

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**BIOTA DO SOLO EM PASTAGEM SOB APLICAÇÃO
SUCESSIVA DE DEJETOS DE SUÍNOS**

TESE DE DOUTORADO

Danni Maisa da Silva

Santa Maria, RS, Brasil

2015

BIOTA DO SOLO EM PASTAGEM SOB APLICAÇÃO SUCESSIVA DE DEJETOS DE SUÍNOS

Danni Maisa da Silva

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, Área de Concentração em Biodinâmica e Manejo do Solo, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para
obtenção do grau de
Doutora em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Zaida Inês Antonioli

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DA SILVA, DANNI MAISA
BIOTA DO SOLO EM PASTAGEM SOB APLICAÇÃO SUCESSIVA DE
DEJETOS DE SUÍNOS / DANNI MAISA DA SILVA.-2015.
64 p.; 30cm

Orientadora: ZAIDA INÊS ANTONIOLLI
Coorientadora: RODRIGO JOSEMAR SEMINOTI JACQUES
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2015

1. FAUNA EDÁFICA 2. INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DO
SOLO 3. DEJETOS DE SUÍNOS 4. PASTAGEM 5. ORGANISMOS DO
SOLO I. ANTONIOLLI, ZAIDA INÊS II. JACQUES, RODRIGO
JOSEMAR SEMINOTI III. Título.

©2015

Todos os direitos autorais reservados a Danni Maisa da Silva. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Universidade Federal de Santa Maria / Centro de Ciências Rurais / Departamento de Solos / Av. Roraima, nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, CEP 97105-900.

Fone: (55) 3220-8108; E-mail: danni.maisa@bol.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**BIOTA DO SOLO EM PASTAGEM SOB APLICAÇÃO SUCESSIVA DE
DEJETOS DE SUÍNOS**

elaborada por
Danni Maisa da Silva

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutora em Ciência do Solo

COMISSÃO EXAMINADORA:

Zaida Inês Antonioli, Dr^a.
(Presidente/Orientadora)

Eduardo Lorensi de Souza, Dr. (UERGS)

Rodrigo Ferreira da Silva, Dr. (UFSM-CESNORS)

Caroline Borges Bevilacqua, Dr^a. (UFSM)

Stefen Barbosa Pujol, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 12 de fevereiro de 2015.

Às minhas filhas Bruna e Maria Cecília,
por me proporcionarem viver o amor
maior deste mundo!

AGRADECIMENTOS

Às minhas filhas Bruna e Maria Cecília, pela compreensão da ausência, pelo aceite das faltas, retribuídas com muito amor, pela imensa felicidade de tê-las em minha vida!

Ao meu esposo Antônio, pelo apoio, pela força, pela cumplicidade.

Aos meus pais, Vera e Nelci, pelo apoio incondicional, sempre.

Aos meus irmãos Dionni e Daiana pelo companheirismo e parceria nos bons e maus momentos. Ao meu irmão Diego, de forma especial, pelo suporte, pelo auxílio no trabalho, por possibilitar a realização desta Tese. À minha cunhada Andressa, pelo convívio e pela ajuda.

Aos meus avós, Armando e Cecília, Florisbal e Natália pelo incentivo e pelos bons exemplos.

A todos os meus familiares, minhas tias e tios, primos e primas que me acompanharam nesta jornada com muita paciência e alegria, e sempre com estímulos para seguir firme adiante.

À professora Zaida, pela confiança, pelo carinho, pela força, pela paciência e acima de tudo pela amizade.

Ao professor Rodrigo e à Débora, pela eterna parceria.

À professora Andressa, que foi a luz no meu caminho, meu porto seguro, e a feliz descoberta de uma grande amizade.

Aos colegas de laboratório Natielo, Daniel, Diego, Talita, Thaís, Cris, Luana, Antônio, Marcos, Diogo, Daiana e Edicarla que sempre colaboraram com grande disposição em tudo o que fosse necessário.

A todos os meus colegas de trabalho, funcionários e professores da UERGS Unidades Três Passos e São Luiz Gonzaga, pela compreensão, pelo apoio e pelo suporte sempre.

Aos meus queridos alunos, pela paciência, pela compreensão, pelo incentivo e por serem os verdadeiros responsáveis pelo meu eterno entusiasmo pela docência. Aos bolsistas da UERGS, de forma especial ao Vitor e ao Bruno que auxiliaram muito neste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela oportunidade.

Ao Heverton, funcionário do PPGCS, pela pronta disposição de sempre.

Aos professores do Departamento de Solos pelos ensinamentos e aos funcionários pelo apoio.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para que este sonho se tornasse realidade.

Muito obrigada!

Onde você vê um obstáculo
Alguém vê o término da viagem
E o outro vê uma chance de crescer
Onde você vê um motivo para se irritar,
Alguém vê a tragédia total
E o outro vê uma prova para sua paciência.
Onde você vê a morte,
Alguém vê o fim
E o outro vê o começo de uma nova etapa...
Onde você vê a fortuna,
Alguém vê a riqueza material
E o outro pode encontrar por detrás de tudo, a dor e a miséria total.
Onde você vê a teimosia,
Alguém vê a ignorância,
Um outro compreende as limitações do companheiro,
percebendo que cada qual caminha em seu próprio passo.
E que é inútil querer apressar o passo do outro, a não ser que ele deseje isso.
Cada qual vê o que quer, pode ou consegue enxergar.
“Porque eu sou do tamanho do que vejo. E não do tamanho da minha altura”.
(Fernando Pessoa)

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

BIOTA DO SOLO EM PASTAGEM SOB APLICAÇÃO SUCESSIVA DE DEJETOS DE SUÍNOS

AUTORA: DANNI MAISA DA SILVA

ORIENTADOR: ZAIDA INÊS ANTONIOLLI

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 12 de fevereiro de 2015.

O uso sucessivo de dejetos de suínos como fertilizante do solo em áreas de pastagem é uma prática comum na região sul do Brasil. Embora existam benefícios econômicos da reutilização dos dejetos, esta prática apresenta sérios riscos ambientais e pode causar alterações na composição e na atividade dos organismos do solo. Os organismos edáficos e os indicadores microbiológicos de qualidade do solo são bastante sensíveis e permitem o monitoramento das condições do ambiente edáfico. Este trabalho teve por objetivo estudar o efeito da aplicação sucessiva de dejetos de suínos em áreas de pastagem sobre a composição, atividade biológica e a qualidade microbiológica do solo. O estudo foi realizado em Três Passos/RS, em duas épocas de coleta (inverno e primavera), em áreas com uso de dejetos suínos há 2 anos (A2), há 14 anos (A14) e mata nativa (MN). Em todas as áreas foram analisadas a composição dos organismos do solo através do uso do PROVID e do TSBF, a atividade biológica, com o uso de *litter bags* e do ensaio lâmina *bait* e a qualidade microbiológica do solo a partir da determinação do teor de C na biomassa microbiana, respiração microbiana do solo, quociente metabólico (qCO_2) e atividade das enzimas β Glicosidase, urease e Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA). O uso sucessivo de dejetos de suínos no solo alterou as características biológicas, de acordo com o tempo de aplicação do mesmo; influencia a composição e a diversidade da fauna edáfica, aumentando o número total de indivíduos, principalmente de colêmbolos; a atividade da biota do solo é influenciada pela época de coleta das análises e pela profundidade, sendo maior especialmente até os 6 cm do solo; o uso sucessivo de dejetos de suínos em pastagem não influencia o carbono da biomassa, a respiração microbiana e o quociente metabólico do solo permitindo a manutenção dos níveis de qualidade microbiológica do solo em relação à mata nativa; a atividade enzimática do solo foi influenciada pelo uso de dejetos de suínos, sendo que a urease e a Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) foram sensíveis na detecção de diferenças na atividade dos microrganismos dos solos com uso de dejetos de suínos enquanto que a enzima β -Glicosidase não permitiu a diferenciação entre as áreas estudadas.

Palavras-chave: Fauna edáfica. Diversidade. Adubação orgânica. Atividade biológica.

ABSTRACT

Doctor Science Thesis
Graduate Program in Soil Science
Universidade Federal de Santa Maria

BIOTA SOIL IN GRASSLAND WITH CONTINIUM IN PIG SLURRY APPLICATION

AUTHOR: DANNI MAISA DA SILVA

ADVISER: ZAIDA INÊS ANTONIOLLI

Defense Place and Date: Santa Maria, February 12, 2015.

The successive use of pig slurry as a soil fertilizer on pasture areas is a common practice in southern Brazil. While there are economic benefits of reuse of waste, this practice poses serious environmental risks and can cause changes in the composition and activity of soil organisms. The soil organisms and microbiological soil quality indicators are very sensitive and allow the monitoring of the soil environment conditions. This work aimed to study the effect of the successive application of pig slurry in pasture areas on the composition, biological activity and microbiological soil quality. The study was conducted in Três Passos/RS in two harvest periods (winter and spring), in areas with use of manure 2 years ago (A2), 14 years (A14) and native forest (NF). In all areas we analyzed the composition of soil organisms through the use PROVID and TSBF, biological activity, using litter bags and bait blade test; was also evaluated the microbiological quality of the soil from the determination of carbon content in the microbial biomass, soil microbial respiration, metabolic quotient (qCO₂) and activity of enzymes β Glycosidase, urease and Hydrolysis of Fluorescein diacetate (FDA). The successive use of pig slurry in the soil changed the biological characteristics, according to the same application time; influences the composition and diversity of soil fauna by increasing the total number of individuals, primarily springtails; the activity of soil biota is influenced by the collection time of the analysis and depth, and most especially up to 6 inches from the ground; the successive use of pasture in pig slurry does not influence the carbon biomass, microbial respiration and metabolic quotient were allowing the maintenance of the levels of microbiological soil quality in relation to native forest; the soil enzymatic activity was influenced by the use of pig slurry, and the urease and the hydrolysis of fluorescein diacetate (FDA) were sensitive to detect differences in the activity of soil microorganisms with the use of pig slurry while the enzyme β -glucosidase did not allow the differentiation between the studied areas.

Key words: Soil fauna. Diversity. Organic fertilization. Biological activity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Esquema do trabalho de análises dos organismos do solo realizado a partir das áreas de Três Passos/RS, apresentando as análises a campo e em laboratório, Santa Maria, 2014..... 14

ARTIGO 1

- Figura 1 – Biplot da Análise dos Componentes Principais (ACP) para características químicas, físicas e biológicas de solos sob aplicação sucessiva de dejetos de suínos, dos dados coletados pelo PROVID, para as coletas de agosto (A) e novembro (B)..... 28
- Figura 2 – Biplot da Análise dos Componentes Principais (ACP) para características químicas, físicas e biológicas de solos sob aplicação sucessiva de dejetos de suínos, dos dados coletados pelo TSBF, para as coletas de agosto (A) e novembro (B)..... 29

ARTIGO 2

- Figura 1 – Carbono da biomassa microbiana (A) e Respiração microbiana acumulada em 14 dias (B) em amostras de solo das áreas MN (Mata Nativa), A2 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos) e A14 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos), em duas épocas de coleta (inverno e primavera), Santa Maria/RS, 2012..... 43
- Figura 2 – Valores da β Glicosidase (A), da urease (B) e da Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) (C) em amostras de solo das áreas MN (Mata Nativa), A2 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos) e A14 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos), em duas épocas de coleta (inverno e primavera), Santa Maria/2012..... 46

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1– Número médio de indivíduos epiedáficos ¹ por grupo taxonômico, densidade, riqueza, índice de diversidade de Shanonn (H), de equabilidade de Pielou (J) e de dominância de Simpson (Is), determinados através do método PROVID e TSBF, em duas épocas de coleta (agosto e novembro), em áreas de Mata Nativa (MN) e pastagem de azevém+tifton com uso de dejetos de suínos há dois anos (A2) e há 14 anos (A14), Santa Maria/RS, 2012.....	25
Tabela 2– Consumo alimentar médio do substrato (%) nas lâminas <i>bait</i> pela fauna edáfica em área de pastagem com uso de dejetos de suínos há dois anos (A2), 14 anos (A14) e Mata Nativa (MN), em duas épocas (agosto e novembro), Santa Maria/RS.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características químicas e físicas dos solos das áreas de Mata Nativa (MN), pastagem de azevém+tifton com uso de dejetos de suínos há dois anos (A2) e há 14 anos (A14), na profundidade de 0 a 10 cm, Santa Maria/RS, 2012.....	40
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1 Referencial teórico	15
1.1.1 Região Celeiro do Rio Grande do Sul.....	15
1.1.2 Dejetos de suínos/Solo.....	16
1.1.2.1 Dejetos de suínos e metais pesados: Cu e Zn.....	17
1.1.2.2 Fauna edáfica.....	18
1.1.2.3 Indicadores microbiológicos do solo.....	19
2 ARTIGO 1 - COMPOSIÇÃO DA FAUNA EDÁFICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA EM ÁREAS DE PASTAGEM SOB APLICAÇÃO SUCESSIVA DE DEJETOS DE SUÍNOS	21
2.1 Resumo.....	21
2.2 Introdução.....	22
2.3 Material e Métodos.....	23
2.4 Resultados e Discussão.....	24
2.5 Conclusão.....	33
2.6 Referências.....	33
3 ARTIGO 2 - INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE SOLO EM PASTAGEM COM APLICAÇÃO SUCESSIVA DE DEJETOS DE SUÍNOS	36
3.1 Resumo.....	36
3.2 Introdução.....	37
3.3 Material e Métodos.....	38
3.4 Resultados e Discussão.....	42
3.5 Conclusões	49
3.6 Literatura citada	49
4 DISCUSSÃO GERAL	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES DE ESTUDOS FUTUROS	58
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura é uma atividade importante para o país, especialmente para a Região Sul do Brasil, que possui cerca de 50% do rebanho nacional (PRODUÇÃO DA PECUÁRIA MUNICIPAL, 2010). No Estado do Rio Grande do Sul (RS) a atividade suinícola pode estar associada à bovinocultura leiteira, com vistas ao melhor aproveitamento e uso das terras, pois a maior parte das propriedades rurais que trabalham com ambas as atividades possui pequena área agrícola disponível.

O principal sistema de criação de suínos utilizado no Estado do Rio Grande do Sul é por confinamento, que favorece o acúmulo de dejetos produzidos em pequenas áreas. A aplicação desses dejetos como adubo orgânico no solo é a principal forma de utilização, sendo esta uma das mais importantes alternativas, economicamente viáveis, de fertilização das pastagens nas regiões produtoras de suínos e leite do Estado.

Embora os benefícios econômicos advindos desta técnica, em razão dos dejetos serem ricos em matéria orgânica e nutrientes, especialmente fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio (N), há um risco ambiental potencial associado ao uso de dejetos de suínos na agricultura. Este risco decorre do fato dos dejetos possuírem elementos químicos que acima de determinados limites se tornam potencialmente tóxicos no solo e no ambiente, como os metais pesados Cu e Zn, além de contaminantes biológicos como os coliformes totais. Agrega-se a isto o uso sucessivo dos dejetos de suínos nas mesmas áreas, como uma prática comum nas regiões produtoras, em razão do tamanho reduzido das propriedades rurais, que possuem pouca área agrícola disponível para o descarte dos dejetos, aumentando os riscos ambientais.

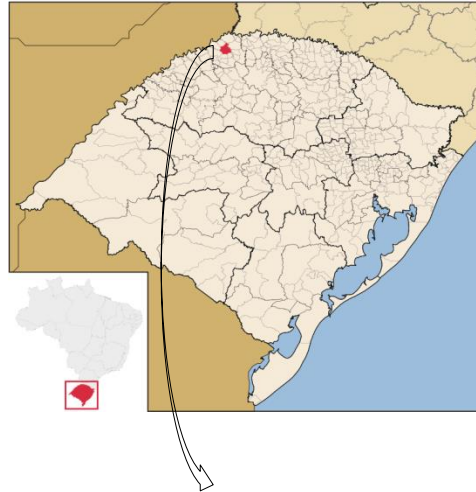
Em razão da sensibilidade dos organismos edáficos aos impactos ambientais e à toxicidade dos elementos químicos, especialmente, dos metais pesados, estes organismos podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo e do ambiente.

Os organismos do solo são responsáveis por inúmeros processos fundamentais à manutenção dos ecossistemas agrícolas, como a decomposição e gênese da matéria orgânica, a mineralização de nutrientes, o aumento da porosidade, o controle biológico, entre outros, já que participam ativamente dos ciclos biogeoquímicos do ambiente edáfico. Estes processos, por sua vez, também serão determinantes para o comportamento dos organismos edáficos, de modo que, diferentes manejos, poderão resultar em diferentes comunidades edáficas. Dependendo do tipo de manejo, as alterações nas comunidades de organismos edáficos podem

contribuir para a melhoria da qualidade do solo, ou podem reduzi-la, de forma a comprometer as transformações físico-químicas que ocorrem no solo.

Assim, o uso sucessivo de dejetos de suínos no solo pode influenciar de forma positiva as comunidades e a atividade dos organismos edáficos ao se considerar o aumento nos teores de matéria orgânica e nutrientes ou, por outro lado, alterar negativamente a vida do solo em razão do aumento nas concentrações de metais pesados, como Cu e Zn. Contudo, para que a adição de dejetos suínos no solo seja realizada através de um processo de manejo adequado, é fundamental o conhecimento da composição e da atividade das comunidades de micro, meso e macrorganismos nos solos de pastagens submetidas à aplicação sucessiva de dejetos de suínos.

O uso de dejetos de suínos promove aumento nos teores de matéria orgânica e elevação dos teores de metais pesados (Cu e Zn) do solo (GIROTTI, 2007). Nestas condições, há aumento na atividade e na densidade, e redução na diversidade de organismos do solo, sendo esta a hipótese que norteou este estudo. Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho foi estudar a composição e a atividade das comunidades de micro, meso e macrorganismos do solo em áreas sob pastejo rotativo com aplicação sucessiva de dejetos de suínos. O trabalho desta tese seguiu o esquema da Figura 1.



Três Passos/RS – A14 - Área pastagem (Tifton+Azevém) com uso de dejetos há 14 anos;

A2 - Área pastagem (Tifton+Azevém) com uso de dejetos há 2 anos;

MN - Mata nativa



Análises dos organismos do solo:



A campo:

PROVID;

TSBF;

Litter bags;

Lâminas bait.

Em laboratório:

Carbono da biomassa;

Respirometria;

Quociente metabólico;

Enzimas.

Figura 1: Esquema do trabalho de análises dos organismos do solo realizado a partir das áreas de Três Passos/RS, apresentando as análises a campo e em laboratório, Santa Maria, 2014.

1.1 Referencial teórico

1.1.1 Região Celeiro do Rio Grande do Sul

A Região Celeiro situa-se no Noroeste do Rio Grande do Sul, na fronteira com a Argentina e com o Estado de Santa Catarina. A Região é composta por 21 municípios, que ocupam 4.473,2 km² e possuem 142.326 habitantes. Caracteriza-se por ser uma região essencialmente agrícola, produtora de alimentos em pequenas propriedades rurais (BARBOSA et al., 2010).

Em relação à produção agrícola, a soja é a principal cultura da Região, seguida pelo milho e pelo trigo, enquanto que, na pecuária, a suinocultura é a atividade de maior expressão regional, seguida pela bovinocultura de leite e corte (CASTRO, 2001). A Região Celeiro se destaca na produção de suínos com três municípios entre os oito maiores produtores de suínos do Estado do RS, sendo Três Passos o 3º maior produtor, Humaitá, o 4º e Vista Gaúcha o 8º no ranking estadual, tendo Nova Candelária em 1º, Capitão em 2º, Arroio do Meio em 5º, Palmitinho em 6º e Itaqui em 7º (PASQUETTI, 2010).

Três Passos (53°56'W e 27°30'S) é considerado o município “capital” da Região Celeiro e apresenta como principais características relevo ondulado, altitude média de 413 metros, clima do tipo Cfa, com temperatura média anual em torno de 19°C e precipitação entre 1.800 e 2.000 mm, bem distribuídos ao longo do ano (SILVA et al., 2014). Possui o maior número de propriedades rurais entre os municípios da Região Celeiro, com a menor área média, em hectares por propriedade (CASTRO, 2001). Além da destacada importância na produção de suínos também é um importante difusor da tecnologia do pastejo rotativo, pela experiência na condução deste sistema de manejo na produção leiteira em pequenas propriedades. O sistema está baseado na produção de pastagens perenes a base de grama tifton, fertilizada essencialmente com dejetos líquidos de suínos, com a integração ou não com pastagens anuais (SANGALETTI, 2002).

Este modelo é representativo do sistema de produção predominante nas propriedades rurais familiares com criação de suínos na Região Celeiro do RS. Embora o modelo produtivo seja comum, ainda é pouco estudado nos aspectos químicos, físicos e, especialmente, biológicos do solo, sob ação dos dejetos líquidos de suínos.

1.1.2 Dejetos de suínos/Solo

Os dejetos de suínos são fontes de nutrientes, especialmente nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (HÜBNER, 2008), e quando manejados adequadamente, podem suprir parcial ou totalmente a necessidade das culturas, como uma importante fonte de adubação e fertilização do solo. Além disso, seu uso contribui para a adição de matéria orgânica ao solo, melhorando o desenvolvimento da flora microbiana (QUADRO et al., 2011) e da fauna edáfica (ALVES, 2008).

A aplicação de dejetos de suínos no solo é capaz de manter os níveis de produtividade das culturas agrícolas semelhantes aos solos com adubação química (NPK), indicando que a sua utilização como biofertilizante pode ser uma alternativa viável ao destino dos dejetos de suínos (SEIDEL et al., 2010). Estes dejetos possuem ainda um grande potencial de uso em pastagens, trazendo ganhos econômicos ao produtor rural e possibilitando a obtenção de forrageiras de melhor valor nutricional, além de favorecer o manejo racional do sistema de produção animal (CRISPIM et al., 2010).

O uso sucessivo de dejetos de suínos no solo pode elevar os teores de nitrogênio (N) (GIACOMINI & AITA, 2008), fósforo (P), potássio (K), cobre (Cu) e zinco (Zn) (VEIGA et al., 2012), matéria orgânica, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (STEINER et al., 2011), além de outros elementos (QUEIROZ et al., 2004), especialmente nas camadas superficiais do solo, favorecendo a melhoria da fertilidade (MEDEIROS, 2012), mantendo a qualidade física do solo (ARRUDA et al., 2010; AGNE & KLEIN, 2014). Entretanto, a suinocultura é considerada uma atividade de grande potencial poluidor, em função do grande volume de efluentes (dejetos) gerados e da elevada presença de contaminantes nestes dejetos, já que, uma única matriz pode produzir cerca de 100 litros de dejetos dia⁻¹, em ciclo completo, cerca de 60 litros dia⁻¹, nas unidades de produção de leitões ou, no caso de suínos em terminação, são produzidos até 7,5 litros de dejetos dia⁻¹ (PERDOMO & LIMA, 2001). Soma-se a isso o fato de que a maior parte da criação é realizada em pequenas propriedades rurais familiares em sistema de confinamento, produzindo-se um grande volume de dejetos em pequenas áreas (GIACOMINI et al., 2014) que, em muitos casos, excede a capacidade de suporte dos solos (GIROTTO et al., 2010), podendo levar à ocorrência de impactos ambientais.

Além disso, a adição sucessiva de dejetos líquidos de suínos no solo pode causar acúmulo de Cu e Zn, pela introdução de grande quantidade destes elementos no solo (GIROTTO et al., 2010; BASSO et al., 2012; LOURENZI et al., 2014), que, sendo metais

pesados, são potencialmente tóxicos à flora e à fauna, podendo causar impactos indesejáveis aos organismos edáficos.

1.1.2.1 Dejetos de suínos e metais pesados: Cu e Zn

O uso de dejetos de suínos em solos agrícolas é uma forma eficiente de ciclagem de nutrientes e uma das melhores alternativas para minimizar o impacto ambiental deste produto. Entretanto, existem diferenças entre a necessidade das plantas e a composição dos dejetos, sendo os teores dos diferentes elementos no solo dependentes da concentração do elemento no dejetos, bem como das características do solo sob aplicação do fertilizante orgânico (MATTIAS, 2006).

Em se tratando dos elementos Cu e Zn, a sua presença em alta concentração nos dejetos é consequência da adição de quantidades excessivas nas rações para garantir a absorção destes elementos pelos suínos (MATTIAS, 2006). Esse fato, associado às aplicações sucessivas dos dejetos nas mesmas áreas agrícolas tende a causar acúmulos destes elementos no solo, tornando os dejetos uma fonte de Cu e Zn, com alto potencial de contaminação ambiental (GIROTTO, 2007), sendo estes elementos os que merecem mais atenção, já que são os que apresentam a maior tendência de acúmulo nos solos com histórico de aplicação de dejetos de suínos (BASSO et al, 2012; LOURENZI et al., 2014).

O Cu é acumulado especialmente na fração orgânica e residual, e o Zn, principalmente na fração ligada aos argilominerais do solo (GIROTTO et al., 2010; TIECHER et al, 2013). Estes elementos se acumulam principalmente nas camadas superficiais do solo, sobretudo nas formas biodisponíveis, podendo atingir teores totais acima dos valores considerados críticos pela literatura (GIROTTO et al., 2010), sendo potencialmente tóxicos às culturas e à biota do solo.

A abundância e a diversidade dos meso e macrorganismos são indicadores de qualidade dos solos, pois estes desempenham serviços fundamentais para a produtividade dos solos e para a preservação ambiental (BARETA et al.; 2010; BARETA et al., 2011; VASCONCELLOS et al., 2013), entretanto, são sensíveis às práticas de manejo e podem apresentar impactos negativos pela adição de metais pesados ao solo, como Cu e Zn (ANTONIOLLI et al.; 2013). A fauna edáfica é um importante indicador e pode ser utilizada para avaliar os impactos do uso dos dejetos suínos no solo.

1.1.2.2 Fauna edáfica

A fauna edáfica é composta pelos invertebrados do solo, que são organismos extremamente diversos (LAVELLE et al., 2006). Normalmente são classificados de acordo com o seu tamanho em três ordens de magnitude: microfauna, constituída pelos invertebrados com menos de 0,2 mm de diâmetro; mesofauna, composta pelos organismos edáficos com tamanhos entre 0,2 e 2 mm de diâmetro e macrofauna, que engloba os organismos maiores do que 2 mm de diâmetro (LAVELLE et al., 1994).

Os organismos da fauna edáfica desempenham diferentes e importantes funções nas transformações que ocorrem no solo participando ativamente dos processos químicos, físicos e biológicos do ambiente edáfico (LAVELLE et al., 2006). Atuam na dinâmica da matéria orgânica do solo, na ciclagem de nutrientes e como micro predadores (LAVELLE et al., 1997; LAVELLE et al., 2001). Desenvolvem interações com os microrganismos atuando na ativação e redistribuição da flora microbiana e substratos orgânicos, misturando-os no solo (LAVELLE, 1996). Além disso, a diversidade e a atividade dos organismos edáficos estão diretamente relacionadas às propriedades físicas do solo incluindo a heterogeneidade estrutural, distribuição da matéria orgânica, capacidade de infiltração e retenção de água no solo (LAVELLE et al., 1997).

A dinâmica das comunidades de organismos do solo, por sua vez, também pode ser afetada por diversos fatores edáficos tais como, o tipo de solo, minerais predominantes, temperatura, pH, matéria orgânica, umidade, cobertura vegetal, entre outros. Considerando que as intervenções antrópicas podem alterar alguns destes fatores, também tornam-se potencialmente capazes de afetar a dinâmica da fauna do solo e por consequência, as funções ecológicas nas quais estão envolvidas (MELO et al., 2009).

Para Lavelle et al. (2001), a maioria das práticas de manejo do solo têm efeitos negativos sobre a diversidade e abundância dos organismos edáficos. Dependendo de quais sejam as alterações causadas nas comunidades edáficas pelas práticas de manejo adotadas, estas podem se refletir na redução da qualidade do solo, quando resultarem em menor diversidade, quantidade e atividade dos organismos edáficos. Entretanto, se as práticas de manejo do solo resultarem em alterações positivas nas comunidades edáficas, isto pode possibilitar a melhoria da qualidade do solo. Desse modo, com manejo e dosagem adequados, os dejetos de suínos podem contribuir para a melhoria das características

químicas, físicas e biológicas do solo, promovendo o equilíbrio ecológico com o aproveitamento dos dejetos na agricultura sem poluição ao ambiente (ALVES, 2007).

1.1.2.3 Indicadores microbiológicos do solo

Os microrganismos do solo participam de processos fundamentais à manutenção dos ecossistemas agrícolas e manejados, como a decomposição e gênese da matéria orgânica, a mineralização de nutrientes, a fixação biológica de nitrogênio, a micorrização, a agregação do solo, o aumento da porosidade, o controle biológico, entre outros. Em geral, um solo de um ecossistema natural que passou por menores interferências humanas possui alta atividade biológica e comunidades microbianas equilibradas (TÓTOLA e CHAER, 2002), sendo que estes processos ocorrem de forma intensa e em nível adequado para a manutenção daquele ecossistema.

Diferentes sistemas de manejo, por sua vez, podem influenciar significativamente as propriedades do solo, especialmente àquelas relacionadas ao papel dos microrganismos na ciclagem de nutrientes e qualidade dos solos (BALOTA et al., 2011). Sendo assim, indicadores microbiológicos de qualidade do solo podem ser utilizados no monitoramento e avaliação das condições dos solos (KASCHUK et al., 2010; GE et al., 2013), inclusive sob aplicação sucessiva de dejetos de suínos, já que estes podem ocasionar modificações nos seus atributos microbiológicos (COUTO et al., 2013).

Entre os principais indicadores microbiológicos normalmente utilizados para a avaliação da qualidade do solo pode-se destacar a determinação do carbono da biomassa, a respiração microbiana e a atividade enzimática do solo (ARAÚJO et al., 2012; KHEYRODIN et al.; 2012; BALOTA et al., 2014). A biomassa microbiana é um indicador sensível de mudanças no ecossistema, pois representa o destino inicial do carbono (C) em transformação no solo, sendo influenciada pelos fatores que interferem na densidade e atividade dos microrganismos do solo, além de representar a principal fonte de enzimas do solo, responsável pela quase totalidade de sua atividade (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). O uso de dejetos de suínos pode incrementar o carbono da biomassa e a respiração basal (COUTO et al., 2013), além de influenciar a atividade enzimática do solo (BALOTA et al., 2011).

A análise do comportamento da comunidade microbiana do solo com uso sucessivo de dejetos de suínos, através dos resultados apresentados pelo estudo de indicadores

microbiológicos, pode auxiliar na tomada de decisões que conduza ao melhor sistema de manejo com uso adequado dos dejetos de suínos no solo e à viabilidade econômica e ambiental da atividade no Estado do Rio Grande do Sul.

2 ARTIGO 1 - COMPOSIÇÃO DA FAUNA EDÁFICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA EM PASTAGEM SOB APLICAÇÃO SUCESSIVA DE DEJETOS DE SUÍNOS

2.1 Resumo

O uso sucessivo de dejetos de suínos em áreas de pastagem é uma prática comum na região sul do Brasil. Embora os benefícios econômicos do uso dos dejetos como fertilizante, estes podem estar associados a riscos ambientais e causar alterações na composição e atividade da fauna no solo. Este trabalho teve por objetivo estudar o efeito da aplicação sucessiva de dejetos de suínos em áreas de pastagem sobre a composição e atividade biológica da fauna edáfica. O trabalho foi realizado em Três Passo/RS, em duas épocas de coleta (agosto e novembro), em áreas com uso de dejetos há 2 anos (A2), há 14 anos (A14) e mata nativa (MN). O uso sucessivo de dejetos de suínos no solo alterou as características biológicas do solo, de acordo com o tempo de aplicação do mesmo; influenciou a composição e a diversidade da fauna edáfica, aumentando o número total de indivíduos, principalmente de colêmbolos e aumentou a atividade da biota do solo, especialmente até os 4 cm de profundidade.

Palavras-chave: Adubação orgânica; diversidade; organismos do solo; lâmina *bait*.

Abstract

The successive use of pig slurry on pasture areas is a common practice in southern Brazil. Although the economic benefits of the use of slurry as fertilizer, these may be associated with environmental hazards and cause changes in the composition and activity of soil fauna. This work aimed to study the effect of the successive application of pig slurry on pastures on the composition and biological activity of the soil. The study was conducted in Três Passos/RS in two harvest periods (winter and spring), conducted in areas with use of manure 2 years ago

(A2), 14 years (A14) and native forest (NF). The successive use of pig slurry in the soil changed biological soil, according to the time of implementation; influenced the composition and diversity of soil fauna, bringing the total number of individuals, especially springtails and increased activity of soil biota, especially to the depth of 4cm.

Keywords: Organic fertilization; diversity; soil organisms; lamina bait.

2.2 Introdução

A suinocultura é uma atividade econômica importante no Brasil, com destaque para a região sul que possui quase 50% do rebanho nacional (PRODUÇÃO DA PECUÁRIA MUNICIPAL, 2010) concentrado, em sua grande maioria, em unidades rurais familiares. Estes produtores utilizam o sistema de criação em confinamento, sendo que, muitos associam a suinocultura com a bovinocultura leiteira e os dejetos de suínos, em geral, constituem-se na principal forma de fertilização das pastagens. Em função disto, pode ocorrer o acúmulo de elementos químicos potencialmente tóxicos às culturas e à biota do solo, como o cobre (Cu) e o zinco (Zn) (LOURENZI et al., 2014).

A densidade e a diversidade dos meso e macrorganismos são indicadores de qualidade dos solos, pois estes desempenham funções importantes para a produtividade dos solos e para a preservação ambiental (VASCONCELLOS et al., 2013). Porém, as comunidades de organismos do solo são muito sensíveis às práticas de manejo e podem ser alteradas por diversos fatores, como a adição de metais pesados ao solo (ANTONIOLLI et al., 2013).

Considerando que a adição sequencial dos dejetos de suínos pode contribuir para a melhoria ou manutenção de algumas características químicas (VEIGA et al., 2012) e físicas do solo (AGNE & KLEIN, 2014), também pode aumentar a disponibilidade de alimentos para a fauna do solo, devido a adição de grandes quantidades de compostos orgânicos, o que pode resultar no aumento da densidade e da atividade dos organismos do solo. O trabalho teve por objetivo estudar o efeito da aplicação sucessiva de dejetos de suínos em áreas de pastagem sobre a composição e atividade biológica do solo.

2.3 Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Município de Três Passos/RS (53°56'W e 27°30'S) em relevo ondulado, altitude média de 413 m, clima do tipo Cfa, com temperatura média anual em torno de 19°C e precipitação entre 1.800 e 2.000 mm, bem distribuídos ao longo do ano (ALVARES et al., 2013). O solo foi caracterizado como Neossolo Regolítico (SANTOS et al., 2013).

As áreas analisadas foram: **A2** - pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos; **A14** - pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos, ambos em sistema de pastejo rotativo com vacas leiteiras; e **MN** - mata nativa, como parâmetro, em delineamento em arranjo fatorial 3x2, com três áreas e duas épocas de coleta, com três repetições. Na análise das lâminas *bait* o arranjo foi trifatorial 3x2x4, com três tratamentos, duas épocas e quatro profundidades, com três repetições. As áreas com uso sucessivo de dejetos de suínos receberam inicialmente 2 ton ha⁻¹ de calcário e, anualmente, cerca de 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de ureia e de 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos, distribuídos em 10 aplicações. A Tifton apresentava-se na fase inicial de rebrote na primeira coleta e em franco desenvolvimento vegetativo, na segunda, já o Azevém estava em franco desenvolvimento vegetativo, na primeira coleta e na fase final do ciclo, na segunda.

A análise biológica, denominada “litter bag”, as coletas para as análises químicas e físicas foram realizadas em agosto; as demais em agosto e novembro de 2012. Para a caracterização física e química o solo foi coletado nas camadas de 0 a 10 e de 10 a 25 cm de profundidade, cujos resultados da média ponderada, foram, nas áreas MN, A2 e A14, respectivamente: pH H₂O 6,4; 6,0 e 5,9; Ca²⁺ 18,7; 13,1 e 12,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺- 4,1; 5,80 e 5,40 cmol_c dm⁻³; P- 4,6; 25,1 e 33,8 mg dm⁻³; K- 304,3; 311,5 e 462,7 mg dm⁻³; matéria orgânica- 5,0; 2,6 e 4,1%; Cu total- 191,6; 257,8 e 221,9 mg dm⁻³; Zn total- 106,9; 105,6 e 122,1 mgdm⁻³; densidade (gcm⁻³)- 0,86; 1,23 e 1,29; macroporosidade (cm³cm⁻³)- 0,32; 0,18 e 0,17; microporosidade (cm³cm⁻³)- 0,28; 0,43 e 0,41.

Durante os 40 dias que antecederam as coletas de agosto e de novembro a precipitação pluvial nas áreas analisadas foi de 243 e 363 mm de chuva, respectivamente. A temperatura média determinada no mesmo período foi de 13,29°C para a coleta de agosto e 20,32°C para a de novembro (INMET/BDMEP, 2014).

Para o levantamento da diversidade da meso e da macrofauna epiedáfica foram instaladas nove armadilhas de captura por área, de acordo com o método PROVID

(ANTONIOLLI, 2006), que permaneceram no campo durante quatro dias. Para a determinação da diversidade dos organismos hemiedáficos e euedáficos foi utilizado o método TSBF (“Tropical Soil Biology and Fertility”; ANDERSON & INGRAN, 1993). Foram coletados monólitos de 25x25x25 cm nos mesmos dias das instalações do PROVID. Após as coletas, os organismos foram classificados com auxílio de estereomicroscópio em laboratório.

Para a avaliação da atividade da fauna epiedáfica foram utilizados 3 “litter bags” (WIEDER e LANG, 1982) por repetição, confeccionados com nylon, com dimensões de 30x20cm e malha de 10x8 mm, para permitir a entrada da micro, meso e macrofauna do solo (PODGAISKI & RODRIGUES, 2010). No “litter bag” foi acondicionada a massa verde de folhas de azevém equivalente a 10g de massa seca. Os “litter bags” permaneceram sobre o solo por 21 dias, quando foram coletados e secos em estufa a 60°C até peso constante para determinação da massa remanescente, pela diferença entre a massa vegetal inicial e final.

Para a determinação da atividade biológica foi utilizado o teste da lâmina *bait* (KRATZ, 1998), que permaneceram no solo por 40 dias (ANDRÉ et al. 2009).

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$), com o auxílio do programa GENES. A análise qualitativa da fauna do solo foi realizada através da determinação da riqueza dos grupos coletados, frequência relativa e dos Índices de Diversidade de Shannon (H), Índice de Dominância de Simpson (Is) e Índice de Uniformidade de Pielou (J), obtidos com o uso do software DivEs 2.0. O estudo das relações entre os grupos taxonômicos da fauna edáfica e os atributos químicos e físicos do solo, nas diferentes áreas, foi realizado por meio da Análise dos Componentes Principais (ACP) com o SPSS 19.0.

2.4 Resultados e Discussão

A composição da fauna epiedáfica amostrada pelo método PROVID foi de 17 grupos taxonômicos (Tabela 1). A densidade de organismos edáficos foi significativamente maior na área A14 na primeira época de coleta (agosto/2012). Este resultado está relacionado à presença numericamente expressiva de indivíduos do grupo Collembola encontrados na área A14, que representaram 71,93% do número médio total de indivíduos coletados nesta época.

Tabela 1 - Número médio de indivíduos epiedáficos¹ por grupo taxonômico, densidade, riqueza, índice de diversidade de Shanonn(H), de equabilidade de Pielou (J) e de dominância de Simpson (Is), determinados através do método PROVID e TSBF, em duas épocas de coleta (agosto e novembro), em áreas de Mata Nativa (MN) e pastagem de azevém+tifton com uso de dejetos de suínos há dois anos (A2) e há 14 anos (A14), Santa Maria/RS, 2012.

Método/Época	PROVID						TSBF					
	Agosto			Novembro			Agosto			Novembro		
Áreas	MN	A2	A14	MN	A2	A14	MN	A2	A14	MN	A2	A14
Acari	8	21	17	7	6	4	0	0	0	0	0	0
Anellida	1	1	1	1	0	2	12	29	35	3	2	80
Arachnidae	4	6	11	5	8	11	7	3	6	3	2	4
Blattodea	1	1	8	5	8	2	1	0	0	1	1	1
Chilopoda	0	0	1	1	0	0	10	4	4	5	1	4
Coleoptera	5	14	12	10	12	11	2	7	9	3	3	10
Collembola	22	98	615	14	15	25	0	0	0	0	0	0
Dermaptera	0	0	1	0	0	0	2	0	1	1	1	2
Diplopoda	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Diptera	24	47	85	10	16	12	2	2	11	1	1	14
Gastropoda	0	0	0	0	0	0	15	0	0	8	0	0
Hemiptera	1	22	6	1	2	2	1	4	1	1	0	2
Hymenoptera	79	16	89	25	53	35	87	13	221	32	74	63
Isopoda	0	0	1	0	0	1	2	1	3	1	1	1
Isoptera	13	2	5	11	6	4	17	8	3	3	7	5
Neuroptera	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera	1	1	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0
Orthoptera	1	0	1	2	1	1	0	1	1	1	3	1
Densidade²	160b	229b	855a	94a	129a	112a	158a	72a	296a	65a	96a	188a
Riqueza³	12	11	15	14	12	13	12	10	12	15	11	13
H	1,60	1,66	1,04	2,13	1,88	1,64	1,59	1,81	0,99	1,79	0,98	1,54
J	0,64	0,69	0,38	0,81	0,76	0,74	0,64	0,78	0,40	0,66	0,41	0,60
Is	0,30	0,26	0,54	0,15	0,22	0,19	0,33	0,22	0,58	0,29	0,60	0,30

¹ Média de 9 repetições por área; ²Densidade: Número médio de indivíduos capturados/armadilha; Médias seguidas pela mesma letra, em cada época de coleta, por

metodologia, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro; ³Número total de grupos taxonômicos encontrados.

Os colêmbolos são considerados como importantes indicadores da condição biológica e da qualidade do solo por serem sensíveis às alterações ambientais e às intervenções antrópicas (SANTORUFO et al., 2012) e, neste estudo, tanto a cultura do azevém conforme já citado por SILVA et al. (2012), quanto as maiores doses de dejetos de suínos no solo, estudadas por SILVA et al. (2014) contribuíram para o maior número total de indivíduos da fauna edáfica e para o maior número de colêmbolos do solo coletados nesta época (agosto).

Na segunda época (novembro/2012), o número total de indivíduos da fauna edáfica coletados pelo PROVID foi 73,10% menor do que na primeira. Este resultado deve ter ocorrido em função da precipitação pluvial registrada nos 40 dias que antecederam a coleta de novembro, totalizando 363 mm de chuva, que podem ter prejudicado as comunidades edáficas. Os dados de temperatura média foram em geral mais altos e, portanto, mais favoráveis aos organismos do solo, no mesmo período para a coleta de novembro (20,32°C) em relação aos 40 dias que antecederam a coleta de agosto (13,29°C). Isto também pode explicar a densidade de organismos edáficos na segunda época de coleta, mais uniforme entre as áreas analisadas, e o número total de colêmbolos coletados pelo PROVID, 92,65% menor em relação à primeira coleta. Para RIEFF et al. (2010), a flutuação populacional de algumas famílias de colêmbolos pode estar relacionada com sua sensibilidade aos diversos fatores ambientais, bem como aos efeitos da vegetação.

O grupo Hymenoptera apresentou a segunda maior densidade, com menor variação entre as épocas de coleta. A maior abundância média destes organismos na área A2 na segunda época de coleta pode estar associada a grande facilidade de locomoção destes.

Em relação à riqueza da fauna edáfica a área A2 foi a que apresentou, em ambas as épocas de coleta, o menor número de grupos taxonômicos, ainda que as diferenças tenham sido pequenas em relação às demais áreas. A área A14 apresentou a maior riqueza na primeira época de coleta, o que pode ser, de acordo com ROVEDDER et al. (2009), consequência da maior fertilidade do solo e RIEFF et al. (2010), da maior biomassa vegetal, em relação à área A2.

Quanto aos índices de diversidade, embora a área A14 tenha apresentado a maior riqueza, o número expressivo especialmente de colêmbolos, himenópteros e dípteros na primeira época de coleta se refletiu no menor índice de diversidade (H). Esta situação também explica o maior índice de dominância de Simpson (Is), bem como ao menor índice de

equabilidade (J). SILVA et al. (2014) encontraram um comportamento similar em estudo com dejetos de suínos em diferentes sistemas de manejo, tendo ocorrido o aumento dos colêmbolos na maior dose de dejetos avaliada ($80\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) no sistema de plantio direto.

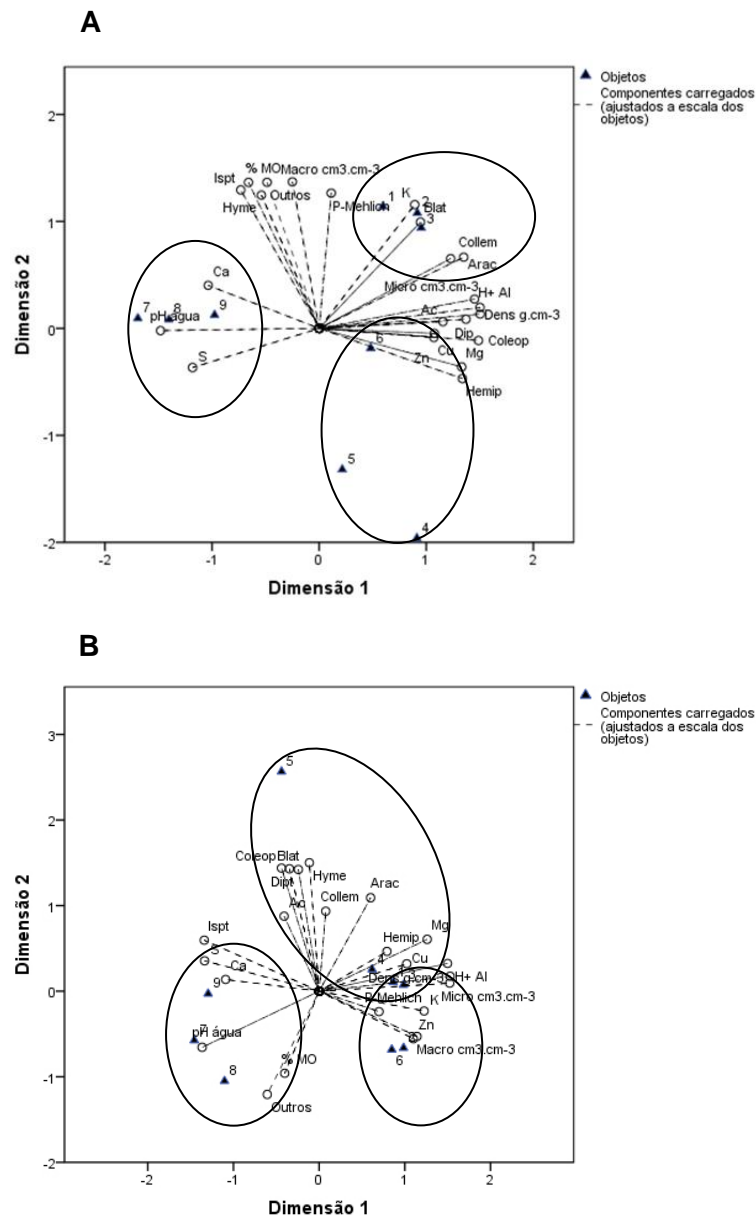
Em relação ao PROVID, pode-se inferir que a adição sucessiva de dejetos de suínos no solo contribuiu para o aumento da população de colêmbolos e que a quantidade de cobre acumulado no solo, embora esteja acima do teor máximo para investigação em solos agrícolas pela resolução nº 420 (CONAMA, 2009), em 14 anos de aplicações sucessivas de dejetos, não foi suficiente para reduzir a densidade dos colêmbolos no solo. Por outro lado, pode ter ocorrido a seleção das populações mais resistentes e a redução da diversidade de espécies de colêmbolos.

A segunda época de coleta (novembro) não apresentou grandes desproporcionalidades de densidade entre os 15 grupos taxonômicos. Entre as áreas, a mata nativa apresentou os maiores índices em razão do maior equilíbrio da densidade entre os grupos taxonômicos presentes (Tabela 1).

No método TSBF a densidade média total de organismos edáficos foi maior na primeira época de coleta (Tabela 1). Também foi possível perceber um aumento no número de organismos com a aplicação sucessiva de dejetos no solo ao longo do tempo, já que a área A14 apresentou maior densidade em ambas as épocas. Os organismos encontrados em maior número, em ambas as épocas de coletas, pertencem à ordem Hymenoptera, o que contribuiu para os baixos índices de diversidade da área A14 na primeira época de coleta. Para ALVES et al. (2008) a adubação orgânica com dejetos de suínos contribuiu para a maior frequência das ordens Hymenoptera, Oligochaeta e Coleoptera, sendo a frequência relativa das ordens encontradas dependente da época de amostragem.

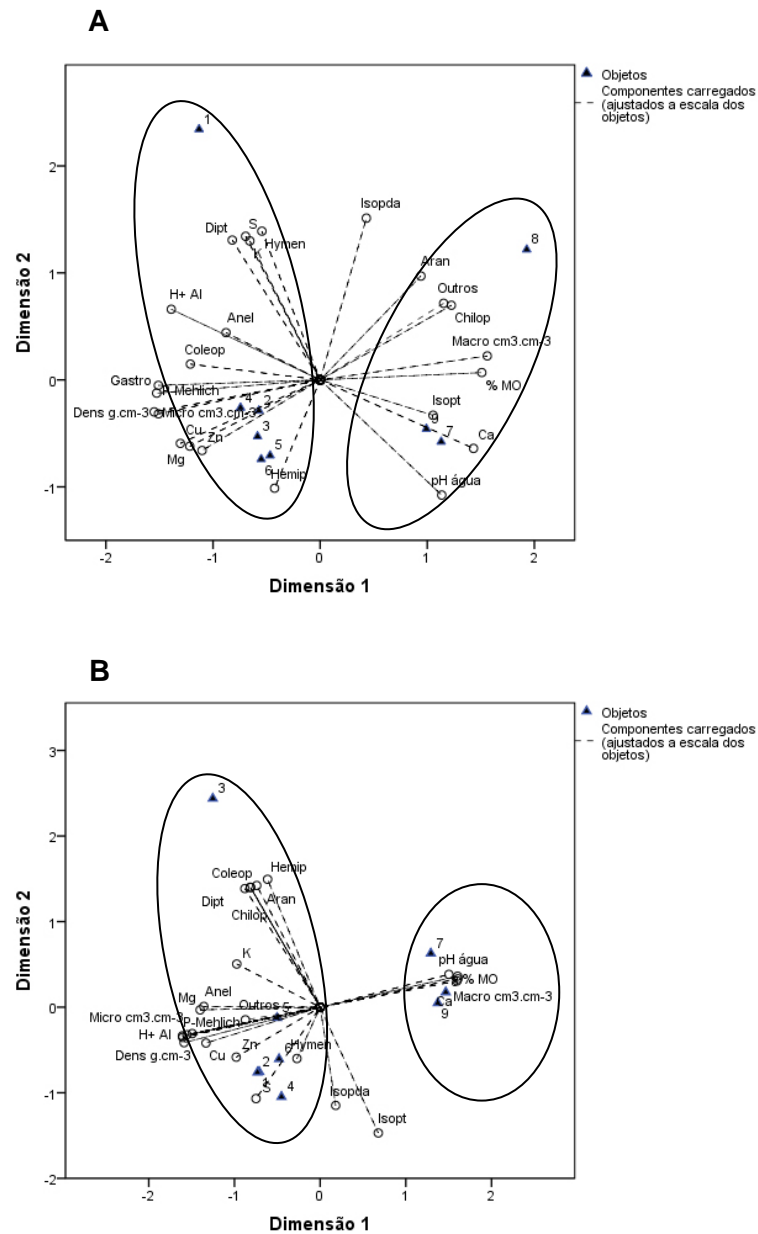
Na segunda época de coleta os organismos da ordem Hymenoptera também estiveram presentes em maior frequência, sendo, entretanto, encontrados em maior quantidade na área A2. Na mata nativa ocorreram na segunda época de coleta a maior riqueza e os melhores índices de diversidade. A maior densidade foi encontrada na área A14 que apresentou índices de diversidade, equabilidade e de dominância intermediários às áreas MN e A2.

A Análise dos Componentes Principais (ACP) separou as áreas estudadas, com o uso de ambos os métodos de coleta, PROVID (Figura 1) e TSBF (Figura 2), demonstrando haver relação entre a densidade e a diversidade dos organismos da fauna edáfica com os atributos físicos e químicos do solo.



1,2 e 3 repetições da A14 (área de pastagem de Azevém+tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos); 4,5 e 6 repetições da A2 (área de pastagem de Azevém+tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos); 7, 8 e 9 repetições da MN (mata nativa); Dens g cm^{-3} (densidade do solo), Micro $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ (microporosidade do solo), Macro $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ (macroporosidade do solo); Coleop (Coleoptera), Dip (Diptera), Collem (Collembolla), Isopt (Isoptera); Hemip (Hemiptera), Arac ou Aran (Araneae), Hyme (Hymenoptera), Blat (Blattodea), Ac (Acarina).

Figura 1 – Biplot da Análise dos Componentes Principais (ACP) para características químicas, físicas e biológicas de solos sob aplicação sucessiva de dejetos de suínos, dos dados coletados pelo PROVID, para as coletas de agosto (A) e novembro (B).



1,2 e 3 repetições da A14 (área de pastagem de Azevém+tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos); 4,5 e 6 repetições da A2 (área de pastagem de Azevém+tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos); 7, 8 e 9 repetições da MN (mata nativa); Dens g cm⁻³ (densidade do solo), Micro cm³ cm⁻³ (microporosidade do solo), Macro cm³ cm⁻³ (macroporosidade do solo); Coleop (Coleoptera), Dip (Diptera), Collem (Collembolla), Isopt (Isoptera); Hemiip (Hemiptera), Arac ou Aran (Aranae), Hyme (Hymenoptera), Blat (Blattodea), Ac (Acarina).

Figura 2 – Biplot da Análise dos Componentes Principais (ACP) para características químicas, físicas e biológicas de solos sob aplicação sucessiva de dejetos de suínos, dos dados coletados pelo TSBF, para as coletas de agosto (A) e novembro (B).

Para os resultados obtidos a partir do PROVID, na primeira época de coleta, dois componentes principais foram capazes de explicar 81,08% da variabilidade dos dados. O primeiro componente principal (CP1) respondeu por 54,24% da variabilidade dos dados, sendo composto pelas variáveis químicas, em ordem de importância: H+Al, pH, Mg, Cu e Zn; pelas variáveis físicas: Densidade e Microporosidade; e pelas variáveis biológicas: Coleoptera, Diptera e Collembola (Figura 1 A).

Na ACP da segunda época de coleta dos dados (novembro), dois componentes principais (CP1 e CP2) explicaram 68,70% da variabilidade dos dados, sendo 40,30% explicados pelo CP1 e 28,40% pelo CP2 (Figura 1 B). No CP1 estão inclusas as variáveis químicas, em ordem de importância: H+Al, pH, S, Mg, K, Ca, além de Cu e Zn; físicas: Microporosidade, Densidade e Macroporosidade; e biológicas: Isoptera, Hemiptera e Aranae.

Nos dados obtidos pelo TSBF, na coleta de agosto, dois componentes principais (CP1 e CP2) foram capazes de explicar 81,92% da variabilidade dos dados (Figura 2 A). O CP1 respondeu por 55,0% da variabilidade, sendo composto pelas variáveis químicas, em ordem de importância: P-Mehlich, %MO, H+Al, pH e Cu; físicas: Macroporosidade, Densidade e Microporosidade; e biológicas: Outros, Coleoptera e Aranae. Na ACP dos dados da segunda época de coleta dos dados (novembro), dois componentes principais (CP1 e CP2) explicaram 78,9% da variabilidade dos dados, sendo 53% explicados pelo CP1 e 25,9% pelo CP2 (Figura 2 B). No CP1 é possível inferir que há uma relação interdependente entre estas características no solo com uso de dejetos de suínos.

A análise dos “litter bags” permitiu visualizar a influência positiva do uso sucessivo de dejetos de suínos em áreas de pastagem sobre o processo de decomposição dos resíduos com a participação da fauna do solo. A redução do material orgânico acondicionado nos “litter bags” foi de 37, 48 e 43% para as áreas A2, A14 e MN não apresentando diferenças estatísticas entre as áreas, respectivamente. Este resultado pode estar associado à maior densidade e diversidade de organismos edáficos presentes na área A14 (Tabela 1).

O uso da malha de 10x8 mm permitiu a entrada dos organismos da macrofauna, mas por outro lado, pode ter levado a perda de material. A análise da massa de material foliar de azevém remanescente em cada “litter bag” apresentou variações de 3,99g até 9,23g em um tratamento, resultando em variabilidade entre as repetições e na ausência da diferença estatística entre as áreas. Assim, é importante sugerir que a malha a ser utilizada para os “litter bags” na determinação da atividade da fauna edáfica deve ser o mais próximo possível da dimensão mínima que permita a entrada da macrofauna (> 2 mm), a fim de se reduzir ao mínimo as possíveis perdas do material vegetal utilizado na análise.

Os resultados da atividade dos organismos da fauna do solo avaliada através do uso das lâminas *bait*, apresentaram diferenças significativas entre as épocas e as profundidades do solo analisadas (Tabela 2).

Tabela 2-Consumo alimentar médio do substrato (%) nas lâminas *bait* pela fauna edáfica em área de pastagem com uso de dejetos de suínos há dois anos (A2), 14 anos (A14) e Mata Nativa (MN), em duas épocas (agosto e novembro), Santa Maria/RS:

Profundidade (cm)	Áreas	Agosto	Novembro
0-2	MN	74,74 Aa*	58,85 Aa*
	A2	68,89 Aba	49,22 ABb
	A14	68,49 Aba	59,38 Aa
2-4	MN	66,66 ABCa	44,53 ABb
	A2	59,11 ABCDa	39,84 ABb
	A14	58,61 ABCDa	39,32 ABb
4-6	MN	52,60 BCDA	32,56 ABb
	A2	47,50 CDEa	32,81 Aba
	A14	47,40 CDEa	41,41 Aba
6-8	MN	45,83 DEa	27,09 Bb
	A2	43,75 DEa	25,26 Bb
	A14	32,03 Ea	21,10 Ba

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (entre profundidades) e minúsculas na linha (entre épocas) não diferem entre si pelo Teste Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Na primeira época da avaliação (agosto) atividade da fauna edáfica foi significativamente superior a da segunda (novembro) na maior parte das profundidades analisadas (Tabela 2). Estes resultados devem estar associados à maior densidade e diversidade média da fauna do solo registradas na coleta do mês de agosto em relação a do mês de novembro (Tabela 1) que, por sua vez, devem ser consequência da ocorrência de chuvas. ANDRÉ et al. (2009) destacam a sensibilidade do processo de avaliação da atividade da fauna através do uso das lâminas *bait* aos fatores ambientais, o que pode determinar a sazonalidade do processo de decomposição (KRATZ, 1998). Para SIMPSON et al. (2012), os fatores que mais influenciaram a atividade da fauna edáfica analisada através do uso do teste lâmina *bait* foram a umidade, a localização, a composição do substrato e a profundidade das

lâminas. A umidade será dependente das condições climáticas, reforçando a informação de influência das condições do clima sobre a atividade da fauna edáfica; a localização é relacionada à instalação das lâminas em relação à borda e ao centro das áreas em estudo; o sabor do substrato utilizado, além do padrão apresenta efeitos sobre a atividade da fauna e; a profundidade.

Na análise da atividade da fauna do solo em profundidade ocorreu diferença estatística a partir dos 4 cm na primeira época de coleta (agosto), e dos 6 cm na segunda época de coleta (novembro), com as maiores atividades registradas até estas profundidades. Estudos apontam uma atividade média maior nos 4 cm superiores do solo (PODGAISKI et al. 2011; ANDRÉ et al., 2009; SIMPSON et al., 2012). A maior atividade da fauna edáfica nos centímetros superficiais do solo deve estar relacionada às melhores condições físico químicas do solo nestas profundidades, as maiores atividades foram encontradas nas áreas com maior teor de matéria orgânica no solo (MN e A14). A maior atividade nos centímetros mais superficiais do solo nas áreas MN e A14 devem estar relacionadas à maior disponibilidade de alimentos e nutrientes à fauna edáfica nestes ambientes, na mata nativa resultante do acúmulo de material orgânico na superfície e na área A14 resultante da adição sucessiva de dejetos de suínos.

Em relação às áreas estudadas, embora tenham ocorrido diferenças no consumo alimentar nas lâminas *bait* analisadas, estas não foram estatisticamente significativas. Na área A14 a atividade dos organismos edáficos, em geral, superou a atividade da área A2, provavelmente em função da maior quantidade de nutrientes disponíveis, que resultou em maior aporte de material vegetal favorecendo a biota do solo este ambiente. No trabalho de PODGAISKI et al. (2011), a área pastejada demonstrou menor atividade dos invertebrados do que a não pastejada, sendo este resultado atribuído a menor quantidade de serrapilheira sobre a área e à ação do gado na área, que deve ter atuado modificando propriedades bióticas e abióticas locais que influenciam no processo de decomposição.

A fauna edáfica é influenciada pela adição de dejetos de suínos no solo determinando parâmetros químicos, através da influência no teor de nutrientes, bem como parâmetros físicos, como densidade e porosidade. A meso e a macrofauna do solo também são influenciadas pelos fatores edáficos refletindo as condições do solo e as características do ambiente.

2.5 Conclusão

A composição e a diversidade da fauna edáfica são alteradas pelo uso sucessivo de dejetos de suínos no solo, aumentando o número total de indivíduos, principalmente de colêmbolos;

A atividade da biota do solo é influenciada pela época de coleta das análises e pela profundidade, sendo maior especialmente até os 6 cm do solo;

2.6 Referências

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologisches Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>. Acesso em: 02 dez. 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ALVES, M.V. et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste de Santa Catarina. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.589-598, 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214228014>>. Acesso em: 26 nov. 2014. doi: 10.1590/S0100-06832008000200014.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Soil fauna. In: __ **Tropical soil biological and fertility: A Handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: C.A.B. International, 1993. p. 44-46.

ANDRÉ, A. et al. Bait-lamina assay as a tool to assess the effects of metal contamination in the feeding activity of soil invertebrates within a uranium mine area. **Environmental Pollution**, v. 157, p. 2368-2377. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749109001481>>. Acesso em: 03 nov. 2014. doi:10.1016/j.envpol.2009.03.023.

ANTONIOLLI, Z.I. et al. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p.407-417, 2006. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1922/1164>>. Acesso em: 10 jun. 2012. ISSN 1980-5098.

ANTONIOLLI, Z.I. et al. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. **Ciência Rural**, v.43, n.6, p.992-998, jun, 2013. Disponível em: >. Acesso em: 18 set. 2014. ISSN 0103-8478.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

INMET/BDMEP – Instituto Nacional De Meteorologia/Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 25 nov. 2014.

KRATZ, W. The Bait-Lamina Test. General Aspects, Applications and Perspectives. **ESPR – Environ. Sci. & Pollut. Res.** 5 (2): 94-96, 1998. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19005818>>. Acesso em: 12 jul. 2012. doi:10.1007/BF02986394.

LOURENZI, C.R. et al. Pig slurry and nutrient accumulation and dry matter and grain yield in various crops. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:949-958, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000300027>>. Acesso em: 15 out. 2014. doi:10.1590/S0100-06832014000300027.

PODGAISKI, L. R. et al. Avaliação da Atividade Alimentar dos Invertebrados de Solo em Campos do Sul do Brasil – *Bait-lamina* Test. **Entomo Brasilis**. v.4 (3), p.108-113, 2011. Disponível em: <<http://www.periodico.ebras.bio.br/ojs/index.php/ebras/article/view/159>>. Acesso em: 27 jun. 2014.

PRODUÇÃO DA PECUÁRIA MUNICIPAL. Rio de Janeiro: IBGE, v.38, 2010. 65p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/>>

RIEFF, G.G. et al. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de eucalipto e áreas nativas. **R. Bras. Agrocência**, Pelotas, v.16, n.1-4, p.57-61, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/2008/1834>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

ROVEDDER, A.P.M. et al. 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, jul, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000023>>. Acesso em: 02 dez. 2014. ISSN 0103-8478.

SANTORUFO, L. et al. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. **Environmental Pollution**, v.161, p.57-63, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749111005719>>. Acesso em: 02 dez. 2014. doi:[10.1016/j.envpol.2011.09.042](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.09.042). >. doi:10.5902/2179460X9340.

SANTOS, H.G. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa. 2013. 353 p.

SILVA, R.F. et al. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 130-137, 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/20534>>. Acesso em: 17 set. 2014. ISSN 1983-4063.

SILVA, R.F. et al. Doses de dejetos líquidos de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.418-424, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014000300006>>. Acesso em: 07 out. 2010. ISSN 0103-8478.

VASCONCELLOS, R.L.F.; SEGAT, J.C.; BONFIN, J.A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**. v. 58. p. 105-112. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556313000642>>. Acesso em: 02 dez. 2014. doi: 10.1016/j.ejsobi.2013.07.001

VEIGA, M. et al. Chemical attributes of a Hapludox soil after nine years of pig slurry application. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.12, p.1766-1773, dez. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001200013>>. Acesso em: 07 out. 2014. ISSN 0100-204X.

WIEDER, R.K. & LANG, G.E.A Critique of the Analytical Methods Used in Examining Decomposition Data Obtained From "litter bags". **Ecology**. 63: 1636-1642, 1982.

3 ARTIGO 2 - INDICADORES MICROBIOLÓGICOS EM SOLO DE PASTAGEM SOB APLICAÇÃO SUCESSIVA DE DEJETOS DE SUÍNOS

3.1 Resumo

O uso de dejetos líquidos de suínos como fertilizante do solo é uma prática comum na região sul do Brasil. Embora os benefícios da reutilização dos dejetos, esta prática apresenta sérios riscos ambientais. Os indicadores microbiológicos de qualidade do solo são bastante sensíveis e permitem o monitoramento das condições do ambiente edáfico. Este trabalho teve por objetivo determinar a influência de sucessivas aplicações de dejetos de suínos na atividade microbiana em solo de pastagem. O estudo foi realizado em Três Passo/RS, em duas épocas de coleta (agosto e novembro). Foi determinado o teor de C na biomassa microbiana, respiração microbiana do solo, quociente metabólico (qCO_2) e a atividade das enzimas β -Glicosidase, urease e Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) em áreas de pastagem com uso de dejetos de suínos há 2 anos (A2), há 14 anos (A14) e em área com mata nativa (MN). O uso sucessivo de dejetos de suínos em pastagem não influenciou o carbono da biomassa e a respiração microbiana do solo, que variaram conforme a época de coleta; O quociente metabólico não foi influenciado pelo uso de dejetos de suínos no solo; A atividade enzimática do solo foi influenciada pelo uso de dejetos de suínos, sendo que a urease e a Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) foram sensíveis na detecção de diferenças na atividade dos solos com uso de dejetos de suínos enquanto que a enzima β -Glicosidase não permitiu a diferenciação entre as áreas estudadas.

Termos de indexação: Qualidade do solo; carbono; biomassa; respiração; atividade enzimática.

SUMMARY: INDICATORS OF SOIL MICROBIOLOGY IN PASTURE WITH PIG SLURRY APPLICATION OF SUCCESSIVE

The use of pig slurry as soil fertilizer is a common practice in southern Brazil. Although the benefits of reusing waste, this practice poses serious environmental risks. The microbiological indicators of soil quality are very sensitive and allow the soil environment monitoring conditions. This study aimed to determine the influence of successive applications of pig slurry on soil microbial activity in pasture soil. The study was conducted in Três Passos/RS in two harvest periods (winter and spring). It was determined the C content in the microbial biomass, soil microbial respiration, metabolic quotient (qCO_2) and the activity of the enzymes β Glycosidase, urease and Hydrolysis of Fluorescein Diacetate (FDA) in grazing areas with the use of pig slurry 2 years (A2), 14 years (A14) and in area with native forest (NF). The successive use of pig slurry on pasture did not influence the carbon biomass and microbial soil respiration, which varied according to the seasons; The metabolic quotient was not influenced by the use of pig slurry in the soil; The soil enzymatic activity was influenced by the use of pig slurry, and the urease and the hydrolysis of fluorescein diacetate (FDA) were sensitive in detecting differences in soil activity with use of pig slurry while the β glucosidase enzyme did not allow the differentiation between the studied areas.

Index terms: Soil quality; carbon; biomass; respiration; enzymatic activity.

3.2 Introdução

O Brasil produz cerca de 39 milhões de suínos por ano em sistema de confinamento dos animais, ocasionando o acúmulo, em pequenas áreas, de grandes volumes de dejetos na forma líquida, que normalmente são aplicados no solo como fonte de nutrientes às culturas agrícolas (Giacomini et al., 2014). Em muitos casos, esta disposição sobre o solo é a principal forma de fertilização das pastagens destinadas à bovinocultura de leite, uma vez que ambas as atividades ocorrem conjuntamente nestas propriedades rurais do sul do Brasil.

Embora sejam evidentes os benefícios da reutilização dos dejetos de suínos para fertilização das áreas na própria unidade geradora, muitas vezes a elevada quantidade que é aplicada nas mesmas áreas, por longos anos, pode exceder a capacidade de suporte dos solos (Giroto et al., 2010). Com isso, ocorre a poluição do solo por coliformes totais (Sá et al., 2014), metais pesados (Cu, Zn e Mn) (Basso et al., 2012), P e K (Scherer et al., 2010), além de N, com riscos de lixiviação e contaminação das águas superficiais e subsuperficiais

(Hernández et al., 2013). Por isto, em sistemas tão intensivos quanto estes, o monitoramento permanente da qualidade dos solos é fundamental à sustentabilidade da atividade agrícola.

Os indicadores microbiológicos de qualidade do solo são bastante sensíveis (Kaschuk et al., 2011). Sendo assim, a sua utilização poderia indicar antecipadamente, em relação aos indicadores físicos e químicos, problemas ou melhorias no ambiente edáfico devido às práticas como a aplicação sucessiva de dejetos líquidos de suínos, possibilitando a escolha do melhor sistema de manejo do solo, contribuindo para a viabilidade econômica e ambiental da atividade agropecuária.

Dentre os indicadores microbiológicos utilizados para a avaliação da qualidade do solo destacam-se a determinação do carbono (C) da biomassa, a respiração microbiana e a atividade enzimática do solo (Araújo et al., 2012; Balota et al., 2014; Kheyrodin et al., 2012). A biomassa microbiana é um indicador sensível de mudanças no ecossistema, pois representa o destino inicial do C em transformação e é uma das principais fontes de produção do CO₂ e das enzimas do solo (Moreira & Siqueira, 2006). Estudos apontam que o uso de dejetos de suínos pode incrementar o C da biomassa e a respiração basal do solo (Couto et al., 2013), além de influenciar a atividade enzimática, apresentando diferentes tendências conforme a enzima estudada (Balota et al., 2011).

Entretanto, ainda existem poucas informações relacionadas ao comportamento e a sensibilidade destes bioindicadores de qualidade do solo em áreas com uso sucessivo de dejetos de suínos. Assim, este trabalho teve por objetivo determinar a influência de sucessivas aplicações de dejetos de suínos na atividade microbiana em solo de pastagem.

3.3 Material e métodos

Este trabalho foi realizado no município de Três Passos/RS (53°56'W e 27°30'S) que apresenta as características de relevo ondulado, altitude média de 413 m, clima do tipo Cfa, com temperatura média anual em torno de 19°C e precipitação pluvial entre 1.800 e 2.000 mm, bem distribuídos ao longo do ano (Alvares et al., 2013), em um Neossolo Regolítico (Santos et al., 2013).

Foram analisadas as seguintes áreas: A2 - pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos; A14 - pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos. Ambas as áreas receberam no processo de implantação das pastagens 2 ton ha⁻¹ de

calcário, sendo manejadas em sistema de pastejo rotativo com vacas leiteiras e recebem anualmente, cerca de $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de ureia e de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos de suínos, distribuídos em 10 aplicações; e MN - mata nativa adjacente, como parâmetro. O delineamento constitui-se de um fatorial 3×2 , sendo constituído por as três áreas e duas épocas de coleta (inverno e primavera), com três repetições.

As coletas para a realização das análises microbiológicas foram feitas no inverno (agosto) e na primavera (novembro) de 2012. Durante os 40 dias que antecederam as coletas foi monitorada a precipitação pluvial nas áreas analisadas e os valores computados foram de 243 e 363 mm de chuva no inverno e na primavera, respectivamente. A temperatura média determinada no mesmo período foi de $13,29^\circ\text{C}$ para a coleta do inverno e $20,32^\circ\text{C}$ para a da primavera (INMET/BDMEP, 2014).

As coletas para as análises químicas e físicas foram realizadas em agosto na camada de 0-10 cm. Para a caracterização física foram coletadas, aleatoriamente, três subamostras por repetição, com o uso de anel volumétrico, determinando-se os seguintes atributos: densidade do solo (método do anel); microporosidade (mesa de tensão); macroporosidade (porosidade total – microporosidade); porosidade total (densidade do solo/densidade de partícula) (EMBRAPA, 1997).

Para a caracterização química foram retiradas, com o uso de trado calador, de forma aleatória, 10 subamostras por repetição para a composição da amostra final, a partir da qual foi realizada a determinação dos seguintes atributos: pH em água (1:1); matéria orgânica (Walkley-Black); K e P (Mehlich-1); Ca e Mg, ($\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$) (Tedesco et al., 1995; EMBRAPA, 1997); S, segundo Tedesco et al. (1995); Cu e Zn da fração disponível ($\text{HCl } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$), conforme Chaignon et al., (2009); Cu e Zn total do solo ($\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{O}_2$), pelo método 3050B da EPA (1996).

Os resultados das análises físico-químicas dos solos em estudo são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1- Características químicas e físicas dos solos das áreas de Mata Nativa (MN), pastagem de azevém+tifton com uso de dejetos de suínos há dois anos (A2) e há 14 anos (A14), na profundidade de 0 a 10 cm, Santa Maria/RS, 2012.

Característica físico química/Área	MN	A2	A14
pH (H₂O) (1:1)	6,70	5,87	5,53
Ca (cmol_c dm⁻³)	21,47	12,40	11,00
Mg (cmol_c dm⁻³)	4,23	5,90	5,13
H+ Al (cmol_c dm⁻³)	1,73	3,13	5,00
MO (%)	6,57	3,50	6,07
S (mg dm⁻³)	8,87	10,53	14,33
P (mg dm⁻³)	5,77	45,87	66,90
K (mg dm⁻³)	338,67	430,67	550,67
Cu disponível (mg dm⁻³)	1,0	17,27	18,6
Zn disponível (mg dm⁻³)	14,43	37,5	53,63
Cu Total (mg dm⁻³)	157,07	273,97	223,30
Zn Total (mg dm⁻³)	95,07	134,0	140,7
Densidade (kg m⁻³)	0,82	1,23	1,29
Macroporosidade (cm³ cm⁻³)	0,34	0,19	0,17
Microporosidade (cm³ cm⁻³)	0,31	0,43	0,42

Para a determinação do C da biomassa microbiana foi utilizada a metodologia de fumigação-extração (Vance et al., 1987; De-Polli & Guerra, 1997). Para tal, foram pesados 20g de solo, em duplicatas, sendo que uma amostra foi fumigada em dessecador acoplado a uma bomba de vácuo contendo um becker com 20 mL de clorofórmio. Após 24h o vapor de clorofórmio foi retirado através de evacuações sucessivas. As amostras não fumigadas foram mantidas no escuro. Após a fumigação, as duplicatas foram acondicionadas em frascos de vidro de 200 mL para o processo de extração do C, sendo adicionado em cada frasco 50 mL de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ e o conjunto mantido sob agitação (140 rpm) por 30 min. Após este período as amostras foram filtradas em papel filtro n°42 e desse extrato foi retirada uma alíquota de 8 mL em tubo de ensaio onde foram adicionados 2 mL de solução extratora (K₂Cr₂O₇ 0,066mol.L⁻¹) e 10 mL de H₂SO₄ concentrado. O conjunto foi então homogeneizado e aquecido em bloco digestor por 30min a 150°C. Após o resfriamento, foram adicionadas três gotas do indicador Ferroin e o dicromato de potássio em excesso foi titulado com

$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $0,0033 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Os dados de C da biomassa microbiana foram expressos em $\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ solo}$.

A respiração microbiana do solo foi estimada pela quantidade de CO_2 liberado do solo não fumigado durante 14 dias de incubação (Stotzky, 1972). Utilizaram-se recipientes de vidro de 800 mL com tampas herméticas, no qual uma amostra de 50 g de solo foi incubada a temperatura ambiente, com a umidade ajustada para 50% de sua capacidade de campo. Também foram utilizados três recipientes sem solo como controle. O CO_2 produzido foi capturado por 20 mL de uma solução de NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e quantificado por titulação com HCl $0,3 \text{ mol L}^{-1}$, sendo adicionado anteriormente 3 mL de BaCl_2 30% e utilizado fenolftaleína a 1% como indicador. Foram realizadas duas titulações após o início da incubação das amostras, sendo a primeira aos sete dias e a segunda aos catorze dias e os valores somados para a obtenção do valor referente ao período de 0 a 14 dias de incubação. Os dados de respiração microbiana foram expressos em $\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ solo}$.

O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi obtido dividindo-se a respiração microbiana do solo pelo C da biomassa microbiana (Balota et al., 2014) e os resultados expressos em $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g solo}^{-1}$.

A determinação da atividade da enzima β -Glicosidase foi realizada de acordo com Dick et al. (1996). O substrato utilizado na reação foi o p-nitrofenil- β -D-Glucopyranosídeo $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ (PNG $0,05 \text{ mol L}^{-1}$). As amostras de solo (1,0 g) foram colocadas em erlenmeyer de 50 mL, sendo utilizado um controle no qual só foi adicionado o substrato após a incubação. Em seguida, foram adicionados 0,25 mL de tolueno, 4,0 mL da solução MUB pH 6 a todas as amostras e 1,0 mL de PNG $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, com exceção dos controles. Os erlenmeyers foram fechados e incubados a 37°C por 1 h. Após a incubação, foram adicionados 1,0 mL de CaCl_2 0,5 M, 4,0 mL de Tris-Hydroxymethyl-Amino-Metano (THAM pH 12) e 1,0 mL de PNG $0,05 \text{ M}$ (somente aos controles). Procedeu-se em seguida a filtragem em papel de filtro nº 2. A intensidade da coloração amarela do filtrado foi determinada num espectrofotômetro a 410 nm. A quantidade de p-nitrofenol formada em cada amostra foi determinada com base numa curva padrão preparada com concentrações conhecidas de p-nitrofenol (0, 10, 20, 30, 40, 50 mg de p-nitrofenol mL^{-1}). A atividade enzimática foi expressa em $\text{mg } p\text{-nitrofenol } \text{kg}^{-1} \text{ solo } \text{h}^{-1}$.

A atividade da enzima urease foi determinada segundo Dick et al. (1996). O substrato utilizado na reação da enzima urease foi uma solução de ureia $0,2 \text{ mol L}^{-1}$. As amostras (5,0 g) foram colocadas em tubos de 50 mL, utilizando um controle onde só foi adicionado o

substrato após a incubação. Em seguida, foram adicionados 9,0 mL da solução THAM pH 9,0 em todos os frascos e 1,0 mL da solução de uréia 0,2 mol L⁻¹, com exceção dos controles. Os frascos foram fechados e incubados a 37°C por 2 h. Após a incubação, foram adicionados aproximadamente 35 mL de solução refrigerada de KCl-Ag₂SO₄ e 1,0 mL de solução de ureia 0,2 mol L⁻¹ (somente aos controles) misturando por alguns segundos. Posteriormente, o conteúdo foi ajustado para 50 mL com adição de KCl-Ag₂SO₄, e os frascos foram invertidos por diversas vezes para misturar o conteúdo. Para determinar N-NH₄⁺⁴ na suspensão de solo resultante foi pipetada uma alíquota de 20 mL da suspensão para um frasco de destilação de 100 mL, e procedeu-se a destilação a vapor desta alíquota com 0,2g de MgO por 4 min, conforme descrito por Tedesco et al. (1995). A atividade enzimática foi expressa em µg N-NH₄ g⁻¹ solo 2 h⁻¹.

A Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) foi determinada utilizando-se o método de Green et al. (2006), com algumas alterações descritas na sequência. Foram incubadas, em triplicata, amostras de 1g de solo com 20 mL de tampão fosfato de sódio 60 mmol L⁻¹ a 25°C durante 15 min sob agitação a 100 rpm. Após este período foi adicionado 100µL da solução de FDA 4,8 mmol L⁻¹. As amostras foram então agitadas por mais 1h e 45 min (100 rpm, 25°C), e após foi adicionado 20 mL de acetona em cada frasco, e solução de FDA 4,8 mmol L⁻¹ nas amostras controle (que não receberam esta solução antes da incubação). As amostras foram então centrifugadas a 6000 rpm por 5 min e filtradas em papel filtro n°4. Foi medida a intensidade da cor amarela, em espectrofotômetro a 490 nm, e a concentração de fluoresceína calculada com o auxílio de uma curva padrão. A atividade enzimática foi expressa em mg fluoresceína Kg⁻¹ solo h⁻¹.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey (p< 0,05), com auxílio do programa computacional GENES (Cruz, 2006).

3.4 Resultados e discussão

Os valores médios de C da biomassa variaram de 37,3 a 92,8 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo⁻¹ (Figura 1A) e, embora sejam menores do que os valores normalmente registrados na literatura (Gatiboni et al., 2011; Kheyrodin et al., 2012; Balota et al, 2014) estão de acordo com os resultados citados em estudos no Brasil (Lopes et al., 2010; Couto et al., 2013). Na análise do

C da biomassa microbiana para o solo coletado em ambas as épocas (inverno e primavera) não foram registradas diferenças significativas entre as áreas analisadas (Figura 1A). Estes resultados estão de acordo com as informações da literatura, pois os teores de C da biomassa podem apresentar efeito positivo resultante da adição de dejetos de suínos (Balota et al., 2014) ou não (Kheyrodin et al., 2012; Couto et al., 2013), sendo este resultado dependente da época (Carvalho et al., 2012; Couto et al., 2013) e da profundidade de coleta (Kheyrodin et al., 2012).

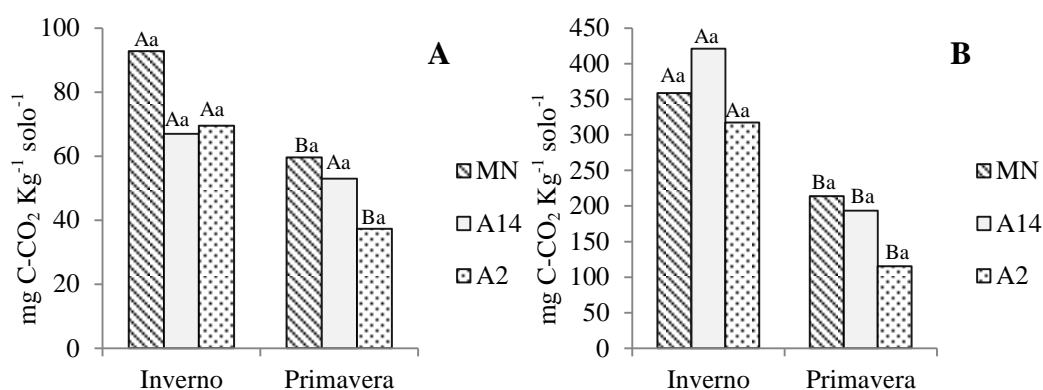


Figura 1: Carbono da biomassa microbiana (A), Respiração microbiana acumulada em 14 dias (B) em amostras de solo das áreas MN (Mata Nativa), A2 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos) e A14 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos), em duas épocas de coleta (inverno e primavera), Santa Maria/RS, 2012. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas, entre tratamentos, e maiúscula, entre épocas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para Balota et al., (2012) a aplicação de dejetos de suínos apresentou efeito positivo significativo na biomassa microbiana, com incremento linear no C da biomassa de acordo com o aumento da quantidade aplicada. De modo geral, segundo Schmidt et al. (2013), a inter-relação entre diferentes tipos de manejo, tipos de solo e características próprias de cada solo pode favorecer ou reduzir a atividade microbiana do solo, dependendo da condição ambiental e da inter-relação dos fatores no ambiente.

Embora não tenham ocorrido diferenças significativas entre as áreas, a MN apresentou o maior valor absoluto para o C da biomassa nas duas épocas de coleta (Figura 1 A). Estes resultados corroboram com a informação de que a introdução de práticas agrícolas em

ecossistemas naturais normalmente reduz o C da biomassa (Kaschuk et al., 2011), além de ser influenciado por fatores como umidade do solo e aeração (Moreira & Siqueira, 2006), normalmente maiores nos solos de mata nativa, em relação aos solos manejados.

Nas áreas MN e A2, no entanto, foram encontradas diferenças significativas entre as épocas de coleta, com os maiores valores de C da biomassa registrados na coleta realizada durante o inverno (Figura 1 A). Isto pode ser explicado pelo fato deste período estar menos sujeito às variações bruscas de temperatura no solo, que podem influenciar negativamente o C da biomassa microbiana, além da importância (Carvalho et al., 2012) e do tipo da cobertura vegetal (Gatiboni et al., 2011) presente na área na época das coletas. No inverno a cultura do azevém se apresentava em pleno desenvolvimento, enquanto que na primavera, estava em franco processo de decadência, contribuindo para a redução dos valores do C da biomassa neste período. A tifton, por sua vez, estava em processo de rebrote na coleta do inverno e praticamente estabelecida na primavera. Em estudo de Yuan & Yue (2012), que avaliaram o efeito sucessional (diferentes idades) do pinus chinês nas propriedades microbiológicas do solo, ocorreu efeito significativo das estações no C da biomassa, entretanto, os maiores valores foram encontrados no outono e os menores, no inverno.

Em relação à respiração microbiana do solo não foram registradas diferenças significativas entre as áreas estudadas (Figura 1 B). Mesmo assim, os resultados demonstram que em ambas as épocas de coleta a área A14 apresentou maiores valores de respiração em relação à A2, sendo que na coleta do inverno, os valores foram maiores, inclusive, em relação à área MN. Para Couto et al. (2013), na análise de áreas de pastagem em Santa Catarina, sul do Brasil, também não houve diferenças entre a testemunha e diferentes doses de dejetos de suínos, aplicadas em superfície e em profundidade no solo, em quatro das sete épocas do estudo. A respiração microbiana foi significativamente maior quando se utilizou duas vezes a dose máxima recomendada de dejetos líquidos de suínos (equivalente a 180 kg ha⁻¹N) em três das sete épocas analisadas. Nestes casos, de acordo com os autores, a aplicação de altos níveis de C lábil e a baixa relação C:N do dejetos estimularam a comunidade microbiana do solo.

A respiração microbiana indica a atividade biológica e a decomposição dos resíduos orgânicos do solo (Lopes et al., 2010), de modo que os resultados similares entre as áreas demonstram que a atividade biológica do solo não foi influenciada pela adição de dejetos líquidos de suínos. Na segunda época de coleta a maior respiração microbiana foi registrada para a áreas MN, sendo normal, segundo Lopes et al. (2010) as áreas de vegetação nativa apresentarem respiração microbiana acima das demais. Em relação às áreas com uso de dejetos de suínos, em ambas as épocas, a área A14 apresentou um maior respiração

microbiana em relação à A2 (Figura 1 B). O comportamento da área A14 ocorreu, provavelmente, em resposta à maior adição de matéria orgânica. Entretanto, não foram registradas diferenças significativas entre as áreas analisadas. Considerando que taxas muito elevadas de respiração microbiana podem indicar a possibilidade de maiores perdas de carbono do solo, como consequência de uma degradação mais acelerada, a similaridade entre as áreas permite inferir que a adição dos dejetos líquidos de suínos não implica em maiores perdas de carbono do solo e é capaz de manter o nível de atividade biológica do solo semelhante aos de áreas de mata nativa (área MN).

Entretanto, foram registradas diferenças significativas na respiração microbiana entre as épocas (inverno e primavera) para todas as áreas analisadas, com a ocorrência dos maiores valores na coleta realizada no inverno (Figura 1B). Este resultado provavelmente esteja relacionado às condições climáticas favoráveis em termos de temperatura e precipitação à comunidade microbiana durante o período de inverno e desfavoráveis na primavera em função do excesso de precipitação pluvial, já que ocorreram mais de 360 mm de chuva nos 40 dias que antecederam a coleta do período. Esta umidade excessiva pode ter afetado negativamente a comunidade microbiana durante a primavera, se refletindo nos menores valores gerais em relação à coleta do inverno. Para Carvalho et al. (2012), a estação de amostragem também influenciou os valores de carbono da biomassa e atividade microbiana. Para Yuan & Yue (2012) também houve efeito das estações nas propriedades microbiológicas do solo em estudo com pinus chinês, sendo que, entretanto, os maiores valores de respiração microbiana foram encontrados no verão e os menores no inverno.

O uso sucessivo de dejetos de suínos nos solos em estudo não influenciou significativamente o C da biomassa e a respiração microbiana. Sendo assim, pode-se inferir que o uso de até 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos de suínos em solo de pastagem, por 14 anos, ainda permite a manutenção dos níveis de qualidade microbiológica do solo, tendo como parâmetro o solo de mata nativa.

O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) representa a quantidade de C liberada na forma de CO₂ por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo (Couto et al., 2013). Em ambas as épocas de coleta não foram registradas diferenças significativas para o $q\text{CO}_2$ entre as áreas estudadas. Em termos gerais, os valores médios encontrados variaram de 10,67 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, para área MN na coleta da primavera, até 19,55 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, para a área A14 na coleta do inverno, corroborando com os valores médios citados por Couto et al. (2013), de 18,7 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, na análise do efeito de diferentes doses de dejetos de suínos no solo.

As enzimas são importantes componentes envolvidos nas dinâmicas transformações dos nutrientes do solo (Hu et al., 2014) tendo participação fundamental nos processos relacionados à sua qualidade física, química e biológica (Moreira & Siqueira, 2006). Na análise enzimática do solo não foram registradas diferenças significativas entre as áreas estudadas nos valores da β -Glicosidase (Figura 2 A).

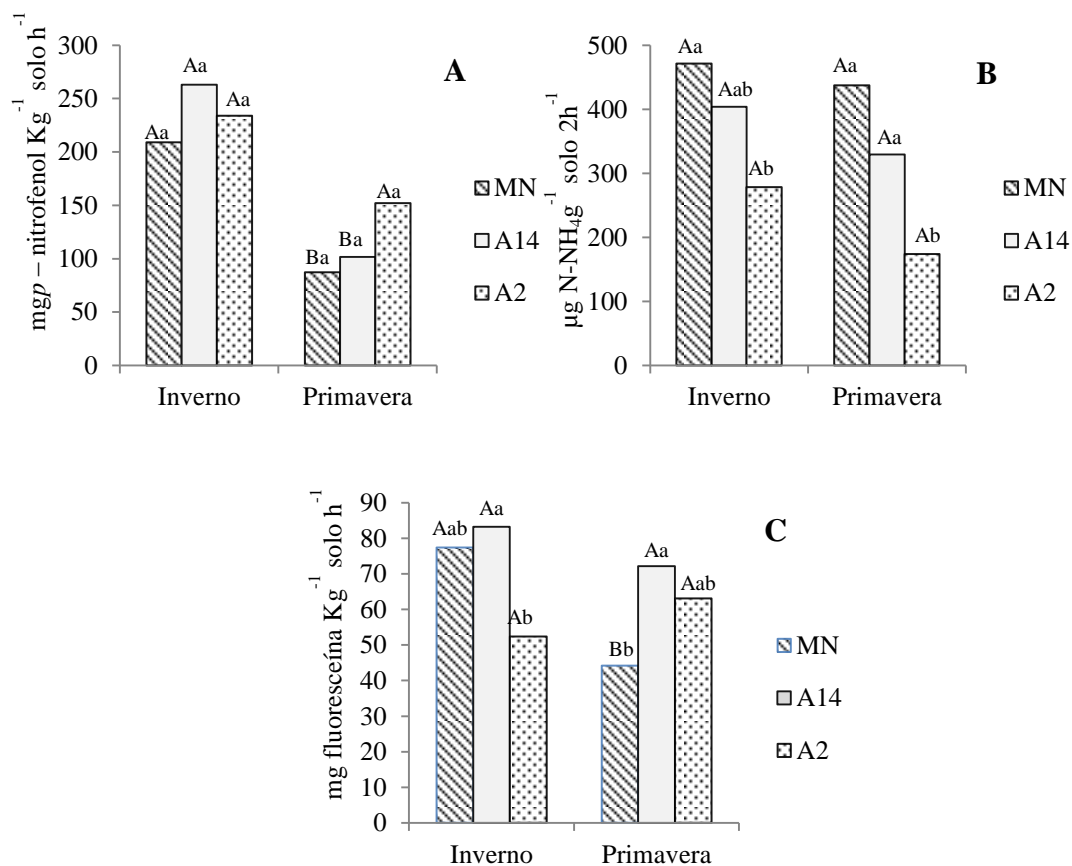


Figura 2: Valores da β Glicosidase (A), da urease (B) e da Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) (C) em amostras de solo das áreas MN (Mata Nativa), A2 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos) e A14 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos), em duas épocas de coleta (inverno e primavera), Santa Maria/2012. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas, entre tratamentos, e maiúscula, entre épocas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Prieto et al. (2011) analisando a influência do pastejo na atividade biológica do solo registraram um declínio na atividade da β -Glicosidase em resposta à redução da cobertura vegetal das gramíneas perenes estudadas, em função do pastejo. Neste estudo, entretanto, é possível que o pastejo não tenha ocasionado a redução da cobertura vegetal em nível capaz de

afetar a atividade da enzima em questão, mantendo-se todas as áreas no mesmo padrão de atividade, e sem apresentar resposta ao uso de dejetos de suínos no solo.

Em trabalho de Carvalho et al. (2012), estudando indicadores de conservação e interferência antrópica em florestas de araucária, esta enzima também não apresentou diferenças significativas entre as áreas de estudo e nem entre as épocas analisadas. Para Lisboa et al. (2012) a β -Glicosidase foi sensível na diferenciação entre os sistemas de plantio, sendo menor no plantio convencional em relação ao sistema de plantio direto. Com base nos resultados obtidos, embora esta enzima possa ser utilizada em outros estudos, é possível inferir que a enzima β -Glicosidase não é um bom indicador de qualidade do solo para o estudo de áreas com uso sucessivo de dejetos de suínos tendo como parâmetro a área de mata nativa.

A enzima urease libera $N-NH_4^+$, através da hidrólise da ureia, essenciais na cadeia dos amino componentes (Hu et al., 2014). Neste estudo, a urease apresentou diferença significativa entre as áreas analisadas em ambas as épocas de coleta (inverno e primavera), sendo que na coleta do inverno, na área MN, a atividade da urease foi significativamente maior do que na área A2, não diferindo da área A14 (Figura 2 B). Para Lisboa et al. (2012) a atividade da urease, em geral, também foi maior nos solos sob vegetação nativa (campo nativo – CN) e em sistema de plantio direto (PD), sendo este comportamento atribuído aos maiores teores de matéria orgânica no PD em relação ao plantio convencional (PC) e à similaridade das áreas de PD com as áreas de CN.

Na primavera ambas as áreas MN e A14 diferiram da A2, com a atividade da urease significativamente maior (Figura 2 B). Este resultado corrobora com estudo realizado por Hu et al. (2014) em que a atividade enzimática foi afetada pelo uso sucessivo de esterco e fertilização química do solo, sendo a maior atividade da urease registrada nos tratamentos que receberam adubação com esterco. Em Balota et al. (2011) o uso de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos e o preparo do solo também influenciaram a atividade enzimática do solo que apresentou diferentes tendências de acordo com a enzima (celulase, arilsulfatase e fosfatase ácida), com as diferentes doses de dejetos utilizadas, com o manejo e a profundidade do solo estudada, de modo que a atividade das enzimas do solo foi considerada uma medida sensível capaz de detectar mudanças no solo em razão da aplicação de dejetos de suínos. Para Kuwano et al. (2014) a urease também mostrou ser uma das enzimas mais sensíveis na análise de indicadores de qualidade do solo no Paraná. Em Carvalho et al. (2012), a urease também apresentou diferenças entre os níveis de interferência antrópica em áreas de araucária, sem entretanto apresentar diferenças entre as épocas de coleta, assim como neste estudo, onde

também não foram registradas diferenças para a atividade da urease entre as épocas de coleta (Figura 2 B). Em Kheyrodin et al. (2012) a atividade da urease foi significativamente maior com a adição de dejetos líquidos de suínos nos tratamentos sem revolvimento do solo.

A atividade enzimática da Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) apresentou diferenças significativas entre as áreas estudadas (Figura 2 C). Em ambas as épocas os maiores valores foram registrados para a área A14, que recebeu adição sucessiva de dejetos de suínos há mais tempo, embora sem que a diferença tenha sido significativa para as demais áreas na primeira época de coleta (inverno) e, diferindo estatisticamente apenas da área MN na segunda época (primavera). Este comportamento deve ter ocorrido em resposta à degradação que ocorre primeiro dos materiais orgânicos recentemente adicionados ao solo, ou parte deles, que contém uma fonte mais lábil de nutrientes, assim como os dejetos de suínos (Couto et al., 2013). Para Lopes et al. (2010) os resultados dos valores da hidrólise de FDA foram maiores nas áreas de floresta nativa e nas áreas com *Panicum maximum* Jacq., sendo atribuído à maior deposição de resíduos, já que a enzima participa ativamente nas transformações da matéria orgânica do solo. Em Chávez et al. (2011) a atividade microbiana, mediada pela hidrólise de FDA, foi semelhante entre as áreas de pastejo analisadas, em sistema de integração lavoura-pecuária, entretanto, menor do que na área não pastejada.

Entre as épocas de coleta, houve diferença significativa para a área MN com a maior atividade da FDA registrada para a coleta de inverno (Figura 2 C). Este resultado provavelmente esteja relacionado às condições de excesso de precipitação pluvial registrado nos 40 dias que antecederam a coleta da primavera, prejudicial às comunidades microbianas. Carvalho et al. (2012) não encontraram diferenças na hidrólise de FDA entre os tratamentos e nem entre as estações analisadas.

De maneira geral, o uso de dejetos de suínos em pastagem influencia o comportamento dos bioindicadores de qualidade do solo, dependendo da época de coleta. Este comportamento é também dependente do bioindicador em questão já que o carbono da biomassa, respiração microbiana e quociente metabólico não foram influenciados pelo uso de dejetos e a atividade enzimática foi influenciada de forma diferenciada de acordo com a enzima estudada e a época de coleta do solo.

3.5 Conclusões

1. O uso sucessivo de até 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos de suínos, durante 14 anos, em solo de pastagem não influencia o carbono da biomassa, a respiração microbiana e o quociente metabólico do solo permitindo a manutenção dos níveis de qualidade microbiológica do solo em relação à mata nativa;

2. A atividade enzimática do solo é influenciada pelo uso de dejetos de suínos, sendo o comportamento dependente da enzima analisada e da época de amostragem;

3. A urease e a Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) são sensíveis na detecção de diferenças na atividade dos solos com uso de dejetos de suínos; A enzima β -Glicosidase não permite a diferenciação entre as áreas de MN (Mata Nativa), A2 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos) e A14 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos).

3.6 Literatura citada

- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologisches Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L. & LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Pesq. Aplic. Agrotecnol.*, 5:187-206, 2012. doi: 10.5777/PAeT.V5.N1.12
- BALOTA, E.L.; MACHINESKI O. & TRUBER P.V. Soil enzyme activities under pig slurry addition and different tillage system. *Acta Sci. Agron.*, v.33:729-37, 2011. doi: 10.4025/actasciagron.v33i4.9816
- BALOTA, E.L.; MACHINESKI O. & MATOS, M.A. Soil microbial biomass under different tillage and levels of applied pig slurry. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, v.16, (5):487-495, 2012.
- BALOTA, E.L.; MACHINESKI, O.; HAMID, K.I.A.; YADA, I.F.U.; BARBOSA, G.M.C.; NAKATANI, A.S. & COYNE, M.S. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. *Sci. Total Environ.*, 490:397-404, 2014. doi:[10.1016/j.scitotenv.2014.05.019](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.019)

- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; FLORES, E.M.M. & GIROTTI, E. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos. *Ci. Rural*, v.42, (4):653-659, 2012. doi: 10.1590/S0103-84782012000400012
- CARVALHO, F.; MOREIRA, F.M.S. & CARDOSO, E.J.B.N. Chemical and biochemical properties of *Araucaria angustifolia* (Bert.) Ktze. forest soils in the State of São Paulo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.36:1189-1201, 2012. doi: 10.1590/S0100-06832012000400013
- CHAIGNON, V.; QUESNOIT, M. & HINSINGER, P. Copper availability and bioavailability are controlled by rhizosphere pH in rape grown in an acidic Cu-contaminated soil. *Environ. Pollut.*, 157: 3363-3369, 2009.
- CHÁVEZ, L.F.; ESCOBAR, L.F.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. & MEURER, E.J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.46, n.10:1254-1261, out. 2011. doi: 10.1590/S0100-204X2011001000020
- COUTO, R.R.; COMIN, J.J.; SOARES, C.R.F.S.; BELLI FILHO, P.; BENEDET, L.; MORAES, M.P.; BRUNETTO, G. & BEBER, C.L. Microbiological and chemical attributes of a Hapludalf soil with swine manure fertilization. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.48, n.7:774-782, jul. 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2013000700010
- CRUZ, C.D. Programa GENES: Biometria. Viçosa, Editora UFV, 2006. 382 p.
- DE-POLLI, H. & GUERRA, J. G. M. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: Método da fumigação-extração. Seropédica, Embrapa-CNPAB, 1997. 10p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 37)
- DICK, R.P. BREACKWELL, D.P. & TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. *Methods for assessing soil quality*. Madison, SSSA, 1996. p.247-271.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Method 3050B. Acid digestion of sediments, sludges, and soils, 1996. Disponível em: <[http:// www.epa.gov/sw-846/pdfs/3005A.pdf](http://www.epa.gov/sw-846/pdfs/3005A.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2012.
- GATIBONI, L.C.; COIMBRA, J.L.M.; DENARDIN, R.B.N. & WILDNER, L.P. Microbial biomass and soil fauna during the decomposition of cover crops in no-tillage system. *R. Bras. Ci. Solo*, v.35:1151-1157, 2011. doi: 10.1590/S0100-06832011000400008
- GIACOMINI, D.A.; AITA, C.; PUJOL, S.B.; GIACOMINI, S.J.; DONEDA, A.; CANTÚ, R.R.; DESSBESELL, A.; LÜDTKE, R.C. & SILVEIRA, C.A.P. Mitigação das

emissões de amônia por zeólitas naturais durante a compostagem de dejetos de suínos. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.49, n.7:521-530, jul. 2014. doi: 10.1590/S0100-204X2014000700004

GIROTTI, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; RHEINHEIMER, D.S.; SILVA, L.S.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R.C.B. & SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. *R. Bras. Ci. Solo*, v.34:955-965, 2010. doi: 10.1590/S0100-06832010000300037

GREEN, V.S.; STOTT, D. E. & MIACK, M. Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. *Soil Biol. Biochem.*, v.38, n. 3:693-701, 2006. doi: [10.1016/j.soilbio.2005.06.020](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.06.020)

HERNÁNDEZ, D.; POLO, A. & PLAZA, C. Long-term effects of pig slurry on barley yield and N use efficiency under semiarid Mediterranean conditions. *Eur. J. Agron.*, v.44:78-86, 2013. doi: [10.1016/j.eja.2012.09.001](https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.09.001)

HU, W.; JIAO, Z.; WU, F.; LIU, Y.; DONG, M.; MA, X.; FAN, T.; AN, L. & FENG, H. Long-term effects of fertilizer on soil enzymatic activity of wheat field soil in Loess Plateau, China. *Ecotoxicol.* 2014. doi: 10.1007/s10646-014-1329-0

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA/BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS PARA ENSINO E PESQUISA - INMET/BDMEP. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 25 Nov. 2014.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O. & HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. *Plant Soil*, v.338:467-481, 2011. doi: 10.1007/s11104-010-0559-z

KHEYRODIN, H.; GHAZVINIAN, K. & TAHERIAN, M. Tillage and manure effect on soil microbial biomass and respiration, and on enzyme activities. *African J. Biotechnol.*, v.11(81):14652-14659, oct., 2012. doi: 10.5897/AJB09.1335

KUWANO, B.H.; KNOB, A.; FAGOTTI, D.S.L.; MELÉM JÚNIOR, N.J.; GODOY, L.; DIEHL, R.C.; KRAWULSKI, C.C.; ANDRADE FILHO, G.; ZANGARO FILHO, W.; TAVARES-FILHO, J.; & NOGUEIRA, M.A. Soil quality indicators in a Rhodic Kandudult under different uses in northern Parana, Brazil. *R. Bras. Ci. Solo*, v.38:50-59, 2014. doi: 10.1590/S0100-06832014000100005

- LISBOA, B.B.; VARGAS, L.K.; SILVEIRA, A.O.; MARTINS, A.F. & SELBACH, P.A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, v.36:45-55, 2012. doi: 10.1590/S0100-06832012000100004
- LOPES, M.M.; SALVIANO, A.A.C.; ARAÚJO, A.S.F.; NUNES, L.A.P.L. & OLIVEIRA, M.E. Changes in soil microbial biomass and activity in different Brazilian pastures. Spanish J. Agric. Res., v. 8(4):1253-1259, 2010.
- MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2.ed. Lavras, UFLA, 2006. 729p.
- PRIETO, L.H.; BERTILLER, M.B.; CARRERA, A.L. & OLIVERA, N.L. Soil enzyme and microbial activities in a grazing ecosystem of Patagonian Monte, Argentina. Geoderma, v.162:281-287, 2011. doi: [10.1016/j.geoderma.2011.02.011](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.02.011)
- SÁ, M.F.; AITA, C.; DONEDA, A.; PUJOL, S.B.; CANTÚ, R.R.; JACQUES, I.V.C.; BASTIANI, G.G.; OLIVEIRA, P.D. & LOPES, P.D. Dinâmica da população de coliformes durante a compostagem automatizada de dejetos líquidos de suínos. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 66:1197-1206, 2014. doi: 10.1590/1678-6135
- SANTOS, H.G. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa. 2013. 353 p.
- 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. R. Bras. Ci. Solo. 2010, vol.34, n.4:1375-1383. doi: 10.1590/S0100-06832010000400034
- SCHMIDT, R.O.; SANA, R.S.; LEAL, F.K.; ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F.A.O. & MEURER, E.J. Biomassa e atividade microbiana do solo em sistemas de produção olerícola orgânica e convencional. Ci. Rural, v.43, n.2:270-276, fev, 2013. doi: 10.1590/S0103-84782013000200013
- SILVA, R.F.; BERTOLLO, G.M.; CORASSA, G.M.; COCCO, L.B.; STEFFEN, R.B. & BASSO, C.J. Doses de dejetos líquidos de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. Ci. Rural, 44:418-424, 2014. doi: 10.1590/S0103-84782014000300006
- STOTZKY, G. Activity, ecology and population dynamics of soil microorganisms. Crit. Rev. Microbiol., volume:59-137, 1972.
- TEDESCO, J.M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & WOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, UFRGS, 1995. 174 p.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

YUAN, B.C. & YUE, D.X. Soil microbial and enzymatic activities across a chrono sequence of Chinese pine plantation development on the Loess Plateau of China. *Pedosphere*, 22:1-12, 2012. doi: 10.1016/0038-0717(87)90052-6

4 DISCUSSÃO GERAL

O uso sucessivo de dejetos de suínos em pastagem tem sido uma prática comum na região sul do Brasil. Embora os impactos do uso destes dejetos nas condições químicas (GIACOMINI & AITA, 2008; STEINER et al., 2011; VEIGA et al., 2012) e físicas do solo (ARRUDA et al., 2010; AGNE & KLEIN, 2014) já tenham sido estudadas, existem ainda poucas informações relacionados às condições biológicas do solo com uso sucessivo de dejetos de suínos no solo.

Com base nos resultados dos artigos apresentados nesta tese pode-se verificar que a adição sucessiva de dejetos de suínos no solo em áreas de pastagem ocasionou aumentos dos teores de MO (matéria orgânica), P, K e S do solo, que resultaram na melhoria das propriedades químicas do solo. Esta condição, por sua vez, resultou em melhores condições para os organismos do solo e para o crescimento vegetal. Por outro lado, a utilização das áreas para o pastejo resultou em perda da qualidade física do solo, detectada pela maior densidade do solo e menor macroporosidade.

Considerando-se os resultados em relação à composição da fauna epiedáfica avaliada através do método PROVID, na primeira época de coleta (agosto/2012) foram encontrados 17 grupos taxonômicos e um número total de organismos de 3,7 vezes maior na área A14 em relação a A2 e 5,3 vezes maior em relação a MN. Destaca-se entre estes dados a presença expressiva de colêmbolos encontrados na A14, que representou 71,93% do número total de indivíduos coletados nesta época. Estudos realizados por SILVA et al. (2014) evidenciaram que o aumento das doses de dejetos líquidos de suínos também resultou no aumento do número de colêmbolos em sistema plantio direto. De modo geral, com base nos resultados obtidos, sugere-se que a melhoria das propriedades químicas do solo e a consequente maior produção de biomassa vegetal foram mais importantes que a perda da qualidade física do solo. Para SEIDEL et al. (2010) o uso de dejetos líquidos de suínos no solo é capaz de manter os níveis de produtividade das culturas agrícolas semelhantes aos solos com adubação química (NPK) mantendo, em termos gerais, segundo AGNE & KLEIN (2014) a qualidade física do solo. Em relação aos organismos edáficos, para VASCONCELLOS et al. (2013) os atributos químicos explicaram a maior parte da variação na distribuição da macrofauna, seguidos pelos atributos microbiológicos e físicos do solo, destacando a importância do impacto do uso de dejetos nas características químicas do solo e destas sobre os organismos edáficos.

Os dados obtidos para a fauna epiedáfica na segunda época de coleta (novembro/2012) apresentou menor densidade de organismos coletados, sem grandes desproporcionalidades de densidade entre os grupos taxonômicos (15 grupos). Entre as áreas, a mata nativa apresentou os maiores índices em razão do maior equilíbrio da densidade entre os grupos taxonômicos presentes. Estes resultados devem ter ocorrido em razão da elevada precipitação pluvial registrada nos 40 dias que antecederam esta coleta que deve ter prejudicado as comunidades edáficas. VASCONCELLOS et al. (2013) também encontraram influência das estações na distribuição da macrofauna do solo, sugerindo mudanças sazonais na atividade dos organismos edáficos.

Na análise da macrofauna pelo método TSBF a densidade média total de organismos edáficos também foi maior na primeira época de coleta, entretanto, com este método, não houve a presença de populações muito elevadas em relação à segunda coleta. Houve aumento no número de organismos com a aplicação de dejetos no solo, já que a área A14 apresentou maior densidade da fauna. Os organismos encontrados em maior número, em ambas as épocas de coletas, foram os indivíduos pertencentes à ordem Hymenoptera. Para ALVES et al. (2008) a frequência relativa das ordens de organismos edáficos estudadas foi alterada pela adição de dejetos de suínos e variou conforme a época de amostragem, também tendo encontrado os organismos da ordem Hymenoptera entre as ordens mais frequentes.

A atividade da fauna do solo, analisada através do uso de lâminas *bait*, foi significativamente superior na primeira época em relação à segunda na maior parte das profundidades estudadas. Estes resultados devem estar associados à maior densidade e diversidade média da fauna do solo registradas na coleta do mês de agosto em relação a do mês de novembro que, por sua vez, devem ser consequência da ocorrência das chuvas em excesso registradas no período que antecedeu a análise. A maior atividade da fauna edáfica ocorreu nos centímetros superficiais do solo, especialmente até os 4 cm de profundidade, que deve estar relacionada às melhores condições físico químicas do solo nestas profundidades, com as maiores atividades encontradas nas áreas com maior teor de matéria orgânica no solo (MN e A14) nas camadas superficiais. A maior atividade nas áreas MN e A14 devem estar associada à maior disponibilidade de alimentos e nutrientes à fauna edáfica nestes ambientes, na mata nativa resultante do acúmulo de material orgânico na superfície e na área A14 resultante da adição sucessiva de dejetos de suínos. Na segunda época de coleta (novembro) as diferenças estatísticas ocorreram apenas a partir de 6cm, com a maior atividade média na área MN.

Em relação aos indicadores microbiológicos estudados não foram registradas diferenças significativas entre as áreas analisadas para o carbono da biomassa e respiração microbiana do solo em ambas as épocas de coleta. Entretanto, tanto o carbono da biomassa quanto os valores de respiração microbiana variaram conforme a época de coleta. Para COUTO et al. (2013) a influência do uso de dejetos de suínos no carbono da biomassa e respiração microbiana do solo depende da dose utilizada, da forma de aplicação no solo e da época de coleta das amostras.

Quanto ao quociente metabólico em ambas as épocas de coleta, não foram registradas diferenças significativas entre as áreas estudadas. Em termos gerais, os valores médios encontrados variaram de $10,67 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g solo}^{-1}$, para área MN na coleta da primavera, até $19,55 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g solo}^{-1}$, para a área A14 na coleta do inverno, corroborando com os valores médios citados por COUTO et al. (2013) de $18,7 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g solo}^{-1}$, na análise do efeito de diferentes doses de dejetos de suínos no solo.

Na análise enzimática do solo não foram registradas diferenças significativas entre as áreas estudadas e nem entre as épocas de coleta nos valores da β -Glicosidase. Em Carvalho et al. (2012), no estudo de indicadores de conservação e interferência antrópica em florestas de araucária, esta enzima também não apresentou diferenças significativas entre as áreas de estudo e nem entre as épocas analisadas. Para Silveira (2007) a β -Glicosidase foi sensível na diferenciação entre os sistemas de plantio, sendo menor no plantio convencional em relação ao sistema de plantio direto. Embora esta enzima possa ser utilizada em outros estudos conforme os objetivos propostos, não foi um bom indicador de qualidade do solo para o estudo de áreas com uso sucessivo de dejetos de suínos tendo a área de mata nativa como parâmetro.

A enzima urease apresentou diferença significativa entre as áreas analisadas em ambas as épocas de coleta deste estudo. As áreas com vegetação nativa (MN) e as que receberam dejetos de suínos há mais tempo (A14) apresentaram as maiores atividades da urease, sendo na coleta de agosto, na área MN, a atividade da urease significativamente maior do que na área A2, não diferindo da área A14. Para Silveira (2007) a atividade da urease, em geral, também foi maior nos solos sob vegetação nativa, sendo este comportamento atribuído a maior diversidade de espécies vegetais e ao constante aporte de resíduos orgânicos em relação às áreas manejadas, tendo conseqüentemente, maior atividade microbiana. Na coleta de novembro, a atividade da urease foi significativamente maior nas áreas A14 e MN que diferiram da A2. Em estudo realizado por HU et al. (2014) a atividade enzimática foi

influenciada pelo uso sucessivo de esterco e fertilização química do solo, sendo a maior atividade da urease registrada nos tratamentos que receberam adubação com esterco.

Na análise da atividade enzimática da Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) os maiores valores foram registrados para a área A14, que recebeu adição sucessiva de dejetos de suínos há mais tempo, embora sem que a diferença tenha sido significativa para as demais áreas na primeira época de coleta e, diferindo estatisticamente apenas da área MN na segunda época. Ao contrário do que foi encontrado neste trabalho, em Silveira (2007) a hidrólise de FDA foi bastante uniforme nos solos estudados sem diferenças estatísticas entre a maioria dos tratamentos estudados, de modo que a FDA nas condições do estudo não foi considerada como capaz de diferenciar os sistemas de manejo avaliados. Entre as épocas de coleta a atividade da FDA foi significativamente maior na área MN na primeira época de coleta (agosto) em relação à segunda (novembro), provavelmente em razão do excesso de precipitação pluvial registrado nos 40 dias que antecederam a coleta de novembro, que deve ter sido prejudicial às comunidades microbianas do solo. Nas demais áreas não foram registradas diferenças estatísticas entre épocas.

Com base nos resultados analisados pode-se inferir que houve modificações nas características biológicas dos solos de pastagem com o uso sucessivo de dejetos de suínos, que foram dependentes dos parâmetros em estudo, do tempo de uso de dejetos no solo e da época de coleta das amostras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES DE ESTUDOS FUTUROS

A partir do trabalho realizado considera-se que:

A composição e a diversidade da fauna edáfica são alteradas pelo uso sucessivo de dejetos de suínos no solo, aumentando o número total de indivíduos, principalmente de colêmbolos;

A atividade da biota do solo é influenciada pela época de coleta das análises e pela profundidade, sendo maior especialmente até os 6 cm do solo;

O uso sucessivo de até $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos de suínos, durante 14 anos, em solo de pastagem não influencia o carbono da biomassa, a respiração microbiana e o quociente metabólico do solo permitindo a manutenção dos níveis de qualidade microbiológica do solo em relação à mata nativa;

A atividade enzimática do solo é influenciada pelo uso de dejetos de suínos, sendo o comportamento dependente da enzima analisada e da época de amostragem;

A urease e a Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) são sensíveis na detecção de diferenças na atividade dos solos com uso de dejetos de suínos; A enzima β -Glicosidase não permite a diferenciação entre as áreas de MN (Mata Nativa), A2 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 2 anos) e A14 (pastagem de Azevém+Tifton com uso de dejetos suínos há 14 anos).

Contudo, com base na análise do que foi realizado nesta tese, visando a compreensão do efeito do uso sucessivo de dejetos de suínos sobre a composição, atividade e das inter-relações da comunidade edáfica com o ambiente, sugere-se as seguintes temáticas como possibilidades de estudos futuros:

A análise molecular da comunidade microbiana em áreas com uso sucessivo de dejetos de suínos;

Avaliação sistemática da temperatura e da umidade nas áreas com uso sucessivo de dejetos de suínos;

Estudo do comportamento das comunidades edáficas, composição e atividade, nas diferentes fases de desenvolvimento das pastagens;

Análise da composição química e biológica da água coletada em pastagem com uso sucessivo de dejetos de suínos;

Comportamento das diferentes espécies de organismos edáficos e das comunidades microbianas frente aos metais pesados presentes nos dejetos de suínos;

REFERÊNCIAS

AGNE, S.A.A.; KLEIN, V.A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.7, p.720–726, 2014.

ALVES, M.V. **Fauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes minerais e dejetos suínos na sucessão aveia milho, sob semeadura direta**. Lages, 2007. 46p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2007.

ALVES, M.V. et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste de Santa Catarina. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:589-598, 2008.

ANTONIOLLI, Z.I. et al. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. **Ciência Rural**, v.43, n.6, p.992-998, jun, 2013.

ARAÚJO, E.A. et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.5, n.1 jan/abr. 2012.

ARRUDA, C.A.O. et al. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 804-809, jul./ago., 2010.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; TRUBER, P. V. Soil enzyme activities under pig slurry addition and different tillage system. **Acta Sci. Agron**. v.33, p.729–37, 2011.

BALOTA, E. L. et al. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. **Science of the Total Environment**.v.490. p.397–404, 2014.

BARBOSA, F. R.; RASIA, P. C.; BABO, S. R. L.; MACHADO, T. F. (Orgs.) Plano estratégico de desenvolvimento da região celeiro – RS. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. 76p.

BARETA, D.; BROWN, G.G.; CARDOSO, E.J.B.N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana** (n.s.) Número Especial 2: 135-150, 2010.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O., MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Eds) **Tópicos em Ciência do Solo**, SBCS, vol. VII, 2011.
BASSO, C. J. et al. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**. v.42, (4):653-659, 2012.

CARVALHO.F.; MOREIRA, F. M. S.; CARDOSO, E. J. B. N. Chemical and biochemical properties of *Araucaria angustifolia* (bert.) ktze. forest soils in the state of São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.36, p. 1189-1201, 2012.

CASTRO, A.C.Q. **Impactos regionais de mudanças tecnológicas na agropecuária: Região Ceilero do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2001. 194p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

COUTO, R.R. et al. Microbiological and chemical attributes of a Hapludalf soil with swine manure fertilization. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.7, p.774-782, jul. 2013.

CRISPIM, S. M. A. et al. **Aplicação de dejetos suínos na produção de Tifton 85 em assentamento rural, São Gabriel do Oeste, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 84). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT84>. Acesso em: 29 mai 2011.

GE, T. et al. Microbial biomass, activity, and, community structure, in horticultural soils under conventional and organic management strategies. **European Journal of Soil Biology**. v. xxx. p.1-7. 2013.

GIACOMINI, D.A. et al. Mitigação das emissões de amônia por zeólitas naturais durante a compostagem de dejetos de suínos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.49, n.7, p.521-530, jul. 2014.

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

GIROTTTO, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos**. Santa Maria, 2007. 121p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GIROTTTO, E. et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:955-965, 2010.

HU, W. et al. Long-term effects of fertilizer on soil enzymatic activity of wheat field soil in Loess Plateau, China. **Ecotoxicology**. Ag., 2014.

HÜBNER, A.P. **Reator aeróbico de biogrânulos e lagoa de aguapé como biotecnologia para tratamento de águas residuais da suinocultura**. Santa Maria, 2008. 164p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indicators for improving sustainability. **Soil Biol. Biochem.** v.42, p.1–13, 2010.

KHEYRODIN, H.; GHAZVINIAN, K.; TAHERIAN, M. Tillage and manure effect on soil microbial biomass and respiration, and on enzyme activities. **African Journal of Biotechnology**. v.11(81), p. 14652-14659, oct., 2012.

LAVELLE P. et al. The relationship between soil Macrofauna and tropical soil fertility. *In*: SWIFT M. J.; WOOMER P. (Eds.). **Tropical Soil Biology and Fertility**. New York John Wiley-Sayee, p. 137-169, 1994.

LAVELLE, P. et al. SOM management in the tropics: Why feeding the soil macrofauna? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v. 61, p.53–61, 2001.

LAVELLE, P. et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **Eur. J. Soil Biol.** v. 33, n. 4, p. 159–193, 1997.

LAVELLE, P. et al. Soil invertebrates and ecosystem services. **Eur. J. Soil Biol.** v. 42, p. 3–15, 2006.

LOURENZI, C.R. et al. Pig slurry and nutrient accumulation and dry matter and grain yield in various crops. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:949-958, 2014.

MATTIAS, J.L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. Santa Maria, 2006. 164p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MEDEIROS, S.S. et al. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:1047-1055, 2011.

MELO, F. V. de et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, jan.-abr. 2009. Disponível em <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/boletins/biologia%20macrofauna.pdf>> Acesso em: 05 set. 2014.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: Ufla, 2006. 729p.

PASQUETTI, E.P. **A competitividade da suinocultura desenvolvida no município de Nova Candelária e sua representatividade no noroeste do RS**. 2010. 114f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – MBA em Gestão do Agronegócio. Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G.J.M.M. Suinocultura e Estratégias para redução de Gases e Poluentes. *In: Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira*. Lima, M.A.; Cabral, O.M.R.; Miguez, J.D.G. Eds. São Paulo: EMBRAPA Meio Ambiente, 2001. Cap. 16. p.325-346.

PRODUÇÃO DA PECUÁRIA MUNICIPAL. Rio de Janeiro: IBGE, v.38, 2010. 65p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/ppm2010.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2014.

QUADRO, M.S. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo acrescido de dejetos suínos. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.85-93, jan-mar, 2011.

QUEIROZ, F.M. et al. 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, p. 1487-1492, set-out, 2004.

SANGALETTI, V. Leite a pasto: a experiência de Vista Gaúcha. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.** Porto Alegre, v.3, n.4, p. 24-32, out/dez, 2002.

SEIDEL, E.P. et al. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum. Technology**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 113-117, 2010.

SILVA, R.F. et al. Doses de dejetos líquidos de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.418-424, 2014.

SILVEIRA, A.O. **Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade dos solos agrícolas do Rio Grande do Sul**. 2007. 94f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

STEINER, F. et al. Atributos químicos do solo em diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação. **Gl. Sci. Technol.**, v. 04, n. 01, p.16 – 28, jan/abr. 2011.

TIECHER, T. et al. Forms and accumulation of copper and zinc in a sandy typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:812-824, 2013.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V. V. H. *et al.* **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2002. p. 196-275.

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

VEIGA, M. et al. Chemical attributes of a Hapludox soil after nine years of pig slurry application. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.12, p.1766-1773, dez. 2012.