northern KwaZulu-Natal, South Africa. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 77-88, 2004.

DOBLINSKI, A. F.; SAMPAIO, S. S.; NÓBREGA, L. H.; GOMES, S. D.; DAL BOSCO, T. C. Nonpoint source pollution by swine farming wastewater in bean crop. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.87-93, 2010.

DOMENE, X.; ALCAÑIZ, J. M.; ANDRÉS, P. Ecotoxicological of organic wastes using the soil collembolan *Folsomia candida*. **Applied Soil Ecology**, Barcelona, v. 35, p. 461-472, 2007.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**, Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35).

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. **Soil health and sustainability. Advances in Agronomy**, San Diego, v. 56, p. 2-54, 1996.

DRUMOND, L. C. D. ; ZANINI, J. R.; AGUIAR, A. J. R.; RODRIGUES, G. P.; FERNANDES, A. L. T. Produção de matéria seca em pastagem de Tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suíno. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v.26, n.2, p. 426-433, 2006.

DUARTE, M. M. Abundância de microartrópodes do solo em gradientes de mata, borda e campo na Fazenda Boa Vista, Muitos Capões, RS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6. REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, FERTIBIO, 3., Santa Maria, 2000. **Anais....** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000. 1 CD-ROM.

ELTZ, F.L.F.; ROVEDDER, A.P.M. Revegetação e temperatura do solo em áreas degradadas no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.2, p.193-200, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.

FARIAS, L. N.; SILVA, N. M.; BARBOSA, D. S.; CÂNDIDO, A. K. A. A. SOUZA, W. P. Parâmetros microclimáticos e atributos químicos e físicos do solo em área de preservação permanente situada na cabeceira do Rio São Lourenço, Campo Verde – MT. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal , v. 9, n. 1, p. 083-099,.2012.

FERNANDES, J.O.; PASINI, A.; MOTTE, B.; NUNES, D. H.; MARTINS, P.T.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. **Macrofauna invertebrada edáfica em ecossistemas de Jaguapitã – PR**. In: 27 Congresso Brasileiro de zoologia, 2008, Curitiba. Resumos do 27 congresso Brasileiro de Zoologia: Curitiba, 2008.

FILSER, J. The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. **Pedobiologia**, Berlin, 46: 234–245, 2002.

FLÓREZ, E. D. Comunidades de aramas de la región Pacífica del departamento del Valle del Cauca, Colômbia. **Revista Colombiana de Entomologia**, Bogotá, v. 26, n. 4, p. 77-81, 2000.

FORTES, F. O.; DAL'COLO LUCIO, A.; STORCK, L. Plano amostral para coleta de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, dez, 2008.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C. D.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P. L.; ZUCCHI, R. A.; BAT, S. **Entomologia Agrícola**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2002, 920p.

GATIBONI, L. C. BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 32, p. 1753-1761, 2008.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.32, p.195-205, 2008.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; Aproveitamento pelo milho do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.7, p.761-768, 2009.

GIROTTO, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D.R.; SILVA, L.S.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R.C.B. & SCHMATZ, R. Copper and zinc forms and accumulation in soil after successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 34:955-965, 2010.

GONZÁLES, G.; LEY, R. E.; SCHMIDT, S. K.; ZOU, X.; SEASTEDT, T. R. Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forests. **Oecologia**, Berlin, v. 128, p. 549-556, 2001.

HEIDARPOUR, M.; MOSTAFAZADEH-FARD, B.; ABEDI KROUPAI, J.; MALEKIAN, R. The effects of treated wastewater on soil chemical properties using subsurface and

surface irrigation methods. **Agricultural Water Management**, v.90, n.1-2, p.87-94, 2007.

HEISLER, C.; KAISER, E. A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. **Biology and fertility of soils**, Berlin, v. 19, p. 159-165, 1995.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. p. 37-96.

HUISING, E.J.; COE, R.; CARES, J. E.; LOUZADA, J. N. C.; ZANETTI, R.; MOREIRA, F. M. S.; SUSILO, F.; KONATÉ, S.; VAN NOORDWIJK.; HUANG, S. P. Estratégia e modelo de amostragem para avaliar a biodiversidade do solo. In: MOREIRA, F. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de biologia dos solos tropicais**. Lavras: UFLA, 2010, p. 43 - 77.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1998.

IRMLER, U. Climatic and litter fall effects on collembolan and oribatid mite species and communities in a beech wood based on a 7 years investigation. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v.42 p.51–62, 2006.

JUNQUEIRA, L. K.; DIEHL, E.; DIEHL-FLEIG, E. D. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Visitantes de *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). **Neotropical Entomology**, Londrina, n. 30, v. 1, p.161-164, 2001.

KARYANTO, A.; RAHMADI, C.; FRANKLIN, E.; SUSILO, F. X.; MORAIS, W. Collembola, Acari e outros grupos da mesofauna do solo – O método de Berlese. In: MOREIRA, F. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de biologia dos solos tropicais**. Lavras: UFLA, 2010, p. 43-76.

KAUTZ, T.; FANDO-LOPEZ, C.; ELLMER, F. Abundance and biodiversity of soil microarthropods as influenced by different types of organic manure in a long-term field experiment in Central Spain. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 278-285, 2006.

KORNEGAY, E. T.; HARPER A. F. Environmental nutrition: Nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. **The professional animal scientist**, Nebraska, v.13, p. 99-111, 1997.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V. Redução da carga poluente. A questão dos nutrientes. In: **Gestão ambiental na Suinocultura**. Brasília: Embrapa, 2007. p.103 - 118.

LAOSSI, K-R.; BAROT, S.; CARVALHO, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; MARTINS, M.; MITJA, D.; RENDEIRO, A. C.; ROUSSOU, G.; SERRAZIN, M.; VELASQUEZ, E.; GIMALDI, D. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian Pastures, **Pedobiologia**, Berlin, v. 51, 5-6, p. 397-407, abr. 2008.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology international**, Paris, n. 33, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, New York, v. 27, p. 93-132, 1997.

LEE, K.E. The biodiversity of soil organisms. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.1, p.251-254, 1994.

LEI, X.G.; PORRES, J.M. Pytases enzymology, applications and biotechnology. **Biotechnology letters**, v.25, p.1787-1794, 2003.

LEITE. A.M.F. **Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos**. Brasília, 2003. f.120. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Hídricos) – Universidade Católica de Brasília. 2006.

LEV, S. M. MATTHIES, N.; SNODGRASS, R. E. C.; OWNBY, D. R. Effects of zinc exposure on earthworms, *Lumbricus terrestris*, in an artificial soil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Inglaterra, v. 84, n. 6, p. 687–691, 2010.

LEYTEM, A.B.; TURNER, B.L.; THACKER, P.A. Phosphorus composition of manure from swine fed low-phytate grains: evidence for Hydrolysis in the animal. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 33, p. 2380-2383, 2004.

LIMA, G. J. M. M. Nutrição de suínos – Ferramenta para reduzir a poluição causada pelos dejetos e aumentar a lucratividade do negócio. In: **Gestão ambiental na Suinocultura**. Brasília: Embrapa, 2007. p.63-101.

LOURENTE, E. R. P.; SILVA, R. F.; SILVA, D. A.; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 17-22, 2007.

LOVATTO, P. A. LEHNEN, C. R.; ANDRETTA, I.; LOVATO, G. D.; HAUSCHILD, L. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha: interface vegetal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.4, abr, 2010.

LUSSENHOP, J. & BASSIRIRAD, H. Collembola density changes nitrogen acquisition by ash seedling (*Fraxinus pennsylvanica*). **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford 37:645-650, 2005.

MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.2, p.170–177, 2011.

MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; AMARANTE, C. V. T.; KLAUBERG-FILHO, O. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.10, p. 1531-1539, 2006.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARRETI, L. F. **Irrigação: Princípios e Métodos**. Viçosa. UFV, 2006, 318p.

MARÇAL, C. T. Efeitos da cultura da cana-de-açúcar e seu manejo (uso da vinhaça e método de colheita) sobre a mesofauna do solo. 2009. 124 f. Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em Eucaliptos (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p.187-195, 2002.

MEDEIROS, S.S. DE; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; SOUZA, J.A. de. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.109–115, 2008.

MELLONI, R. Quantificação microbiana da qualidade do solo. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007.

MELO, L. A. S. **Recomendações para amostragem e extração de microartrópodos de solo**. Embrapa Agrobiologia, Circular Técnica, n. 3, Jaguariúna, 2002, 5p.

MELO, L. A. S. Influência de lodos de esgoto nas populações de ácaros e colêmbolos de solo na cultura do milho. IN: BETIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, R.; LUIZÃO, F. J. MORAIS, J. W. ZANETTI, R. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2009.

MELO, A. S.; HEPP, L. U. Ferramentas estatísticas para as análises de dados provenientes de biomonitoramento. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.12, n.3, p. 463-486, 2008.

MENEZES, C. E. G.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BATISTA, I.; RODRIGUES, K. M.; COUTO, W. H.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, I. P. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 33:1647-1656, 2009.

MENEGHETTI, A. M.; NÓBREGA, L. H. P.; SAMPAIO, S. C.; FERQUES, R. G. Mineral composition and growth of babycorn under swine wastewater combined with chemical fertilization. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.11, p.1198–1205, 2012.

MIRANDA, C. R. Aspectos ambientais da suinocultura brasileira. In: **Gestão ambiental na Suinocultura**. Brasília: Embrapa, 2007. p. 13-36.

MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, 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**, Viçosa, v. 29, n.4, pp. 555-564, 2005.

MOORE, J.C.; MCCANN, K.; SETALA, H. & RUITER, P.C. Top-down is bottom-up: does predation in the rhizosphere regulate aboveground dynamics? **Ecology**, 84:846-857, 2003.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A.L; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S.; Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.7, p.747–754, 2010.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. MENEZES, R. I. Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 43-49, 2009.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. 434 p.

ONUOHA, P. C.; WORGU, D. C. Combination toxicity effects of heavy metals on terrestrial animal (Earthworm-*Eisenia andrei*). **Journal of American Science**, Michigan, v. 7, p. 403-415, 2011.

OLIVEIRA, M. L.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.535-539, 2005.

PAGANINI, W. S. da. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. In: **Reúso de Água**. Barueri: Manole, 2003. p. 339-402.

PANDOLFO, C.M.; CERETTA, C.A. Aspectos econômicos do uso de fontes orgânicas de nutrientes associadas a sistemas de preparo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p1572 -1580, 2008.

PANDOLFO, C.M.; CERETTA, C.A.; VEIGA, M. & GIROTTO, E. Estudo da mesofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo e fontes de nutrientes. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, 18:63-67, 2005.

PASCHOAL, A. D. A instabilidade dos agroecossistemas. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 28, 1987.

PASQUALIN, L. A.; DIONÍSIO, J. A.; ZAWADNEAK, M. A. C. MARÇAL, C. T. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná – Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 7-18, jan./mar. 2012.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Comunicado Técnico. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PELLISSARI, R. A. Z.; SAMPAIO, S. C.; GOMES, S. D.; CREPALLI, M. S. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 29, p. 288-300, 2009.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A.; **Sistemas de tratamento de dejetos suínos: Inventário Tecnológico**. Embrapa Suínos e Aves, Documentos, n. 85. Concórdia, 2003.

PEREIRA, J. C. **Os microrganismos e os metais pesados do solo**. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2001. (Documentos, 132).

PINHEIRO, L. B. A.; SANTOS, G. de A.; GARAY, I. E. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar na população de macroartrópodos edáficos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia, SP. *Resumos...* Águas de Lindóia, SP: USP/SLCS/SBCS, 1996. CD-ROM.

POSTMA-BLAAUW, M.B.; GOEDE, R.G.M.; BLOEM, J.; FABER, J.H. & BRUSSAARD, L. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. **Ecology**, 91:460–473, 2010.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1990. 549 p.

QUÉDRAOGO, E.; MANDO, A.; BRUSSAARD, L. Soil macrofauna affect crop nitrogen and water use efficiencies in semi-arid West Africa. **European Journal Soil Biology**, França, v. 42, p. 275-277, 2006.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, set-out, 2004.

RAIJ, B.; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A.; Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, J.C.P.; FERNANDES, V.B.B.; MAFRA, A.L & ALMEIDA, J.A. 2003. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, Santa Maria, 33:.49-55.

RODRIGUES, G. S.; IRIAS, L. J. M. **Considerações sobre os Impactos Ambientais da Agricultura Irrigada**. Embrapa Meio Ambiente, Circular Técnica, n. 7. Jaguariúna, 2004, 7p.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M.; GHEYI, H. R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2009, vol.13, suppl., pp. 825-835.

RODRIGUES, H. J. B.; SÁ, L. D. A.; RUIVO, M. L. P.; COSTA, A. C. L.; SILVA, R. B.; MOURA, Q. L.; MELLO, I. F. Variabilidade quantitativa de população microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropical úmida. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.26, n.4, 629 - 638, 2011.

RODRIGUES, R. S. dos. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**. 2005. f.192. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

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

SABATINI, M.A.; INNOCENTI, G. Effects of Collembola on Plant-Pathogenic Fungi Interactions in Simple Experimental Systems. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 33, p.62–66, 2001.

SAMPAIO, S. C.; FIORI, M. G. S.; OPAZO, M. A. U.; NÓBREGA, I. H. P. Comportamento das formas de nitrogênio em solo cultivado com milho irrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 30, p. 138-149, 2010.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R.; Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.755–764, 2009.

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

SANTOS, C. A. P.; TÓTOLA, M. R.; BORGES, A. C.; KASUYA, C. M. Atributos indicadores da qualidade do solo em povoamentos de eucalipto fertirrigado no Vale do Rio Doce. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.2, p.135-141, 2009.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; ELLWANGER, M. F.; SCHERER, C. V.; FONTANELI, R. S. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: cultivar Tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p. 1940-1946, 2008.

SEGANFREDO, M. A. A questão ambiental na utilização dejetos de suínos como fertilizante do solo. Concórdia, EMBRAPA-CNPQ, **Circular técnica**, n. 22, 2000.

SEGANFREDO, M. A. Uso de dejetos suínos como fertilizantes orgânicos e seus riscos ambientais. In: **Gestão ambiental na Suinocultura**. Brasília: Embrapa, 2007. p. 149-175.

SEGAT, J. C. **Avaliação ecotoxicológica do uso de dejetos suínos em solos de Santa Catarina**. 2012. 130f. (Dissertação em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo (USP). Piracicaba, 2012.

SEIDEL, E.P.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; VANIN, J.P.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; NACKE, H. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Revista Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.32, n.2, p.113-117, 2010.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T. & NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 31:123-131, 2007.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1375-1383, 2010.

SILVA, F. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. População de Oligoquetos (Annelid: Ologochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 673-677, 2006.

SILVA JÚNIOR, J. M. T.; TAVARES, R. C.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 4. n. 4, p. 378-382, 2009.

SILVA, J.C.P.M.; MOTTA, A.C.V.; PAULETTI, V.; VELOSO, C.M.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A.S. & SILVA, L.F.C. Esterco de gado leiteiro associado à adubação mineral e sua influência na fertilidade de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 34:453-463, 2010.

SILVANO, C. **Atributos biológicos em solos sob plantio direto com aplicação de dejetos líquidos bovino**. 2011. 61 f. (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SMANHOTTO, A.; SOUZA, A. P.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P.; PRIOR, M. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 30, n.2, p. 347-357, 2010.

SMITH, D.R.; MOORE, P.A; MAXWELL, C.V.; HAGGARD, B.E.; DANIEL, T.C. Reducing phosphorus runoff from swine manure with dietary phytase and aluminum chloride. **Journal Environmental Quality**, Madison ,v.33, p.1048-1054, 2004.

SÖCHTIG, W., LARINK, O. Effect of soil compaction on activity and biomass of endogeic lumbricids in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**. Elmsford, v. 24, p. 1595-1599, 1992.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; COELHO, D. F. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro fertirrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Ambiental – Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal , v. 7, n. 2, p. 097-109, abr. / jun. 2010

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

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. M. S.; HUISING, J. O inventário da diversidade biológica do solo: Conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de biologia dos solos tropicais**. Lavras: UFLA, 2010, p. 23-41.

TESSARO, D. **Efeito da aplicação de efluente do tratamento secundário de água residuária da suinocultura na meso e macrofauna de solo cultivado com minimilho**. 2009, 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2009.

TESSARO, D.; SAMPAIO, S. C.; ALVES, L. F. A.; DIETER, J. CORDOVIL, S. S. C. M. S.; VARENNES, A. edaphic mesofauna (springtails and mites) in soil cultivated with baby corn and treated with swine wastewatwe combined with chemical fertilization. **Internacional Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 9, p. 983-987, 2011.

THOMANZINI, M. J.; THOMANZINI, A. P. B. W. **Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no Sudeste Acreano**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 41 p. (Circular Técnica 35).

TOMÉ JR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997, 247p.

TOZE, S. Reuse of effluent water-benefits and risks. **Agricultural Water Management**, Palmerston North, v. 80, p. 147–159, 2006.

TURNER, B.L.; PAPHÁZY, M.J.; HAYGARTH, P.M.; MCKELVIE I.D. Inositol phosphate in the environment. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. The Royal Society. p.449-469, 2002.

UPTON, M. S. Methods for collecting, preserving, and studying insects and allied forms. **Australian Entomological Society Miscellaneous Publication**, n.3, p.1-86, 1991.

VALLEJO, L. R.; FONSECA, C. L. da; GONÇALVES, D. R. P. Estudo comparativo da mesofauna do solo entre áreas de *Eucalyptus citriodora* e mata secundária heterogênea. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.47, n.3, p.363-70, 1987.

VAMPRÉ, T. M. FUCCILLO, R.; ANDRÉA, M. M. Oligoqueta *Eisenia andrei* como bioindicador de contaminação de solo por hexaclorobenceno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 32, p. 59-66, 2010.

VARALO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reuso. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.372–377, 2010.

VENDRAME, P. R. S.; MARCHÃO, R. L.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. F.; BECQUER, T. Relationship between macrofauna, mineralogy and exchangeable calcium and magnesium in Cerrado Oxisols under pasture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n.8, p. 996-1001, 2009.

YANG, X.; WARREN, M. & ZOU, X. Fertilization responses of soil litter fauna and litter quantity, quality, and turnover in low and high elevation forests of Puerto Rico. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, 37:63-71, 2007.

ZEPPELINI FILHO, D.; BELLINI, B. C. **Introdução ao estudo dos Collembola**. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, 2004. 82p.

WARDLE, D. A. et. al. The detritus food-web and the diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agro-ecosystems. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 170. p. 35-43, 1995.

WARDLE, D.A.; BARDGETT, R.D.; KLIRONOMOS, J.N.; SETÄLÄ, H.; VAN DER PUTTEN, W.H. & WALL, D.H. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. **Science**, 304:1629–1633, 2004.

WEBER, C. C.; CYBIS, L. F. BEAL, L. L. Conservação de água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 3, p.291-300, 2010.

WIKARS, L.; SCHIMMEL, J. Immediate effects of fire-severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 141, n. 3, p. 189-200, 2001.

WOLTERS, V. Biodiversity of soil animals and its function. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, 37:221-227, 2001.

World Bank, Agriculture and Rural Development Department. **Managing the Livestock Revolution – Policy and Technology to Address the Negative Impacts of a fast Growing Sector.** Washington, 49 p, 2005