

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR NORTE – RS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:  
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS E FÍSICOS DO SOLO  
COM O USO DE BIOFERTILIZANTE**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Gilvan Moisés Bertollo**

**Frederico Westphalen, RS, Brasil.**

**2015**

# **ATRIBUTOS BIOLÓGICOS E FÍSICOS DO SOLO COM O USO DE BIOFERTILIZANTE**

**Gilvan Moisés Bertollo**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

**Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ferreira da Silva**

**Frederico Westphalen, 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).

Bertollo, Gilvan Moisés  
Atributos biológicos e físicos do solo com o uso de  
biofertilizante / Gilvan Moisés Bertollo.-2015.  
84 f.; 30cm

Orientador: Rodrigo Ferreira da Silva  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, CESNORS-FW, Programa de Pós-Graduação em Agronomia -  
Agricultura e Ambiente, RS, 2015

1. Colêmbolos 2. Macrofauna 3. Microrganismos 4.  
Densidade do solo I. Silva, Rodrigo Ferreira da II.  
Título.

---

© 2015

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

E-mail: gilvanbertollo@yahoo.com.br

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Educação Superior Norte – RS  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia:  
Agricultura e Ambiente**

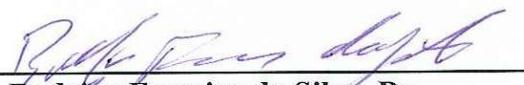
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS E FÍSICOS DO SOLO COM O USO DE  
BIOFERTILIZANTE**

elaborada por  
**Gilvan Moisés Bertollo**

como requisito parcial para obtenção do grau em  
**Mestre em Agronomia**

**Comissão Examinadora:**

  
\_\_\_\_\_  
**Rodrigo Ferreira da Silva, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
**Clóvis Orlando Da Ros, Dr. (UFSM)**

  
\_\_\_\_\_  
**Danni Maisa da Silva, Dr.<sup>a</sup>. (UERGS)**

Frederico Westphalen, 27 de fevereiro de 2015.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente (PPGAAA) pela oportunidade de cursar o ensino público de qualidade.

Ao professor Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Dr. Rodrigo Ferreira da Silva, pela orientação, amizade, ensinamentos, dedicação, ajudas, oportunidades, paciência e incentivos às atividades de pesquisas, compartilhadas durante o decorrer da graduação e do mestrado.

Aos demais professores do PPGAAA, e do Departamento de Engenharia Florestal pela contribuição na minha formação pessoal e profissional.

Aos amigos e colegas, em especial a Rudinei De Marco, Geomar Mateus Corassa, Luciano Campos Cancian, Cassiano Carlos Kuss, Adalin Aguiar, Elvis Felipe Elli, Elder Eloy, Diego Ricardo Menegol pela simplicidade de cada um dos momentos convividos juntos.

Aos colegas do laboratório de biologia do solo Andre Luis Grolli, Douglas Leandro Scheid, Fabiano Alba, Daniel Boeno, Toniel Ohlweiler, Mateus Vanzan, Patrícia Viel, Marieli Grancke, pela colaboração na execução das atividades, pela parceria e amizade.

Em especial, os meus pais, Adalto Bertollo e Algenir Bertollo, pelo esforço, incentivos, dedicação, apoio durante todo o período, os quais foram imprescindíveis, dando-me forças para superar as dificuldades.

A meus irmãos, Adalgir e Altamir pelos incentivos, conselhos e ajudas concedidas durante a vida.

A todas as pessoas que contribuíram diretamente ou indiretamente, para que eu vencesse mais esta etapa de minha vida.

A todos vocês o meu MUITO OBRIGADO!

“Assim como uma planta deve enfrentar muitos obstáculos antes de se transformar numa árvore, nós precisamos experimentar muitas dificuldades no caminho da vitória.”

Nitiren Daishonin

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ATRIBUTOS BIOLÓGICOS E FÍSICOS DO SOLO COM O USO DE BIOFERTILIZANTE**

AUTOR: GILVAN MOISÉS BERTOLLO

ORIENTADOR: RODRIGO FERREIRA DA SILVA

Data e Local da Defesa: Frederico Westphalen, 27 de fevereiro de 2015.

O uso de biofertilizantes tem sido alternativa eficiente para descarte correto dos dejetos. Contudo, a adição de resíduos orgânicos em sistemas de cultivo pode influenciar a biota do solo, microrganismos e as propriedades físicas do solo. O objetivo deste trabalho foi determinar a influencia da aplicação biofertilizante sobre os organismos e propriedades físicas do solo. O trabalho foi desenvolvido em quatro experimentos. O primeiro constou da avaliação da fauna edáfica com o uso de biofertilizante bovino em delineamento experimental de blocos casualizados em arranjo fatorial 5 x 12, sendo cinco adubações (0 (controle sem biofertilizante), 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino), doze meses, com 4 repetições. O segundo trabalho foi analisado a multiplicação de colêmbolos em condições de laboratório submetidos a diferentes resíduos vegetais e doses de biofertilizante bovino. Outro experimento foi realizado para avaliar as alterações microbiológicas em solo submetido à adubação com biofertilizante bovino com delineamento experimental de blocos ao acaso e, por fim, foi avaliado as propriedades físicas de um Latossolo submetido a doses de biofertilizante bovino. Observou-se que o biofertilizante bovino não interfere nas variáveis biológicas analisadas e em relação as ordens, todas variaram ao longo da época de coleta com exceção da Lepidóptera. Na reprodução dos colêmbolos em laboratório, o biofertilizante bovino favorece até a dose estimada de 266 L ha<sup>-1</sup> e os resíduos vegetais testados sem o uso de fermento biológico favorecem a multiplicação de colêmbolos. A atividade dos organismos do solo é maior na superfície e na dose estimada de 298 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino e a aplicação de biofertilizante bovino apenas possibilitou indícios de aumento da macroporosidade e diminuição da microporosidade quando utilizado doses de até 268 e 293 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, necessitando-se de mais estudos para confirmação destes resultados.

**Palavras-chave:** Colêmbolos. Macrofauna. Microrganismos. Densidade do solo.

## **ABSTRACT**

Master Dissertation  
Grauate Program in Agronomy: Agriculture and Environment  
Federal University of Santa Maria

### **ATTRIBUTES BIOLOGICAL AND SOIL PHYSICAL WITH THE USE BIOFERTILIZER**

AUTHOR: GILVAN MOISÉS BERTOLLO  
ADVISOR: RODRIGO FERREIRA DA SILVA  
Frederico Westphalen, RS, February 27<sup>th</sup>, 2015.

The use of biofertilizers has been effective alternative to proper disposal of waste. However, addition of organic waste culture systems can influence the soil biota, microorganisms, and the physical properties of the soil. The objective of this study was to determine the influence of biofertilizer application in fauna and soil physical properties. The study was conducted in four experiments. The first consisted of the evaluation of soil fauna with the use of biofertilizers bovine in a randomized design with factorial arrangement 5 x 12, five fertilization (0 (no biofertilizer control), 150, 300, 450 and 600 L ha<sup>-1</sup> biofertilizer bovine), twelve months, with four replications. The second study was analyzed the multiplication of springtails in laboratory conditions under different crop residues and doses of bovine biofertilizer. Another experiment was conducted to evaluate the microbiological changes in soil submitted to fertilization with bovine biofertilizer with randomized block experimental design and, finally, we evaluated the physical properties of an Oxisol submitted to doses of bovine biofertilizer. It was observed that the bovine biofertilizer not interfere in the analyzed biological variables and for the orders, all varied over the time of collection except for Lepidoptera. In reproduction of Collembola laboratory, bovine biofertilizer favors until the estimated dose of 266 L ha<sup>-1</sup> and crop residues tested without the use of yeast favors the proliferation of Collembola. The activity of soil organisms is greater on the surface and the estimated dose of 298 L ha<sup>-1</sup> bovine biofertilizer and the application of bovine biofertilizer only enabled the rise of evidence macroporosity and microporosity decreased when used doses up to 268 and 293 L ha<sup>-1</sup>, respectively, necessitating further studies to confirm these results.

**Keyword:** Springtails. Macrofauna. Microorganisms. Soil density.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO I

- Figura 1:** Temperatura mínima, média e máxima no período de maio de 2013 a abril de 2014 obtidas na estação meteorológica experimental da UFSM *campus* de Frederico Westphalen, 2014.....26
- Figura 2:** Densidade de indivíduos no mês de outubro nas doses de 0, 150, 300, 450, 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino.. .....28
- Figura 3:** Riqueza de Margalef nas doses de 0, 150, 300, 450, 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino.. .....29
- Figura 4:** Total de grupos (A), riqueza de Margalef (B), índice de Pielou (C), dominância de Simpson (D), e diversidade de Shannon (E) em área com aplicação de biofertilizante bovino nas 12 épocas de coleta..... 30

### ARTIGO II

- Figura 1:** Número estimado de colêmbolos por microcosmos coletados nos tratamentos: testemunha (Tes); aveia (Av); feijão (Fe); trigo (Tr); aveia + fermento (Av+F); feijão + fermento (Fe+F); trigo + fermento (Tr+F).....41
- Figura 2:** pH do solo nos tratamentos: testemunha (T); aveia (Av); feijão (Fe); trigo (Tr); aveia + fermento (Av+F); feijão + fermento (Fe+F); trigo + fermento (Tr+F). .....42
- Figura 3:** Número estimado de colêmbolos por microcosmos em função das doses de 0, 150, 300, 450e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino e no tratamento com adubação NPK.....43

### ARTIGO III

- Figura 1:** Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) (mg C-CO<sub>2</sub><sup>-1</sup>g BMS-C h<sup>-1</sup>) (A) e respiração basal do solo (RBS) (mg kg<sup>-1</sup> de C-CO<sub>2</sub>) (B) submetidos a doses de 0, 150, 300, 450, e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino.. .....54
- Figura 2:** Consumo dos organismos nas profundidades de 0 – 8 cm nas em área com biofertilizante bovino ao fim de 50 dias de exposição no solo usando lâminas bait. ....55
- Figura 3:** Consumo dos organismos nas doses de 0, 150, 300, 450, e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino ao fim de 50 dias de exposição no solo usando lâminas bait.....56

### ARTIGO IV

- Figura 1:** Agregados entre 2 - 1 mm (Agr 3) (%) (A) e agregados entre 1 – 0,21 mm (Agr 4) (%) (B) nas doses 0, 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino.....70
- Figura 2:** Macroporos (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) (A) e microporos (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) (B) nas doses 0, 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino.. .....71

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO I

- Tabela 1:** Resultado do teste f para os fatores de variação: época, doses, época x doses e coeficiente de variação CV (%) para ácaros, aranha, Chilopoda, Colêmbolos, coleópteros, díptera, hemíptera, hymenoptera, larva, lepdoptera, lesma e ortoptera mais densidade de indivíduos, riqueza de Margalef, total de grupos, índice uniformidade de Pielou, Dominância de Simpson e Diversidade de Shannon obtidos no experimento com biofertilizante bovino....24
- Tabela 2:** Total de organismos da fauna do solo separado em grupos taxonômicos coletados em doze meses de avaliação.....25
- Tabela 3:** Frequência relativa de grupos funcionais de organismos da fauna do solo coletados em doze meses de avaliação.....26

### ARTIGO III

- Tabela 1:** Nitrogênio da biomassa microbiana (BMS\_N) ( $\text{mg g}^{-1}$ ), carbono da biomassa microbiana (BMS\_C) ( $\text{mg C microbiano kg}^{-1}$ ), respiração basal do solo (RBS) ( $\text{mg kg}^{-1}$  de C-CO<sub>2</sub>), Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) ( $\text{mg C-CO}_2^{-1}\text{g BMS-C h}^{-1}$ ) e quociente microbiano (qMic) (%) nas doses de 0, 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino. . .....53

### ARTIGO IV

- Tabela 1:** Resultado do teste f para os fatores de variação: doses (D), profundidade (P), dose x profundidade (DxP), teste Dunnett e médias nas profundidades de 0- 5 e 5- 10 cm para diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), agregados da classe 1 (Agr 1), agregados da classe 2 (Agr 2) agregados da classe 3 (Agr 3), agregados da classe 4 (Agr 4) e agregados da classe 5 (Agr5) obtidos no experimento com doses de 0, 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino. ....68

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 Biofertilizante.....	13
2.2 Fauna edáfica .....	15
2.3 Microrganismos .....	16
2.4 Propriedades físicas do solo .....	17
<b>3 ARTIGO 1: INTERFERÊNCIA DE DOSES DE BIOFERTILIZANTE BOVINO NA COMUNIDADE DA FAUNA EDÁFICA .....</b>	<b>19</b>
3.1 Introdução .....	20
3.2 Material e Métodos.....	22
3.3 Resultados e Discussão .....	23
3.4 Conclusão .....	32
3.5 Referências Bibliográficas .....	32
<b>4 ARTIGO 2: BIOFERTILIZANTE BOVINO E RESÍDUOS VEGETAIS NA MULTIPLICAÇÃO DE COLÊMBOLOS.....</b>	<b>35</b>
4.1 Introdução .....	36
4.2 Material e Métodos.....	38
4.3 Resultado e Discussão.....	40
4.4 Conclusão .....	44
4.5 Referências Bibliográficas .....	44
<b>5 ARTIGO 3. ALTERAÇÕES NA ATIVIDADE BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO COM USO DE BIOFERTILIZANTE BOVINO .....</b>	<b>47</b>
5.1 Introdução .....	48
5.2 Material e Métodos.....	50
5.3 Resultados e Discussão .....	52
5.4 Conclusão .....	57
5.5 Referências Bibliográficas .....	57
<b>6 ARTIGO 4. PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE BIOFERTILIZANTE BOVINO.....</b>	<b>61</b>

<b>6.1 Introdução .....</b>	<b>62</b>
<b>6.2 Material e métodos .....</b>	<b>63</b>
<b>6.3 Resultados e discussão.....</b>	<b>67</b>
<b>6.4 Conclusões .....</b>	<b>72</b>
<b>6.5 Referências Bibliográficas .....</b>	<b>72</b>
<b>7 DISCUSSÃO .....</b>	<b>77</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>80</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos atualmente é baseada num pacote tecnológico com utilização maciça de fertilizantes solúveis e agroquímicos. A adoção deste modelo gera elevados custos de produção, podendo, muitas vezes, inviabilizar financeiramente a produção de determinadas culturas agrícolas e, quando utilizado de maneira incorreta, podem gerar consequências negativas para o meio ambiente. Uma alternativa para minimizar esse problema é o emprego de biofertilizantes, principalmente pelo fato da crescente procura por novas tecnologias de produção que apresentem redução de custos e a preocupação com a qualidade de vida no planeta.

O uso contínuo do solo para produzir grãos e carne bovina pode provocar alterações na composição e na atividade dos organismos que habitam o solo. Essas alterações podem causar mudanças físicas, químicas e biológicas, cuja proporção depende do modelo de produção, pois, na maioria das vezes, os resíduos que são gerados no processo produtivo das diversas atividades agropecuárias são inadequadamente utilizados sobre o solo, provocando problemas de contaminações.

Existem no solo diversas inter-relações entre os atributos físicos, químicos e biológicos que controlam os processos e os aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço, de maneira que, qualquer alteração no solo pode alterar diretamente sua estrutura e sua atividade biológica e, conseqüentemente, afetar sua fertilidade, com reflexos na qualidade e produtividade das culturas. Sendo assim, a avaliação desses atributos é importante para o melhor manejo do solo e das culturas e, para evitar contaminação do meio ambiente ou provocar um desequilíbrio na atividade e sobrevivência dos organismos que habitam o solo. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da fauna edáfica, os indicadores de atividade microbiana e as propriedades físicas de um Latossolo sob o uso de diferentes doses de biofertilizante bovino.

Para atender estes objetivos, foram realizados quatro experimentos. O primeiro envolveu a análise da fauna do solo no período de doze meses sob diferentes doses do biofertilizante bovino. O segundo trabalho estudou a multiplicação dos colêmbolos em laboratório, com diferentes doses do mesmo biofertilizante. O terceiro experimento analisou as características microbiológicas do solo submetido a essa forma de adubação orgânica e o último trabalho estudou as propriedades físicas do solo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Biofertilizante

Biofertilizante é o resíduo final da fermentação de compostos orgânicos que contêm células vivas ou latentes de microrganismos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e por seus metabólicos, além de quelatos organominerais (ALVES et al., 2001). O biofertilizante é um material orgânico com grande poder fertilizante, fornecendo elementos essenciais para o crescimento das plantas, como nitrogênio, fósforo, potássio. Quando aplicado ao solo, pode melhorar suas qualidades físicas, químicas e biológicas (UBALUA, 2007). O material presente no biofertilizante também atua como condicionadora de solos pesados ou arenosos, minimizando a lixiviação dos sais e alterando, de forma favorável, a estrutura e a porosidade do solo (NOGUEIRA, 1992).

O uso desta forma de adubação orgânica foi constatado no início da década de 80 por extensionistas da EMATER-RIO, em lavouras de café e cana-de-açúcar, regado nas covas para realizar a complementação nutricional e auxiliar na irrigação, já que era altamente diluído. No ano de 1985, foram iniciadas as unidades de observação em seringueira, café e maracujá (SANTOS, 1991).

A produtividade, sanidade e longevidade das culturas, além dos fatores químicos, físicos, genéticos e ambientais, são dependentes da manutenção da diversidade e equilíbrio dos microrganismos nos solos, ou seja, a manutenção da sua ‘fertilidade biológica’ (D’ ANDRÉA, 2007). Para equilibrar e manter a fertilidade biológica do solo, possibilitando a sustentabilidade técnica e econômica de sua atividade, o agricultor, além das ações usualmente praticadas, tem que introduzir no manejo das suas culturas à ‘adubação biológica’ dos seus solos e plantas (MEDEIROS & WANDERLEY, 2003). Utilizando assim, adubações orgânicas como fonte de nutrientes.

A aplicação de biofertilizante nos solos constitui uma prática útil e de baixo custo, principalmente pelo fato da crescente procura por novas tecnologias de produção que apresentem redução de custos e a preocupação com a qualidade de vida no planeta. Essas características têm encorajado pesquisadores e produtores rurais a experimentarem biofertilizantes preparados a partir da digestão aeróbica ou anaeróbica de materiais orgânicos,

como adubo foliar, em substituição aos fertilizantes minerais (FERNANDES et al., 2000), visto que, em agricultura orgânica os mesmos são recomendados como forma de manter o equilíbrio nutricional de plantas e torná-las menos predispostas á ocorrência de pragas e de patógenos (SANTOS, 2001).

O biofertilizante bovino tem se convertido em prática eficiente e de baixo custo de fertilização não-convencional, sendo utilizados como forma alternativa de suplementação de nutrientes na produção orgânica. O processo apresenta baixo custo de produção e facilidade de confecção na propriedade (DIAS et al., 2002). Quando aplicados no solo, proporcionam melhoria nas propriedades físicas (estrutura e porosidade), químicas e biológicas do solo (ALVES et al., 2009).

Não existe uma forma padrão para a produção de biofertilizantes. Receitas variadas vêm sendo testadas, utilizando-se componentes minerais para o enriquecimento do meio de cultivo (MEDEIROS & LOPES, 2006). A prática da adubação biológica com Microgeo® já está difundida na agricultura brasileira, com início das ações no Paraguai e Uganda na África. Como essa prática visa à fertilidade biológica do solo, ela atende a necessidade de todas as culturas. Ao se utilizar a atividade biológica dos herbívoros ruminantes na produção do adubo biológico, usa-se também o biofilme dos vegetais como as gramíneas, ampliando a biodiversidade microbiológica, principalmente para o equilíbrio biológico na manutenção do vigor das monoculturas (MEDEIROS & WANDERLEY, 2003).

O biofertilizante apresenta macro e micronutrientes assimiláveis pelo vegetal, tais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, ferro, cloro, sílica, molibdênio, boro, cobre, zinco e manganês. O seu pH pode variar de 7,0 a 8,0 e pode também ser inferior quando a fermentação for incompleta (SANTOS, 1992).

Pinheiro e Barreto (2000) relatam que a fertilização com biofertilizante associado ao esterco bovino, proporciona maiores produções comerciais nas hortaliças como o pepino, berinjela, tomate, alface e pimentão. Araújo et al. (2007), avaliando a produção de pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante, concluíram que o biofertilizante bovino, aplicado de forma isolada ou associado com material orgânico, pode ser utilizado como alternativa para fertilização não-convencional no pimentão. No Paraná, muitos agricultores estão usando biofertilizantes em lavouras de feijão, soja, batatinha, cebola, tomate, couve-flor, e em muitas outras hortaliças e várias frutíferas, todavia, existem muitas dúvidas sobre as formulações e métodos de produção mais adequados, as dosagens para diferentes tipos de culturas, os possíveis resíduos microbiológicos deixados na planta, o manejo e uso como fertilizante foliar e sua influência na produtividade das culturas (NETO, 2006).

Vários estudos mostram que a aplicação de dejetos contribui para o aumento da nutrição das plantas e produtividade (SEGANFREDO, 2007). O uso de biofertilizante bovino no solo, por exemplo, pode proporcionar incrementos na diversidade e riqueza da fauna edáfica, contribuindo também para a melhor reprodução dos colêmbolos que são indicadores biológicos da qualidade dos solos. Acredita-se também que o uso desta forma de adubação orgânica possa favorecer a atividade e população dos microrganismos do solo que são os grandes responsáveis pela ciclagem de nutrientes dos resíduos orgânicos e desta forma, melhorar também as propriedades físicas do solo. No entanto, Segundo Balota et al. (2012) há muitas dúvidas sobre o efeito da aplicação de dejetos em propriedades biológicas do solo, principalmente quando ele é aplicado em níveis elevados.

## **2.2 Fauna edáfica**

A fauna edáfica representa uma força motriz na decomposição e ciclagem dos nutrientes no solo (HÖFER et al., 2001). Desempenha importante papel nos processos do ecossistema no que concerne à ciclagem de nutrientes e estrutura do solo, pois é responsável pela fragmentação dos resíduos orgânicos, mistura das partículas minerais e orgânicas, redistribuição da matéria orgânica, além de produzir "pellets fecais" (BARETTA et al., 2007). Ela ocupa diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar no solo e afeta a produção primária de maneira direta e indireta (AQUINO et al., 2008). Nesse sentido, os invertebrados do solo alteram as populações e atividade de microrganismos responsáveis pelos processos de mineralização e humificação da matéria orgânica do solo e, portanto, exercem influência sobre a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (DECAËNS et al., 2003).

Os invertebrados são de fundamental importância para a manutenção da qualidade do solo, pois promovem a redistribuição de nutrientes e de matéria orgânica, por meio de suas atividades biodinâmicas, e participam diretamente do equilíbrio do ecossistema (LAVELLE & SPAIN, 2001). A utilização de variáveis biológicas, físicas e químicas tem sido indicada para a aferição da qualidade do solo, submetido a diferentes práticas de manejo agrícola e pecuário (SALTON et al., 2008).

O efeito do uso de diferentes formas de dejetos pode levar a resultados benéficos ou maléficis à macrofauna edáfica, variando conforme a composição do dejetos (ALVES et al., 2008). A adição de resíduos orgânicos em sistemas de cultivo é um fator que pode influenciar

a biota do solo, principalmente pelo fornecimento de alimento para os organismos e modificações na temperatura e cobertura do solo (BARETTA et al., 2003). Diversos fatores podem estar influenciando a decomposição dos dejetos quando aplicados conjuntamente, evidenciando a necessidade de intensificar estudos nessa área (GIACOMINI et al., 2008).

O monitoramento dos organismos e o estudo das relações entre diversidade e flutuação populacional são particularmente importantes para a previsão de mudanças no funcionamento dos sistemas de produção e avaliação da qualidade do solo (ASSAD, 1997). A restrita utilização desses organismos como bioindicadores da qualidade do solo deve-se ao fato de que a reprodução em laboratório ainda é pouco estudada (GREENSLADE & VAUGHAN, 2002). Desta forma, novos estudos devem ser realizados para entender melhor os organismos que habitam o solo. No Brasil, o número de trabalhos sobre a fauna do solo é irrelevante diante da diversidade de ecossistemas do País e do desconhecimento da própria biodiversidade do solo (MERLIM, 2005), justificando assim a necessidade de novas pesquisas principalmente com adição de produtos orgânicos no solo.

### **2.3 Microrganismos**

O biofertilizante bovino na forma líquida apresenta na sua composição microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, produção de sais e adição de compostos orgânicos e inorgânicos que atuam não só na planta, mas também, sobre a atividade microbiana do solo (BERTIOL et al., 1998). Para esses mesmos autores, uma das principais características do biofertilizante é a presença de microrganismos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, produção de gás e liberação de metabólitos, especialmente antibióticos e hormônios.

O biofertilizante é uma mistura de microrganismos vivos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos), os quais, quando disponibilizados as plantas por diferentes métodos, colonizam a rizosfera e o interior da planta e promovem crescimento, por aumentar o fornecimento de nutrientes primários (MARROCOS et al., 2012).

A aplicação de dejetos de animais pode aumentar o acúmulo de carbono orgânico total particularmente nas camadas superiores do solo (LOURENZI et al., 2011). No entanto, a velocidade deste aumento está associado principalmente com a composição, a frequência, e a quantidade do material aplicado (GUARDINI et al., 2012). A aplicação dos dejetos pode

provocar também alterações nas propriedades microbiológicas do solo, como o carbono da biomassa microbiana (COUTO et al., 2013)

O carbono da biomassa microbiana apresenta um ciclo rápido e responde significativamente ao tipo de resíduo orgânico depositado no solo (BALOTA et al., 2010). Os resíduos orgânicos contendo elementos químicos potencialmente tóxicos podem afetar negativamente os microrganismos do solo (BERTON et al., 2006). Com base no exposto, percebe-se a necessidade de realização de mais estudos relacionados ao uso de biofertilizantes orgânicos nos solos agrícolas.

## **2.4 Propriedades físicas do solo**

Nos solos, o uso dos biofertilizantes pode contribuir para a melhoria física e promover a produção de substâncias húmicas que exercem expressiva importância na fertilidade do solo com reflexos positivos na produção (DELGADO et al., 2002). Os principais atributos físicos que podem ser melhorados com o uso de biofertilizante no solo são a velocidade de infiltração, aeração, armazenagem de água e aceleração da atividade microbiana (MELO, 2011).

Atributos físicos do solo podem sofrer alterações pelas práticas de manejo e pela aplicação de dejetos de animais, destacando-se a densidade, o arranjo e o volume dos poros (COMIN et al., 2013). Essas alterações influenciam nos atributos físico-hídricos, dentre elas a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água às plantas e a resistência a penetração (BEUTLER et al., 2006).

Os efeitos dos fertilizantes orgânicos sobre as propriedades físicas do solo depende da quantidade e da qualidade dos materiais utilizados e podem variar de acordo com o tipo de solo e de gestão (RAUBER et al., 2012). A principal propriedade física relacionada à dinâmica do carbono orgânico é a agregação do solo, influenciando indiretamente a densidade, porosidade, retenção de água e capacidade de infiltração, que são todos fundamentais para a capacidade produtiva do solo (SILVA et al., 2006). Bhattacharyya et al. (2007) mostraram que o uso de fertilizantes orgânicos aumentou os níveis de carbono orgânico de um solo arenoso na região montanhosa do norte da Índia, que foi relacionado a uma redução da densidade do solo e um aumento na estabilidade de agregados. Estas

melhorias físicas se refletem em maior capacidade de infiltração de água do que de solos não fertilizados ou fertilizado com minerais

Em arrozais na Coréia, foram observados um aumento nos níveis de carbono orgânico e uma melhoria das propriedades físicas do solo, evidenciada por uma redução da densidade do solo e aumento do número de agregados de grande porte aos 41 anos de aplicação de composto orgânico, em comparação com a aplicação de fertilizante mineral e uma testemunha não fertilizado (LEE et al., 2009).

Mellek et al. (2010) analisaram os efeitos de doses crescentes de dejetos líquido bovino em um Cambissolo derivados de arenito, sendo observada melhora na estrutura do solo, por exemplo, uma redução da densidade e aumento de macroporosidade, estabilidade de agregados e taxa de infiltração de água. Contudo, pouco se sabe em relação ao efeito da aplicação de biofertilizante líquido sobre as propriedades físicas de um Latossolo.

### **3 ARTIGO 1: INTERFERÊNCIA DE DOSES DE BIOFERTILIZANTE BOVINO NA COMUNIDADE DA FAUNA EDÁFICA**

#### **RESUMO**

O uso de biofertilizante bovino é uma alternativa para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Contudo, a adição de produtos orgânicos pode alterar o equilíbrio da fauna edáfica no ambiente agrícola. O objetivo deste trabalho foi determinar a influência da aplicação sucessiva de doses de biofertilizante na população da fauna edáfica. O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em arranjo fatorial 5 x 12, sendo cinco adubações (0 (controle sem biofertilizante), 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino), doze meses, com 4 repetições. A coleta da fauna edáfica foi realizada com armadilhas tipo PROVID permanecendo 5 dias no campo. Avaliaram-se as classes e ordens encontradas, densidade de indivíduos, total de grupos e calcularam-se os índices de Pielou, riqueza de Margalef, dominância de Simpson e diversidade de Shannon. Conclui-se que o biofertilizante bovino não interfere nas variáveis analisadas e todas as ordens de organismos edáficos variaram ao longo da época de coleta com exceção da Lepidóptera.

**Palavras chave:** Colêmbolos. Diversidade. Riqueza de organismos

## **INTERFERENCE DOSES OF BIOFERTILIZER BOVINE IN COMMUNITY FAUNA EDAPHIC**

### **ABSTRACT**

The use of biofertilizers bovine is an alternative to improve the physical, chemical and biological soil. However, addition of organic products can alter the balance of soil fauna in the agricultural environment. The objective of determining the influence of successive application of biofertilizer doses of soil fauna population. The experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria campus Frederico Westphalen. The experimental design was a randomized block factorial design 5 x 12, five fertilization (0 (no biofertilizer control), 150, 300, 450 and 600 L ha<sup>-1</sup> of bovine biofertilizer), twelve months, with four replications. The collection of soil fauna was performed with traps PROVID remaining 5 days installed in the field. Evaluated the classes and found orders, stocking density, total groups and calculated the indexes of evenness, Margalef richness, Simpson dominance and diversity of Shannon. It is concluded that the bovine biofertilizer not interfere in the analyzed variables and all soil organisms orders varied over the time of collection except for Lepidoptera.

**Keywords:** Springtails. Diversity. Wealth agencies.

### **3.1 Introdução**

A criação de bovinos tem sido uma alternativa economicamente expressiva nas propriedades do Sul do Brasil (PANDOLFO et al., 2008). A grande produção de dejetos na criação desses animais deixa ao produtor como principal alternativa o descarte no solo como fertilizante orgânico (ALVES et al., 2008) tornando assim, uma fonte alternativa de nutrientes para o solo. Contudo, toda atividade produtiva tem algum impacto sobre o ambiente, de modo que as atividades agropecuárias podem causar mudanças físicas, químicas e biológicas cuja extensão depende do modelo de produção, já que, na maioria das vezes, os resíduos são

inadequadamente utilizados (ORICO JUNIOR et al., 2012). Neste sentido, torna-se necessária a utilização de outras formas de adubação dos solos.

A utilização de resíduos orgânicos na atividade agrícola é interessante do ponto de vista econômico por proporcionar aumento de produtividade das plantas e reduzir o custo com fertilizantes, além da deposição segura desses materiais no ambiente (FIGUEIREDO & TANAMATI, 2010). A geração de dejetos na criação dos animais faz parte do processo produtivo e pode representar importante fonte de renda (SANTOS et al., 2007). A importância do uso de biofertilizantes líquidos na forma de fermentados microbianos simples ou enriquecidos, está nos quantitativos dos elementos, na diversidade e na disponibilidade dos nutrientes essenciais pela atividade biológica (ALVES et al., 2009).

O uso dos biofertilizantes pode contribuir para melhoria física e promover a produção de substâncias húmicas que exercem expressiva importância na fertilidade do solo com reflexos positivos na produção (DELGADO et al. 2002). O biofertilizante é um material orgânico com grande poder fertilizante, fornecendo elementos essenciais para o crescimento das plantas, como nitrogênio, fósforo, potássio. Quando aplicado ao solo, pode melhorar suas qualidades físicas, químicas e biológicas (UBALUA, 2007).

A adição de resíduos orgânicos em sistemas de cultivo é um fator que pode influenciar a biota do solo, principalmente pelo fornecimento de alimento para os organismos e modificações na temperatura e cobertura do solo (BARETTA et al., 2003). O efeito do uso de diferentes formas de dejetos pode levar a resultados benéficos ou maléficos à macrofauna edáfica, variando conforme a composição do dejetos (ALVES et al., 2008). O monitoramento dos organismos e o estudo das relações entre diversidade e flutuação populacional são particularmente importantes para a previsão de mudanças no funcionamento dos sistemas de produção (ASSAD, 1997).

O biofertilizante apresenta metabólitos como enzimas, antibióticos, vitaminas, toxinas, fenóis e outros compostos voláteis, ésteres e ácidos, que podem influenciar os organismos do solo (TERRY et al., 2002). Assim, este trabalho teve como objetivo determinar a influência da aplicação de diferentes doses de biofertilizante na população da fauna edáfica.

### 3.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen, RS, latitude 27°23'25,39" S, longitude 53°25'37,14" O, com altitude de 477 metros. O clima da região é subtropical do tipo Cfa segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluvial anual entre 1.800 e 2.100 mm e temperatura média anual em torno 18°C (NIMER, 1990). O solo do local é um Latossolo Vermelho, textura argilosa cultivado com culturas anuais como soja, milho, aveia, trigo em sistema de plantio direto, cuja análise química na profundidade de 0 – 10 cm revelou pH em água de 4,6; índice SMP de 5,1; 7,2 mg dm<sup>-3</sup> de P; 136 mg dm<sup>-3</sup> de K; 2,1 cmolc dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup>, 2,1 cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 1,2 cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg; 8 cmolc dm<sup>-3</sup> de H+Al<sup>3+</sup>; 11,6 cmolc dm<sup>-3</sup> de CTC efetiva; saturação de Al de 36,5%; saturação por bases (V) de 31,3%; 750 g kg<sup>-1</sup> de argila e 27 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 5 x 12, sendo cinco doses (0 (controle sem biofertilizante), 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino e doze épocas de avaliação da fauna edáfica correspondendo a avaliações mensais de maio de 2013 a abril de 2014. O biofertilizante bovino foi adquirido de uma propriedade rural do mesmo município e foi produzido através de fermentação aeróbica com 15% de dejetos bovinos, 5% de produto comercial Microgeo e 80 % de água potável e fermentada por 30 dias em ambiente ensolarado. A análise química do biofertilizante apresentou as seguintes características: sólidos totais 2095 mg L<sup>-1</sup>; pH 6,75; condutividade 111,7 µS cm<sup>-1</sup>; DQO 320 mg DQO L<sup>-1</sup>; fósforo total 15,1 mg L<sup>-1</sup> e nitrogênio total 3,36 mg L<sup>-1</sup>. Após a coleta da calda, a mesma foi filtrada em malha de 2 mm e utilizou-se uma proveta para facilitar a aferição do volume aplicado ao solo e um borrifador manual para auxiliar na homogeneização da distribuição nas parcelas. Foram realizadas duas aplicações de biofertilizante bovino na área experimental, a primeira ocorreu no dia 12/06/2013 no estádio V3 da cultura da aveia preta e a segunda aplicação de biofertilizante no dia 05/12/2013 no estádio V4 da cultura do milho.

A coleta dos organismos edáficos foi realizada com o auxílio das armadilhas tipo PROVID propostas por Antonioli et al. (2006). As armadilhas permaneceram no campo por um período de 5 dias, contendo em seu interior 250 ml de álcool 70% para conservação dos organismos da fauna. Os organismos edáficos extraídos nas armadilhas foram identificados

em nível de grupo, quanto à sua classe ou ordem (GALLO et al., 2002), com auxílio de lupas binoculares com aumento de 60 vezes.

O experimento foi constituído de parcelas de 16 m<sup>2</sup>. A área do experimento recebeu dessecação com herbicida Glifosato no dia 02 de maio de 2013, e no dia 09 foi realizada a semeadura da aveia preta (*Avena strigosa*), utilizando distribuidor centrífugo seguido de incorporação na densidade de 120 kg ha<sup>-1</sup>. No dia 16 do mesmo mês, foi realizada a instalação das armadilhas para coleta da fauna edáfica, permanecendo 5 dias no campo, caracterizando o tempo zero sem aplicação do biofertilizante. Na coleta de setembro a aveia preta estava em pleno florescimento, e em outubro totalmente dessecada com massa seca ocupando grande volume sobre o solo. O milho foi semeado no dia 01/11, variedade Pioneer 30F53 Herculex, na densidade de 3,5 plantas por metro linear e espaçamento entre linhas de 50 cm sem adubação NPK.

A partir da contagem e identificação dos organismos edáficos, foram calculados os seguintes índices de biodiversidade: riqueza de Margalef, sendo,  $I = [(n-1)] / \ln N$ , onde I é a diversidade, n é o número de espécies presente, e N é o número total de indivíduos encontrados na amostra. Índice de Simpson, forma de dominância dado por  $S = \sum (n_i/N)^2$ ; n<sub>i</sub> = número indivíduos do grupo “i”, N = somatório da densidade de todos os grupos (ODUM 1986), índice de diversidade de Shannon ( $H = -\sum P_i \log P_i$ , sendo P<sub>i</sub> a proporção do grupo i no total da amostra) (SHANNON & WEAVER 1949).

Os dados de contagem obtidos foram submetidos à transformação  $(X+0,5)^{0,5}$  e os parâmetros determinados foram submetidos ao teste F. Após, para os efeitos significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de significância de 5% utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA 2008).

### 3.3 Resultados e Discussão

A análise estatística não revelou interação significativa entre a época de coleta e as doses testadas nos diferentes grupos de organismos da fauna edáfica. Contudo, a exceção da lepidóptera, percebe-se diferença na época para todas as ordens (Tabela 1). Aquino e Correia (2010) afirmam que os adubos orgânicos, como dejetos, apresentam benefícios sobre a fauna do solo pelo aporte de matéria orgânica e também por apresentar fonte potencial de alimento. Contudo, neste trabalho não se observa contribuição do biofertilizante nos diferentes grupos

de organismos encontrados, sendo o efeito da época atribuído possivelmente aos resíduos vegetais disponibilizados pelas duas culturas os quais podem ter beneficiado os organismos em períodos de maior oferta de alimentos.

**Tabela 1:** Resultado do teste f para os fatores de variação: época, doses, época x doses e coeficiente de variação CV (%) para ácaros, aranha, Chilopoda, Colêmbolos, coleópteros, díptera, hemíptera, hymenoptera, larva, lepidóptera, lesma e ortóptera mais densidade de indivíduos, riqueza de Margalef, total de grupos, índice uniformidade de Pielou, Dominância de Simpson e Diversidade de Shannon obtidos no experimento com biofertilizante bovino. Frederico Westphalen, 2014.

	Ácaros	Aranha	Chilopoda	Colêmbolos	Coleópteros	Díptera
Época (E)	20,575*	10,435*	2,489*	15,358*	19,673*	43,232*
Doses (D)	2,186	1,498	2,256	1,292	1,470	0,979
E x D	1,241	1,045	0,468	1,330	0,931	0,533
CV (%)	35,84	69,37	303,48	163,01	73,31	50,77
	Gastrópode	Hymenoptera	Larva	Lepidóptera	Hemíptera	Ortóptera
Época (E)	4,842*	7,341*	7,942*	0,805	3,854*	73,010*
Doses (D)	0,890	1,056	0,891	1,810	1,381	0,410
E x D	1,893	0,927	1,339	0,682	1,845	0,368
CV (%)	190,90	63,30	167,08	849,37	328,84	70,72
	Densidade	Grupos	Riqueza	Pielou	Dominância	Diversidade
Época (E)	14,449*	6,055*	7,425*	19,041*	16,756*	19,545*
Doses (D)	1,312	1,769	2,562*	1,218	1,491	2,024
E x D	1,587*	0,528	0,620	0,649	0,706	0,675
CV (%)	62,54	14,05	17,02	14,18	30,86	15,44

\* $p \leq 0,05$  pelo teste de F

Os resultados das 12 coletas revelaram a presença de indivíduos da fauna do solo, distribuídos em diferentes grupos, sendo: acarina, aranae, chilopoda, collembola, coleóptera, díptera, gastrópode, hemíptera, hymenóptera, larvas, lepidóptera e ortóptera (Tabela 2). Adubos orgânicos apresentam benefícios sobre a fauna do solo pelo aporte de matéria orgânica e também por apresentar fonte potencial de alimento aos organismos edáficos

(AQUINO e CORREIA, 2005). Estudos envolvendo ácaros, colêmbolos e formigas em diferentes agroecossistemas, têm demonstrado grande potencial destes organismos edáficos como bioindicadores de perturbações ambientais (BARETTA et al., 2003).

**Tabela 2:** Total de organismos da fauna do solo separado em grupos taxonômicos coletados em doze meses de avaliação. UFSM, Frederico Westphalen, 2014.

C/O	-----2013-----						-----2014-----					
	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR
	-----Total de organismos-----											
Aca	20a	59a	23a	23a	28a	38a	24a	25a	54a	32a	40a	35a
Ara	4a	3a	7a	23a	19a	20a	14a	18a	19a	18a	5a	7a
Chi	0a	0a	0a	0a	0a	0a	2a	1a	3a	2a	1a	4a
Col	42d	190c	43d	77d	65d	864a	367b	85d	21d	4d	26d	167c
Clp	4a	3a	5a	29a	28a	20a	7a	39a	55a	14a	19a	23a
Dip	35b	54b	152a	145a	80b	63b	52b	43b	24b	11b	24b	23b
Gas	0a	0a	1a	3a	1a	2a	0a	5a	0a	0a	4a	10a
Hem	1a	0a	0a	0a	0a	0a	1a	1a	0a	0a	4a	0a
Hym	76b	58b	40b	70b	109a	127a	98a	49b	40b	74b	51b	31b
Lar	1a	0a	1a	7a	5a	10a	2a	1a	0a	1a	1a	5a
Lep	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	1a	0a	0a	0a
Ort	18b	9b	3b	0b	0b	3b	4b	56b	222a	249a	52b	66b

C/O (Classe ou ordem) Aca (Acarina), Ara (Araneae), Chi (Chilopoda), Col (Collembola), Clp (Coleóptero), Dip (Díptera), Gas (Gastrópode), Hem (Hemíptera), Hym (Hymenoptera), Lar (Larvas), Ort (Ortóptera);

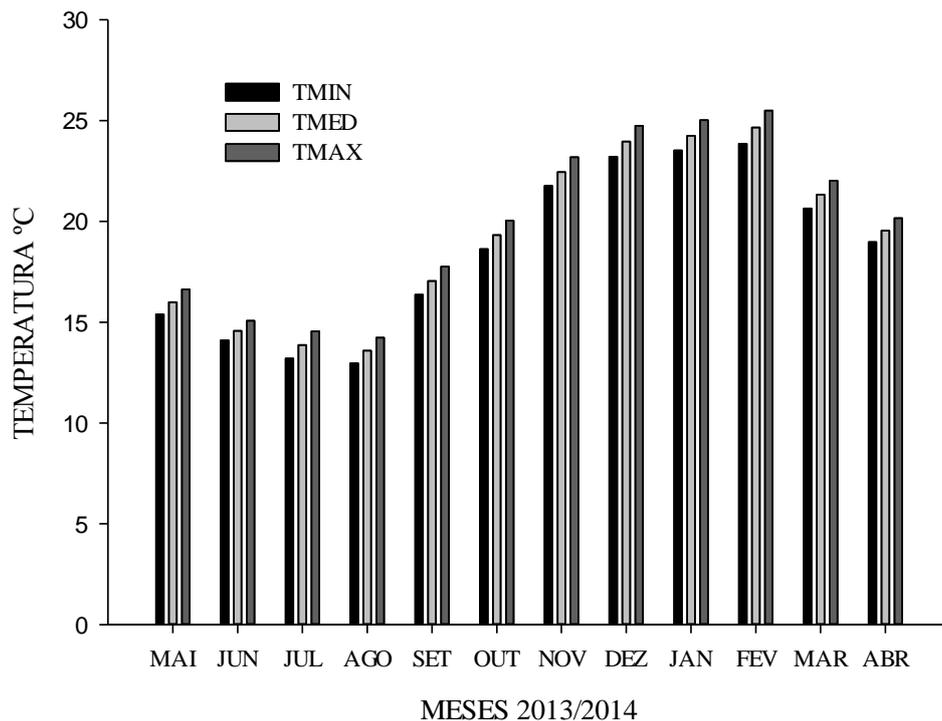
\* Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A maior frequência relativa foram micrófagos, sociais, herbívoros e outros, com destaque para os colêmbolos do grupo funcional micrófagos em outubro superando 75% da frequência relativa no período (Tabela 3). A aplicação de adubos orgânicos promove o aumento do número de colêmbolos por unidade de área (CULIK et al., 2002). Segundo Souto et al. (2008), os grupos da meso e macrofauna, respondem positivamente ao aumento da temperatura e isso pode ter ocorrido neste trabalho pois se observa aumento da temperatura, principalmente a partir do mês de outubro (Figura 1)

**Tabela 3:** Frequência relativa de grupos funcionais de organismos da fauna do solo coletados em doze meses de avaliação. UFSM, Frederico Westphalen, 2014.

	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR
	----- Frequência Relativa (%) -----											
Her	9,5	2,4	1,1	0	0	0,3	0,9	17,6	50,6	61,5	24,7	17,8
Mic	20,9	50,5	15,6	20,4	19,4	75,3	64,3	26,3	4,8	1	11,5	45
Pre	4	1,6	4,3	13,8	14,1	3,4	4,1	18	17,5	8,4	11	9,2
Sap	0	0	0,4	0,8	0,3	0,2	0	1,5	0	0	1,8	2,7
Soc	37,8	15,4	14,5	18,6	32,5	11,1	17,2	15,2	9,1	18,3	22,5	8,4
Out	27,9	30,1	64,1	46,5	33,8	9,7	13,7	21,3	18	10,8	28,6	16,9

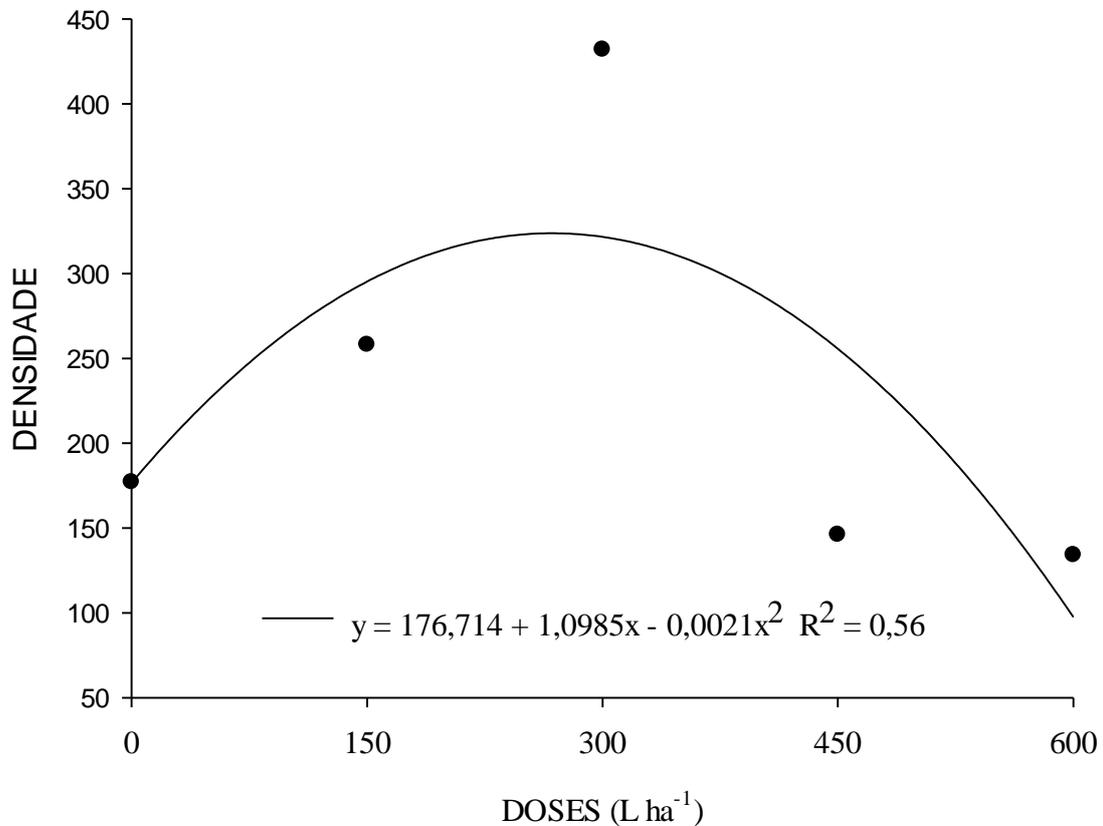
Her (Herbívoro), Mic (micrófagos), Out (Outros), Pre (Predador), Sap (Saprófago), Soc (Sociais).



**Figura 1:** Temperatura mínima, média e máxima no período de maio de 2013 a abril de 2014 obtidas na estação meteorológica experimental da UFSM *campus* de Frederico Westphalen, 2014.

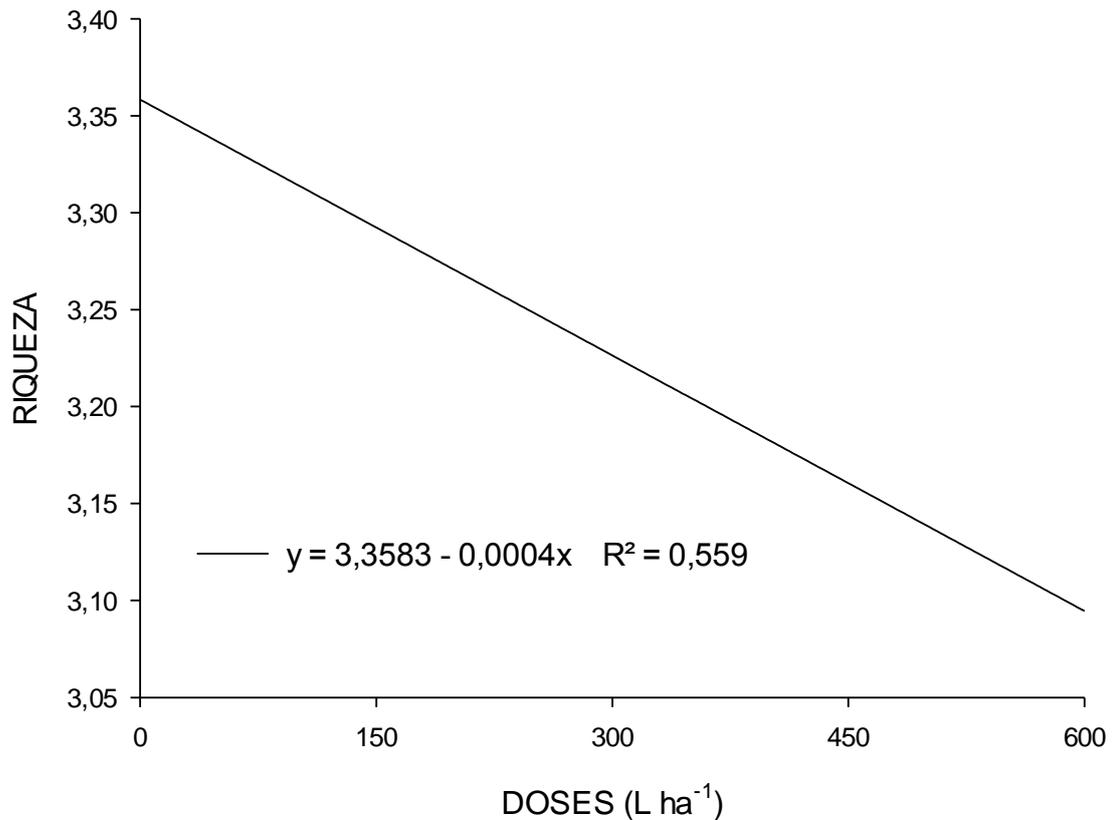
A Análise da comunidade da fauna edáfica revelou interação significativa entre doses e época de avaliação apenas para densidade de indivíduos (Tabela 1). Essa variável foi maior em outubro para a dose estimada de 240 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino (Figura 2). A fauna do solo varia durante o processo de decomposição dos resíduos orgânicos (RESENDE et al. 2013). Nesse sentido, a população de organismos da macrofauna é maior nos 30 primeiros dias de decomposição da palha, e após este período, a decomposição esta mais relacionada com organismos menores (mesofauna e a microfauna) (SMITH & BRADFORD, 2003). Gatiboni et al. (2009) encontraram uma diminuição na diversidade da fauna do solo durante a decomposição da aveia preta e centeio e detectaram maior dominância de colêmbolos nos estágios mais avançados de decomposição da palha. Os resultados deste trabalho corroboram com os da literatura, pois, no período de outubro a aveia já se encontrava dessecada e como cobertura do solo e desse modo, a aplicação do biofertilizante bovino pode ter contribuído para a decomposição e beneficiado a densidade de organismos da fauna, estando relacionada com o maior número de colêmbolos encontrados, que representou mais de 75% desses organismos no mês de outubro em comparação aos demais períodos.

A dose de 240 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino de acordo com a curva de regressão apresenta maior valor para densidade de indivíduos no mês de outubro (Figura 2). Aumentos na quantidade e qualidade dos resíduos depositados sobre o solo são considerados benéficos para a densidade e diversidade da fauna edáfica (GATIBONI et al., 2009). O biofertilizante bovino aplicado sobre o solo neste trabalho pode ter acelerado a decomposição e beneficiado a densidade de organismos da fauna, estando relacionada com o maior número de colêmbolos encontrados, que representou mais de 75% desses organismos no mês de outubro em comparação aos demais períodos.



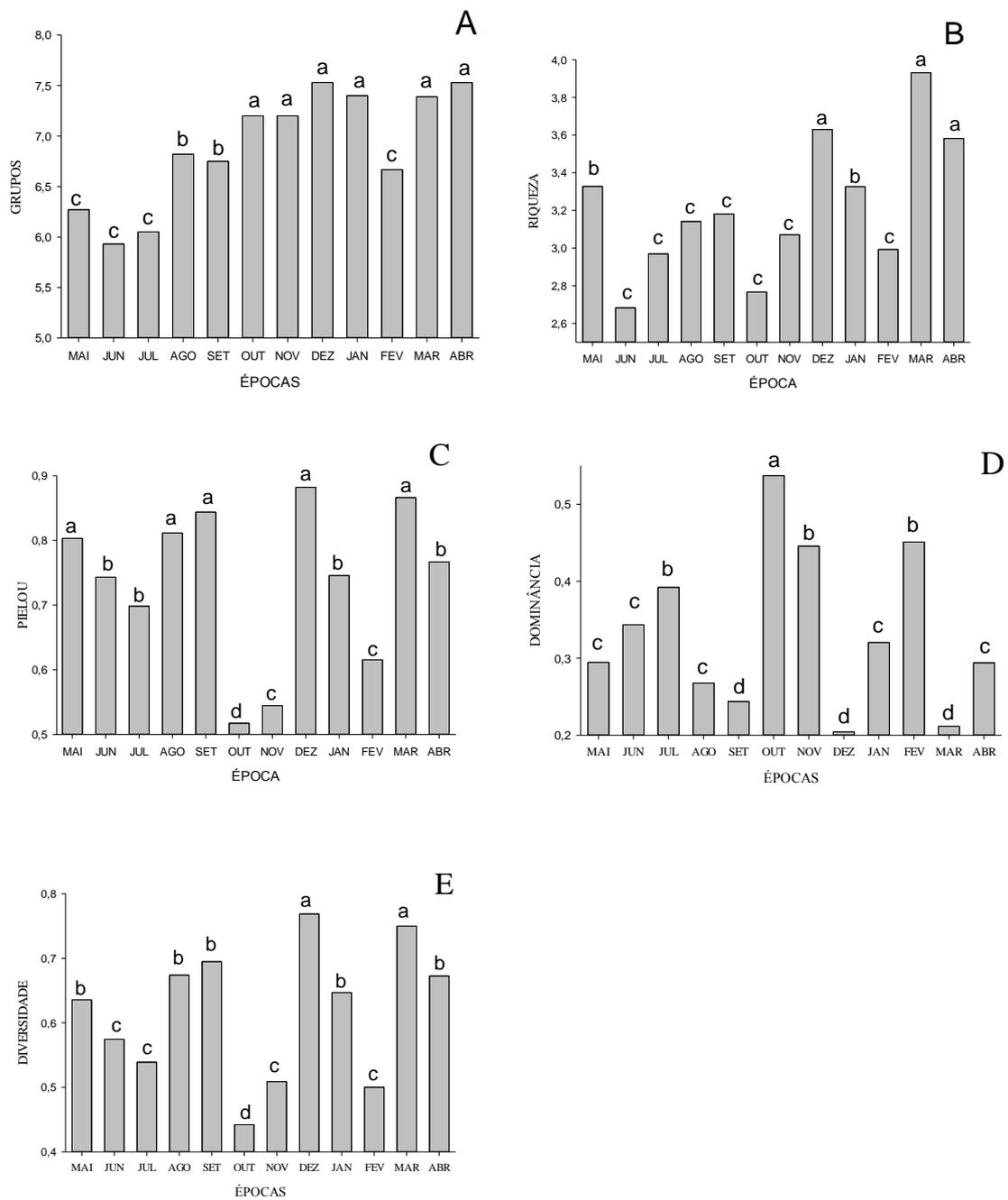
**Figura 2:** Densidade de indivíduos no mês de outubro nas doses de 0, 150, 300, 450, 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino. UFSM, Frederico Westphalen, 2014.

Não houve interação significativa entre as doses de biofertilizante bovino e as épocas de coletas para riqueza de Margalef, total de grupos, índice de Pielou, dominância de Simpson e diversidade de Shannon (Tabela 1). Avaliando o efeito isolado dos tratamentos, as doses causaram efeito significativo apenas na riqueza de Margalef, a qual reduziu linearmente com o aumento das doses de biofertilizante bovino, contudo os dados revelaram  $R^2$  de 0,56 (Figura 3). A adição de adubos orgânicos pode ter efeito benéfico sobre alguns grupos da macrofauna de solo (BARETTA et al. 2003). Kladvko & Timmenga (1990) relataram que, além do maior aporte de nutrientes ao solo, a adubação orgânica representa fonte alimentar adicional para os organismos edáficos. Contudo, o baixo  $R^2$  apresentado neste trabalho dificulta as conclusão sobre esses resultados.



**Figura 3:** Riqueza de Margalef nas doses de 0, 150, 300, 450, 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino. UFSM, Frederico Westphalen, 2014.

O total de grupos da fauna edáfica foi maior nas coletas de outubro, novembro, dezembro, janeiro, março e abril (Figura 4A). A pesquisa tem evidenciado que os organismos da fauna do solo variam com as variações climáticas entre estações do ano (CUNHA NETO et al., 2012) e também, procuram a serapilheira no verão e o solo no inverno (SILVA et al., 2013). Isso pode ter ocorrido neste trabalho, pois de outubro a abril, as temperaturas foram mais elevadas (Figura 1) em relação ao período anterior com temperaturas menores características do inverno para esta latitude.



**Figura 4:** Total de grupos (A), riqueza de Margalef (B), índice de Pielou (C), dominância de Simpson (D), e diversidade de Shannon (E) em área com aplicação de biofertilizante bovino nas 12 épocas de coleta. UFSM, Frederico Westphalen, 2014.

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A riqueza de Margalef foi maior em dezembro, março e abril comparando-se aos demais períodos estudados (Figura 4B). A ocorrência de um grande acúmulo de serapilheira permite a existência de muitas espécies de macro invertebrados, e depois dessa acumulação, o grupo Hymenoptera domina a serapilheira, expulsando os outros artrópodes (CUNHA, 2004).

Durante o período de avaliação deste trabalho, observou-se maior riqueza apenas nas últimas coletas, evidenciando que o acúmulo de serapilheira no final do período favoreceu uma maior riqueza de invertebrados.

O índice de Pielou foi maior em maio, agosto, setembro, dezembro e março comparando-se aos demais períodos avaliados (Figura 4C). Moço et al. (2005) verificaram que as épocas de coletas influenciam na variação do índice de Pielou e concluíram que esse índice foi a variável mais estável e, portanto, mais apropriada para o estudo da dissimilaridade entre as coberturas vegetais, quanto à distribuição dos grupos de fauna.

A dominância de indivíduos foi maior em outubro comparando-se aos demais períodos avaliados (Figura 4D). A ocorrência de um determinado grupo da fauna edáfica, deve-se ao tipo de preparo do solo e, principalmente, aos efeitos benéficos dos resíduos vegetais mantidos na superfície do solo, que proporcionam ambiente mais favorável para a sobrevivência de determinados grupos (MOÇO et al., 2005). Neste trabalho, a maior dominância de indivíduos pode estar relacionado a maior população de colêmbolos encontrados em outubro que representam 75% da frequência relativa nesse período, desta forma, esses organismos podem ter se beneficiado dos restos culturas da aveia preta que estava sobre o solo.

A diversidade de Shannon foi maior em dezembro e março em comparação aos demais períodos (Figura 4E). A temperatura é uma característica determinante para a fauna do solo e influencia em sua dinâmica populacional (BARETTA et al., 2007). Silva et al. (2013) encontraram mais indivíduos do solo no verão em comparação ao período do inverno e supõem que esses resultados se devem a temperaturas mais elevadas neste período, que no local de seus estudos, a média é de 26,8° no mês de fevereiro. Neste trabalho, o mês de dezembro caracterizou-se com médias de temperaturas mais elevadas durante o período de avaliação da fauna edáfica (Figura 1) e esse aumento de temperatura pode ter beneficiado a diversidade de organismos do solo.

O mês de outubro apresentou a menor diversidade de organismos edáficos (Figura 3E). Gatiboni et al. (2009) avaliaram a fauna do solo durante a decomposição de resíduos de aveia e observaram que a menor disponibilidade de resíduos de plantas através da decomposição causou redução da diversidade da fauna do solo, principalmente, pelo aumento relativo de colêmbolos. Rovedder et al. (2009) comentam que a prevalência de Hymenoptera indica uma tendência de baixos níveis de diversidade do ecossistema. Observa-se neste trabalho, que em outubro os colêmbolos e Hymenoptera representaram 75,3 e 11,1 %,

respectivamente da frequência relativa dos organismos edáficos (Tabela 2) e isso contribuiu para menor diversidade de organismos.

### 3.4 Conclusão

O biofertilizante bovino não interfere nas variáveis analisadas.

Todas as ordens de organismos edáficos variaram ao longo da época de coleta com exceção da Lepidóptera.

### 3.5 Referências Bibliográficas

ALVES, G. S. et al. Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Revista Acta Scientiarum**, v.31, p.661-665, 2009.

ALVES, M. V. et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no Oeste do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 589-598, 2008.

ANTONIOLLI, Z. I. et al. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v.16, n.4, p.407-417, 2006.

AQUINO, A. M; CORREIA, M. E. F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. Rio de Janeiro: **Seropédica**, 2005. (Embrapa Agrobiologia, Documentos 201). Disponível em: [www.cnpab.embrapa.br/servicos/download/doc201.pdf](http://www.cnpab.embrapa.br/servicos/download/doc201.pdf). Acesso em: 21 novembro. 2014.

ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M., Eds: **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.

BARETTA, D. et al. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forests with *Araucaria angustifolia*. **Scientia Agricola**, n. 64, p. 384-392, 2007.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, v. 2, p. 97-106, 2003.

CULIK, M. P., SOUZA, J. L. De, VENTURA, J. A. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v, 21, p. 49-58, 2002.

CUNHA NETO, F. V. et al. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. **Brazilian Journal of Soil Science**, Viçosa, v. 36, p. 1407-1417, 2012.

CUNHA, L.N. Artropódos associados à serapilheira suspensa acumulada em folhas de duas palmeiras, Amazônia Central. Livro do curso de campo “Ecologia da Floresta Amazônica” edição 2004, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**. Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIGUEIREDO, P. G; TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.1-4, 2010.

GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. Piracicaba: Fealq, 2002. 920p.

GATIBONI, L. C. et al. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada em sistema plantio direto. **Biotemas**, v. 22, p. 45-53, 2009.

KLADIVKO, E. J. & TIMMENGA, H. J. Earthworms and agricultural management. In: BOX, J. E. & HAMMOND, L. C., eds. Rhizosphere dynamics. Madison, **American Society of Agronomy**, p. 192-216, 1990. (Selected Symposium, 113).

MOÇO, M. K. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil – Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, p.151-187, 1990.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara, 1986. 434p.

ORRICO JUNIOR, M. A. P. et al. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p 1301-1307, 2012.

PANDOLFO, C. M. et al. Análise ambiental do uso de fontes de nutrientes associadas a sistema de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 512-519, 2008.

RESENDE, A. S. et al. Artrópodes do solo durante o processo de decomposição da matéria orgânica. **Agronomía Colombiana**, v. 31, n. 1, p. 89-94, 2013.

ROVEDDER, A. P. M. et al. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1051-1058, 2009.

SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J.; SILVA, F.M. Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal v. 27, n.3, p. 658-, 2007.

SHANNON, E. V.; WEAVER, W. **The Mathematical theory of Communication**. Urbana. Illinois: University of Illinois Press, 1949. 17 p.

SILVA, C. F. da. et al. Fauna edáfica em área periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n.3, p. 587-595, 2013.

SMITH, V. C.; BRADFORD, M. A. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. **Applied Soil Ecology**, v.24, p.197–203, 2003

TERRY, E. et al. Biofertilizantes, uma alternativa promissora para La producción hortícola em organopónicos. *Cultivos Tropicales*, 23:43-46, 2002.

UBALUA, A.O. Cassava wastes: treatment options and value addition alternatives. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 18, p. 2065-2073, Sept. 2007.

VELÁSQUEZ, E. et al. A multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, p. 3066-3080, 2007.

## **4 ARTIGO 2: BIOFERTILIZANTE BOVINO E RESÍDUOS VEGETAIS NA MULTIPLICAÇÃO DE COLÊMBOS**

### **RESUMO**

A fauna edáfica desempenha importante papel como bioindicador da qualidade do solo seja nas variações físicas, químicas e biológicas de ecossistemas. Dentre estes organismos, os colêmbos representam um dos principais grupos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a multiplicação de colêmbos em condições de laboratório submetidos a diferentes resíduos vegetais e doses de biofertilizante bovino. No experimento quantitativo o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos sendo 0 (tratamento testemunha), 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino oriundo de propriedade rural. No experimento qualitativo o delineamento foi inteiramente casualizado com sete tratamentos (testemunha); resíduo de aveia; resíduo de feijão; resíduo de trigo; resíduo de aveia + fermento biológico; resíduo de feijão + fermento biológico e resíduo de trigo + fermento biológico com 4 repetições. A quantidade de resíduos foi de 1,5 t ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos foram mantidos em potes plásticos, em ambiente controlado a 26°C. A avaliação foi realizada após 45 dias da implantação. O solo com a adição de biofertilizante bovino favorece a multiplicação de colêmbos até a dose de 266 L ha<sup>-1</sup>. Resíduos vegetais testados sem o uso de fermento biológico favorecem a multiplicação de colêmbos.

**Palavras-chave:** Adubação orgânica. Fauna edáfica. Fermento biológico.

## BIOFERTILIZER BOVINE AND WASTE PLANT IN SPRINGTAILS MULTIPLICATION

### ABSTRACT

The soil fauna plays an important role as soil quality bioindicator is the physical changes, chemical and biological ecosystems. Among these organisms, springtails are one of the main groups. This work aimed to evaluate the multiplication of springtails in laboratory conditions under different crop residues and doses of bovine biofertilizer. The quantitative experiment the experimental design was completely randomized with five treatments and 0 (control treatment), 150, 300, 450 and 600 L ha<sup>-1</sup> biofertilizer beef come from farm and the qualitative experiment the design was completely randomized with seven treatments (control); oat cover; bean residue; Wheat residue; oat cover + yeast; bean residue + yeast and wheat residue + yeast with 4 repetitions. The amount of waste was 1,5 t ha<sup>-1</sup>. The treatments were kept in plastic pots in a controlled environment at 26 ° C. The evaluation was performed 45 days after implantation. The soil with the addition of bovine biofertilizer favored by multiplying springtails dose of 266 L ha<sup>-1</sup>. Vegetable waste tested without the use of yeast favors the proliferation of Collembola.

**Keywords:** Organic fertilization. Soil fauna. Yeast.

### 4.1 Introdução

Nas propriedades rurais são gerados diversos resíduos, como os dejetos de animais, palhas de culturas e cascas de grãos (INÁCIO; MILLER, 2009) que, na maioria das vezes são aplicados diretamente aos solos agrícolas como fonte de nutrientes para as plantas.

O emprego de fertilizantes orgânicos nos sistemas de cultivos é uma opção para se buscar aumento de produção, melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo (ARAÚJO et al., 2007). O dejetos bovino tem sido relatado como prática eficiente e de baixo custo de fertilização do solo, sendo utilizado como forma alternativa de suplementação de

nutrientes na produção agrícola (SILVA et al., 2012). O fertilizante orgânico é um material com grande poder fertilizante, fornecendo elementos essenciais para o crescimento das plantas, como nitrogênio, fósforo, potássio (UBALUA, 2007).

Os resíduos orgânicos quando adicionados em sistemas de cultivo também podem influenciar a biota do solo, principalmente pelo fornecimento de alimento para os organismos e modificações na temperatura e cobertura do solo (BARETTA et al., 2003). Nos cultivos agrícolas, após uma perturbação do ambiente por adubação, pode ocorrer redução na diversidade da fauna do solo, principalmente dos grupos ácaros e colêmbolos (PALACIOS-VARGAS, 2003). O impacto provocado pelas práticas agrícolas resulta em redução na densidade e na diversidade dos organismos da fauna do solo e nos sistemas cultivados quando comparado ao sistema natural (SILVA et al., 2006). Desta forma, a quantificação da diversidade de invertebrados edáficos como os colêmbolos, é um ponto de partida importante para entender os processos ecológicos de decomposição e ciclagem de nutrientes no solo (CUTZ-POOL et al., 2007).

Os colêmbolos têm um papel importante no controle da população e distribuição de bactérias e fungos edáficos, além de participar nos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica e na formação da estrutura do solo (ZEPPELINI & BELLINI, 2004). Pois, a maioria dos colêmbolos alimentam-se de hifas fúngicas ou matéria vegetal em decomposição (CASTAÑO-MENESES et al., 2004). Além disso, a diversidade de colêmbolos tem sido usada como bioindicador de intervenções antrópicas, bem como da qualidade do solo (CUTZ-POOL et al., 2007).

No Brasil, um total de 199 espécies de colêmbolos são conhecidos, distribuídas em 19 famílias e 80 gêneros (BELLINI & ZEPPELINI, 2005). A maioria das espécies (93,7%) vivem em florestas (ZEPPELINI FILHO & BELLINI, 2004). A presença ou ausência de algumas espécies de colêmbolos nos solos podem estar relacionados com alterações no pH, disponibilidade de determinados íons e água, presença de componentes de pesticidas ou até mesmo cargas de metais pesados presentes em solos contaminados (CHOI & MOORHEAD, 2006). Cutz-Pool et al. (2007) constataram que alterações nos atributos químicos e microbiológicos do solo causam modificações na abundância das famílias de colêmbolos. Os colêmbolos também são susceptíveis as mudanças de ambiente, causadas pela ação humana aos solos (ANTONIOLLI et al., 2013). Com isso, a adição de biofertilizante bovino e resíduo vegetais em solos agrícolas podem alterar suas características e interferir na população de colêmbolos.

A utilização da quantificação da diversidade de invertebrados edáficos como os colêmbolos, é uma característica importante para entender os processos ecológicos de decomposição e ciclagem de nutrientes no solo (CHAUVAT et al., 2003). A restrita utilização desses organismos como bioindicadores da qualidade do solo deve-se ao fato de que a reprodução em laboratório ainda é pouco estudada (GREENSLADE & VAUGHAN, 2003). Reconhecendo a importância dos colêmbolos como parte integrante do ecossistema edáfico e sabendo da necessidade de maiores informações sobre sua reprodução sob adubações orgânicas, o presente trabalho objetivou avaliar a influência de biofertilizante bovino e resíduos vegetais na multiplicação de colêmbolos.

## 4.2 Material e Métodos

O trabalho constou do desenvolvimento de dois experimentos distintos realizados no laboratório de microbiologia e biologia do solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) *campus* de Frederico Westphalen, RS. O solo utilizado para elaboração dos microcosmos foi a camada 0-10 cm de um Latossolo Vermelho, com textura argilosa que vinha sendo cultivado com culturas anuais em sistema de plantio convencional.

Para a coleta das amostras de solo, utilizou-se extrator de 10 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade. Após a coleta, o solo foi peneirado em malha de 2 mm, homogeneizado e seco em estufa a 60°C. Os microcosmos para multiplicação dos colêmbolos foram constituídos de recipientes cilíndricos de polietileno sem coloração, com 16 cm de diâmetro e 8 cm de altura. No seu interior, foram adicionados 600g de solo, ocupando 2 / 3 do recipiente, proporcionando uma saturação dos macroporos, 3 g palha seca moída de trigo, aveia preta ou feijão para o experimento de resíduos vegetais e 3 g de palha seca moída de aveia preta para o experimento destinado as doses de biofertilizante. O solo do microcosmo também foi elevado até a saturação, acima da capacidade de campo (EDWARDS, 1995), para isso, foi necessário 300 mL de água destilada em cada pote. Os potes fechados foram perfurados e inserido um pano de algodão para permitir a entrada de oxigênio e troca de ar com o ambiente e, mantidos com temperatura de  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ , fotoperíodo de 12 horas. Os potes que receberam fermento biológico dos resíduos vegetais e os potes dos tratamentos com biofertilizante bovino e adubação NPK foram alimentados duas vezes por semana com 0,2g de fermento biológico seco marca Mauri<sup>®</sup>.

O experimento com os resíduos orgânicos constou de um delineamento inteiramente casualizados com sete tratamentos, sendo: testemunha (somente solo); 1.5 t ha<sup>-1</sup> de resíduos vegetais de aveia (Av); de feijão (Fe); de trigo (Tr) e, 1.5 t ha<sup>-1</sup> de resíduos vegetais + fermento biológico de aveia (Av + F); de feijão (Fe + F) e de trigo (Tr + F), com quatro repetições. Os resíduos vegetais das culturas foram coletados em área próxima a coleta do solo e encontravam-se no estágio de floração. Após a coleta, foram secos em estufa a 60° C e posteriormente moídos e adicionados aos potes após o solo do seu interior estar saturado e antes da inoculação dos colêmbolos. O resíduo de aveia apresentaram 0,66; 0,33 e 1,91 de NPK e 72 de relação C/N, o feijão 0,25; 0,08 e 0,3 de NPK e 32 de relação C/N e o resíduo de trigo 0,5; 0,15 e 0,6 de NPK e 70 de relação C/N.

O experimento com biofertilizante bovino constou de delineamento inteiramente casualizados com cinco doses de biofertilizante bovino. As doses foram: tratamento testemunha; 0,30 mL (150 L ha<sup>-1</sup>); 0,60 mL (300 L ha<sup>-1</sup>); 0,90 mL (450 L ha<sup>-1</sup>); 1,12 mL (600 L ha<sup>-1</sup>) mais adubação NPK mesmo sem utilização de cultura com 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-24-18 (COMISSÃO... 2004) com quatro repetições. As quantidades de biofertilizante adicionados para cada tratamento foram ajustadas pela área superficial de cada pote que continham também 3 g de palha de aveia moída e o fermento biológico adicionado duas vezes por semana.

O biofertilizante bovino foi adquirido de propriedade rural do mesmo município e foi produzido através de fermentação aeróbica com 15% de dejetos bovinos, 5% de produto comercial Microge e 80 % de água potável, sendo fermentado por 15 dias em ambiente sob luz solar. A análise física e química do biofertilizante revelou as seguintes características: sólidos totais 2095 mg L<sup>-1</sup>; pH 6,75; condutividade 111,7 µS cm<sup>-1</sup>; DQO 320 mg DQO L<sup>-1</sup>; fósforo total 15,1 mg L<sup>-1</sup> e nitrogênio total 3,36 mg L<sup>-1</sup>. Para a aplicação do biofertilizante nos potes, as doses foram diluídas em água destilada possibilitando que todos os tratamentos recebessem 20 ml da solução. Em todos os potes, o solo permaneceu acima da capacidade de campo e, quando necessário, foi adicionada água destilada para manter o solo saturado e não dificultar a sobrevivência dos colêmbolos, conforme Antonioli et al. (2013).

Os colêmbolos utilizados no experimento foram provenientes de composto orgânico em decomposição, mantidos e reproduzidos em condições de laboratório. Os indivíduos foram identificados como pertencentes ao gênero *Isotomidae* (GALLO, 1988). Em cada pote com os respectivos tratamentos após o microcosmo estar formado, foram colocados cinco colêmbolos adultos e, logo em seguida, os potes foram tampados e armazenados. Após 45 dias de incubação, a partir dos resultados obtidos pela contagem dos indivíduos nos pontos de

coleta, estimou-se a densidade populacional por microcosmos. Também foi avaliado o pH em água do solo para verificar seus efeitos na reprodução dos colêmbolos e na variação entre os tratamentos.

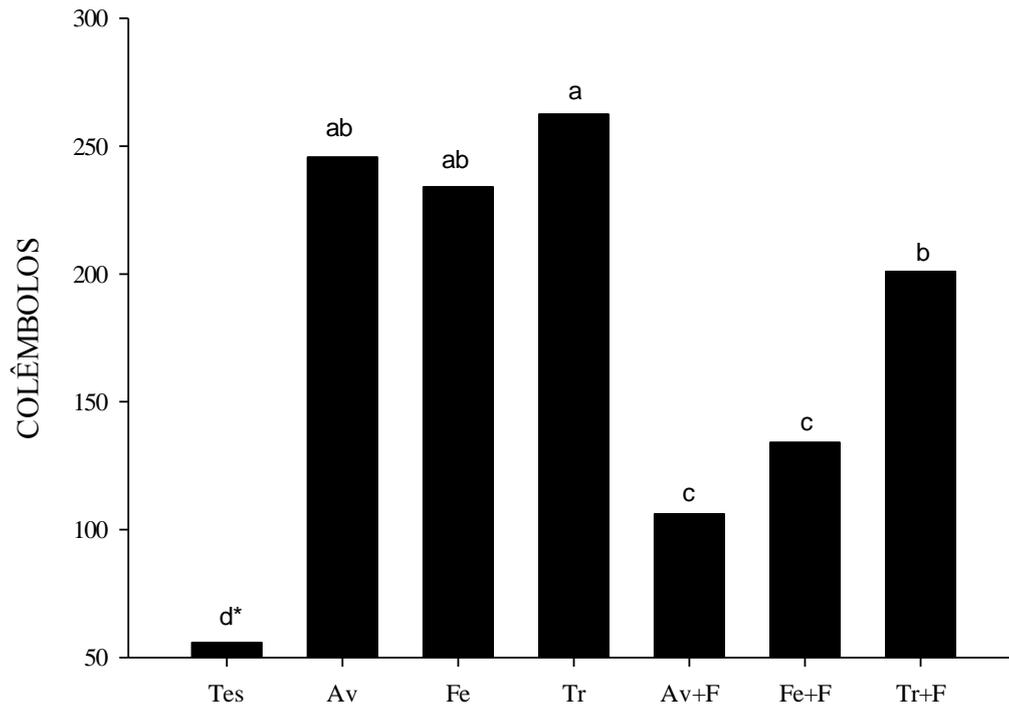
Para a contagem dos organismos, foram realizadas três coletas de 1cm<sup>3</sup> de solo totalizando uma amostra de 3 cm<sup>3</sup> em cada unidade experimental (microcosmos). Para extração dos colêmbolos, o solo, foi colocado em um copo de béquer de 500 mL contendo 5 mL de álcool etílico 70% e completou-se o restante do volume do bequer com água. Em seguida, a solução foi homogeneizada durante 3 min e aguardado 2 min para a solução decantar. Após esse intervalo de decantação, a solução foi vertida em peneira de 8 e 48 mesh quatro vezes. A solução de solo + água obtida do procedimento anterior foi vertida novamente em peneira de 270 mesh. O material das peneiras foi coletado e realizado a separação e contagem em placas de Petri com auxílio de microscópio estereoscópico com aumento de até 60 vezes.

Os dados de contagem estimados foram submetidos à transformação  $(X+0,5)^{0,5}$  e os parâmetros determinados foram submetidos ao teste F. Após, para os efeitos significativos, as médias do experimento qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% significância utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008) e do experimento quantitativo por análise de regressão e teste de Dunnett a 5% significância com o programa SAS (1999).

### **4.3 Resultado e Discussão**

O número de colêmbolos foi maior no resíduo de trigo não diferindo estatisticamente do feijão e aveia preta sem adição de fermento biológico em comparação com os demais tratamentos (Figura 1). Diferença significativa nas médias populacionais de artrópodes, entre os colêmbolos, com a utilização de plantas de cobertura de inverno em comparação ao pousio foram observadas também por Santos et al. (2008). De acordo com Castano-Menezes et al. (2004), a decomposição de material orgânico da planta é o principal recurso alimentar de colêmbolos, seguido por fungos, esporos e, ocasionalmente, outros animais como os ácaros. Cassagne et al. (2003) também observaram que os colêmbolos se alimentam principalmente de fungos. Contudo, neste trabalho, o uso do fermento biológico como fonte alimentar (fungos) aos colêmbolos não contribuiu para sua multiplicação, possivelmente devido a

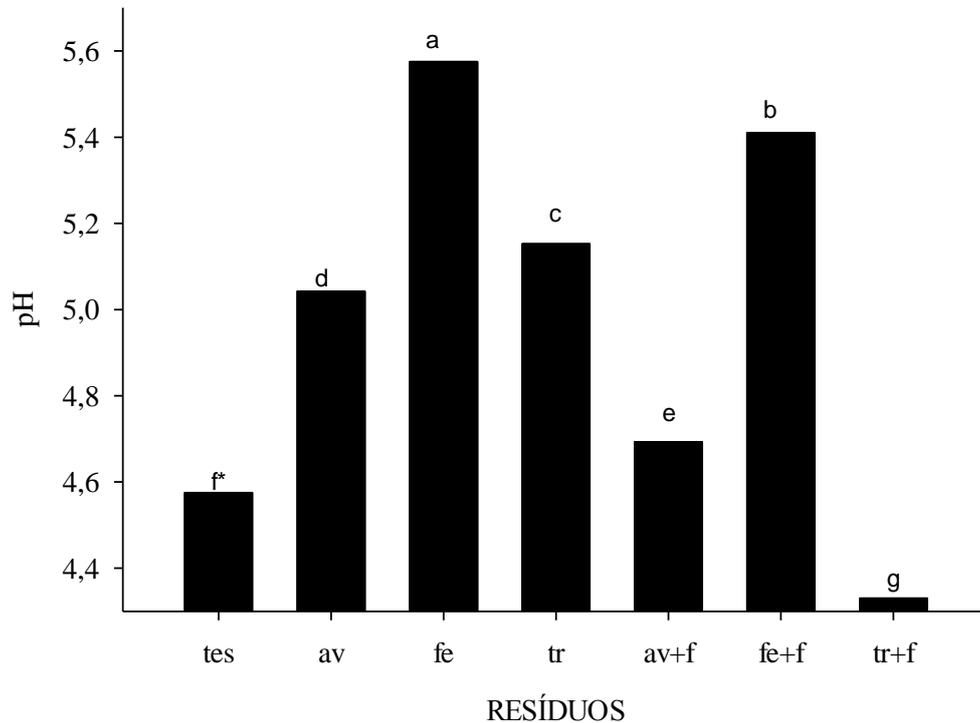
preferência alimentar pelos resíduos vegetais como observado por Castano-Menezes et al. (2004). Assim os fungos oriundos do fermento biológico ficaram como segunda opção de alimentação e neste caso, não contribuíram significativamente para sua multiplicação.



**Figura 1:** Número estimado de colêmbolos por microcosmos coletados nos tratamentos: testemunha (Tes); aveia (Av); feijão (Fe); trigo (Tr); aveia + fermento (Av+F); feijão + fermento (Fe+F); trigo + fermento (Tr+F). Frederico Westphalen, 2014.

\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade de erro.

O tratamento com resíduos de feijão sem adição de fermento biológico apresentou maior valor de pH e, quando se adicionou fermento, observa-se que o mesmo permanece com o pH mais elevado comparado aos demais resíduos (Figura 2). Nascimento et al, (2003), constataram que a redução da acidez do solo por plantas leguminosas pode ser atribuída pelo retorno dos seus resíduos ao solo, favorecendo desta forma, a qualidade do solo e o ambiente para os organismos edáficos. Estes resultados são similares aos encontrados neste trabalho onde o pH mais elevado foi constatado sobre os resíduos vegetais de planta leguminosa.



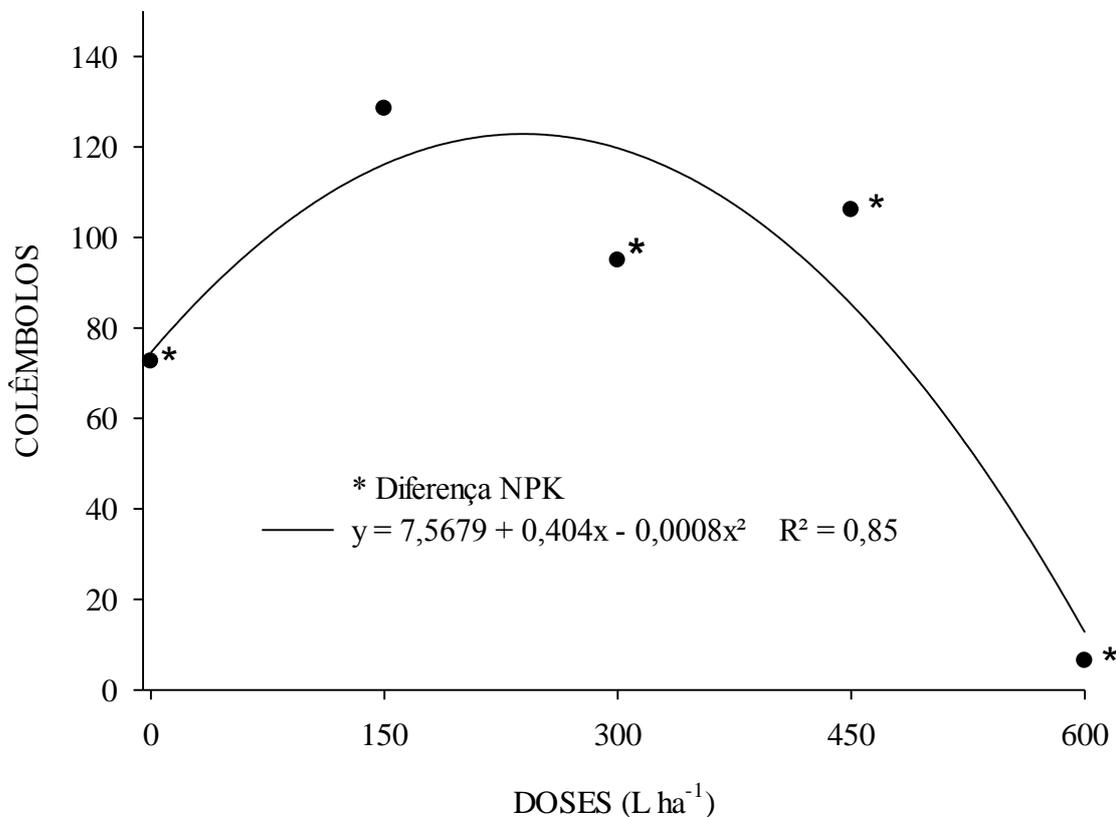
**Figura 2:** pH do solo nos tratamentos: testemunha (T); aveia (Av); feijão (Fe); trigo (Tr); aveia + fermento (Av+F); feijão + fermento (Fe+F); trigo + fermento (Tr+F) Frederico Westphalen, 2014.

\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade de erro.

Não se observou diferença significativa no pH do solo com a adição de biofertilizante. Van Gestel & Mol (2003) constatam que o pH mais elevado do solo pode influenciar positivamente na reprodução dos colêmbolos, pois, o pH participa na sorção dos elementos nos sítios do solo, causando maior ou menor toxicidade. Greenslade & Vaughan (2003), comentam que o pH neutro do solo pode favorecer a reprodução dos colêmbolos, e em seus trabalhos, observaram que as maiores taxas de reprodução foram encontradas a pH 5,4 do solo e as menores com pH mais ácidos. Neste trabalho o pH não foi alterado pelo biofertilizante e isso pode não ter alterado a multiplicação dos colêmbolos.

A reprodução de colêmbolos aumentou até 266 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino e apenas a dose de 150 L ha<sup>-1</sup>, por apresentar valores maiores, não diferiu da adubação NPK pelo teste de Dunnett (Figura 3). Os colêmbolos, representantes da mesofauna do solo, são decompositores primários e secundários, atuando na fragmentação e diminuição de detritos

vegetais, favorecendo a ação de fungos e bactérias no processo de decomposição de resíduos orgânicos no solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Para Greenslade & Vaughan (2003), os colêmbolos são considerados como bioindicadores da qualidade do solo, pois a maioria das espécies tem ciclo de vida curto e estão presentes em densidades altas em vários ecossistemas terrestres. Entretanto, a falta de adaptação dos colêmbolos à nova condição de solo pode influenciar o ciclo de vida desses organismos, pois são susceptíveis as mudanças causadas pela ação humana aos solos (ANTONIOLLI et al., 2013). Neste trabalho, essa falta de adaptação desses organismos com o uso do biofertilizante comparado a adubação NPK é observada com sua ausência ou excesso os quais diferem no teste de Dunnett. Observa-se também que a multiplicação de colêmbolos foi favorecida pelo uso do biofertilizante até determinada dose e que o seu uso em excesso pode ter causado forte alteração no ambiente, prejudicando a multiplicação desses organismos.



**Figura 3:** Número estimado de colêmbolos por microcosmos em função das doses de 0, 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino. Frederico Westphalen, 2014.

\* Diferem da adubação química NPK pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.4 Conclusão

O biofertilizante bovino favorece a multiplicação de colêmbolos em laboratório até 266 L ha<sup>-1</sup>.

Resíduos vegetais testados sem o uso de fermento biológico favorecem a multiplicação de colêmbolos.

#### 4.5 Referências Bibliográficas

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

ARAÚJO E. N. et al. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p. 466-470, 2007.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, v. 2, p. 97-106, 2003.

BELLINI, B. C. & D. ZEPPELINI. First records of Collembola (Ellipura) from the State of Paraíba, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** v. 48, p. 587-588, 2005.

CASSAGNE, N.; C. GERS & GAUQUELIN, T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p.355-361, 2003.

CASTAÑO-MENESES, G.; PALACIOS-VARGAS, J. G.; CUTZ-POOL, L. Q.. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, **Serie Zoología**, v. 75, p. 135-142, 2004.

CHAUVAT, M.; ZAITSEV, A.S.; WOLTERS, V. Successional changes of Collembola and soil microbiota during forest rotation. **Oecologia**, v. 137, p. 269-276, 2003.

CHOI, W. I. & D. L. MOORHEAD. A modeling study of soil temperature and moisture effects on population dynamics of *Paronychiurus kimi* (Collembola: Onychiuridae). **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, p. 69-75. 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004, 400p. 10 ed.

CUTZ-POOL, L. Q. et al. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, México. **Applied Soil Ecology**, v. 36, p. 46-52, 2007.

EDWARDS, C.A. Simple techniques for rearing Collembola, Symphyla and other small soil inhabiting arthropods. **Soil Zoology**, p. 412- 416, 1995.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**. Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

GALLO, D. **Manual de entomologia agrícola**. 2.ed. São Paulo: Agronômica CERES, 1988. 645p.

GREENSLADE, P., VAUGHAN, G. T. A comparison of Collembola species for toxicity testing of Australian soils. **Pedobiologia**, v. 47, p. 171-179, 2003.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156p.

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

NASCIMENTO, J. T. et al. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.457-462, 2003.

PALACIOS-VARGAS, J. G. Los microartrópodos (Collembola) de la selva tropical húmeda. *In* Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México, J. ÁLVAREZ-SÁNCHEZ Y E. NARANJO-GARCÍA (eds.). **Instituto de Ecología**, Xalapa, Veracruz/. Instituto de Biología, UNAM/Facultad de Ciencias, UNAM, México, p. 217–225, 2003.

SANTOS, G. G. et al. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.

SAS INSTITUTE - Statistical Analysis System. SAS/STAT User's Guide 8.0. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.

SILVA, J. A. et al. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.253-257, 2012.

SILVA, R. F. et al. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 679-704, 2006.

UBALUA, A. O. Cassava wastes: treatment options and value addition alternatives. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 18, p. 2065-2073, 2007.

VAN GESTEL, C.A.M.; MOL, S. The influence of soil characteristics on cadmium toxicity for *Folsomia candida* (Collembola: Isotomidae). **Pedobiologia**, v.47, p.387-395, 2003.

ZEPPELINI, D.F. & BELLINI, B.C. **Introdução ao estudo dos Collembola**. Editora da UFPB, João Pessoa. 1 ed. 2004. 82 p.

## **5 ARTIGO 3. ALTERAÇÕES NA ATIVIDADE BIOLÓGICA DE UM LATOSSOLO COM USO DE BIOFERTILIZANTE BOVINO**

### **RESUMO**

A adição de biofertilizante ao solo pode exercer efeito nos atributos microbiológicos do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar alterações microbiológicas em solo submetido a diferentes doses de biofertilizante bovino. O trabalho foi conduzido no *campus* de Frederico Westphalen, RS da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em um Latossolo Vermelho. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com cinco doses de biofertilizantes bovino (0 (zero), 150, 300, 450, 600 L ha<sup>-1</sup>) e quatro repetições. O biofertilizante foi produzido através de fermentação aeróbica. Após duas aplicações durante doze meses de condução do experimento, avaliou-se o C-biomassa microbiana, N-biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico e quociente microbiano do solo na profundidade de 0,0 - 0,10 m, e a atividade dos organismos com uso de lâmina bait na profundidade de 0,0 – 0,08 m. Os dados foram avaliados por meio de análise de variância e correlação canônica. A atividade dos organismos do solo é maior na superfície e na dose estimada de 298 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino e o quociente microbiano reduz até a dose de 449 L ha<sup>-1</sup> e a respiração basal do solo diminui linearmente com o uso de biofertilizante bovino.

**Palavras-chave:** Adubação biológica. Microrganismos. Biomassa microbiana.

## CHANGES BIOLOGICAL IN ACTIVITY IN LATOSOL WITH USE BIOFERTILIZER BOVINE

### ABSTRACT

The addition of bio-fertilizer to the soil can have an effect on microbiological soil attributes. The objective of this study was to evaluate microbiological changes in soil under different doses of bovine biofertilizer. The work was conducted on the campus of Frederico Westphalen, RS, Federal University of Santa Maria (UFSM) in Oxisol. The experimental design was a randomized block design with five doses of cattle biofertilizers (0 (zero), 150, 300, 450, 600 L ha<sup>-1</sup>) and 4 repetitions. The biofertilizer was produced by aerobic fermentation. After two applications for twelve months of conducting the experiment, evaluated the microbial C-biomass microbial N-biomass, basal respiration, metabolic quotient and microbial soil quotient in depth from 0.0 to 0.10 m, and the activity organizations with use of bait blade in depth from 0.0 to 0.08 m. Data were evaluated by analysis of variance and canonical correlation. The activity of soil organisms is greater on the surface and the estimated dose of 298 L ha<sup>-1</sup> bovine biofertilizer and microbial quotient reduces to a dose of 449 L ha<sup>-1</sup> and the basal soil respiration reduces linearly with the use of bovine biofertilizer.

**Keywords:** Organic fertilization. Microorganisms. Microbial biomass.

### 5.1 Introdução

Tem aumentado na comunidade científica o interesse por indicadores do funcionamento do sistema solo, baseados na atividade microbiana, que sozinhos ou em conjunto com outros indicadores convencionais, podem ajudar a orientar os produtores a manejarem seus solos de forma mais produtiva e sustentável (ARAGÃO et al., 2012). Hungria et al. (2009), em estudos sobre a atividade microbiana em solos com diferentes tipos de manejo, observaram que o aumento da atividade microbiana esteve intimamente ligado à deposição de material orgânico. A aplicação de fertilizante orgânico pode aumentar o

acúmulo de carbono orgânico total principalmente nas camadas superiores do solo (LOURENZI et al., 2011). A quantidade desse aumento está associada principalmente com a composição, a frequência, e a quantidade do fertilizante orgânico (GUARDINI et al., 2012).

A biomassa microbiana é o principal componente da matéria orgânica viva do solo e, junto ao carbono orgânico, vem sendo utilizada como indicador de alterações e de qualidade do solo. Esse uso deve-se, principalmente, à sua relação com as funções ecológicas do ambiente, bem como à capacidade que ela apresenta de refletir as mudanças no uso do solo (ARAÚJO & MELO, 2010). A ligação entre atividade microbiana e acúmulo de material orgânico foi estudada por Carvalho et al. (2008), os quais concluíram que a atividade microbiana foi maior onde houve maior acúmulo de material orgânico.

A biomassa microbiana é responsável pela decomposição e mineralização de resíduos vegetais e orgânicos, e utiliza esses materiais como fonte de energia e nutrientes para sua manutenção e multiplicação (GAMA-RODRIGUES & GAMA-RODRIGUES, 2008). A sua quantificação permite avaliar alterações na quantidade de matéria orgânica causadas pelo sistema de cultivo (MERCANTE et al., 2008), o que permite determinar possíveis mudanças na ciclagem de nutrientes e produtividade do sistema (TÓTOLA & CHAER, 2002). A biomassa microbiana compreende cerca de 2-5% de matéria orgânica total, mas que representa um importante reservatório de nutrientes (MILTNER et al, 2011). Esses nutrientes são libertados a partir de células microbianas cinco vezes mais rápido do que a partir da decomposição do resíduo vegetal (PAUL & CLARK, 1996). Desta forma, a biomassa microbiana é um componente fundamental da ciclagem de nutrientes em ecossistemas agrícolas (BALOTA et al., 2012).

Um dos indicadores mais utilizados para avaliar a atividade da microbiota do solo é a respiração basal, que representa o CO<sub>2</sub> produzido pela biomassa microbiana durante os processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica adicionada ao solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Respiração basal é um parâmetro utilizado para quantificar a atividade microbiana e, indiretamente, a qualidade do solo (SILVA et al., 2014). A avaliação combinada de biomassa microbiana e respiração do solo fornece a quantidade de dióxido de carbono desenvolvido por unidade de biomassa, denominada quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) (BOECHAT et al., 2012), e são fundamentais para entender melhor o solo submetido à adição de biofertilizantes orgânicos.

O uso de lamina bait é outra ferramenta para entender melhor o comportamento dos organismos do solo em profundidade. O ensaio da lamina bait apresenta muitas

potencialidades de uso no Brasil. Acessar o status da atividade dos invertebrados de solo, o qual é um indicativo das taxas de decomposição da matéria orgânica, em ambientes manejados pelo homem é cada vez mais desejável visto a crescente demanda pelo uso sustentável da terra (PODGAISKI et al., 2011). Em razão da importância dos atributos biológicos para os processos que ocorrem no solo, verifica-se que estudos a respeito da quantidade e atividade da biomassa microbiana podem fornecer subsídios para o melhor uso do solo (D'ANDRÉA et al., 2002). Por serem sensíveis às mudanças que ocorrem no solo, os microrganismos são importantes indicadores na avaliação das alterações resultantes de diferentes práticas agrícolas (HUNGRIA et al., 2009). Assim, a avaliação da biomassa e respiração microbiana apresenta-se como um importante subsídio para melhor entender a dinâmica dos processos de transformação dos resíduos orgânicos no solo (SEGATTO et al., 2012). O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações microbiológicas em solo submetido a diferentes doses de biofertilizante bovino.

## 5.2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado em área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen, Região Norte do Estado do Rio Grande do Sul. O clima é subtropical do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluvial anual variando de 1900 a 2200 mm e temperatura média anual em torno 18 °C (ALVARES et al., 2013). O solo do local do experimento foi caracterizado como um Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2013) cuja análise química e física revelou pH em água de 4,6; índice SMP de 5,1; 7,2 mg dm<sup>-3</sup> de P; 136 mg dm<sup>-3</sup> de K; 2,1 cmolc dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup>, 2,1 cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 1,2 cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg; 8 cmolc dm<sup>-3</sup> de H+Al<sup>3+</sup>; 11,6 cmolc dm<sup>-3</sup> de CTC efetiva; saturação de Al de 36,5%; saturação por bases (V) de 31,3%; 750 g kg<sup>-1</sup> de argila e 27 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica.

O experimento constou da utilização de diferentes doses de biofertilizante bovino aplicados ao solo no período de um ano, iniciando em 05/2013 e término em 04/2013. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com cinco doses de biofertilizantes (zero (parcela controle sem biofertilizante), 150, 300, 450, 600 L ha<sup>-1</sup> mais adubação NPK com 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-24-18 (COMISSÃO... 2004) sob a cultura da aveia preta e milho em parcelas de 16m<sup>2</sup> e quatro repetições). Depois de decorrido um ano do experimento, em

06/06/2014 procedeu-se a coleta do solo e a avaliação dos atributos microbiológicos do solo, na camada superficial, compreendendo a profundidade de 0,0 - 0,10 m.

O biofertilizante bovino foi adquirido de uma propriedade rural do mesmo município e foram produzidos através de fermentação aeróbica com 15% de dejetos bovinos, 5% de produto comercial Microgeo e 80 % de água potável e fermentada por 30 dias em ambiente ensolarado. Após a calda foi filtrada em malha de 2 mm e utilizou-se uma proveta para facilitar a aferição do volume aplicado ao solo e um borrifador manual para melhorar a homogeneização da distribuição nas parcelas. A análise física e química do biofertilizante revelou as seguintes características: sólidos totais  $2095 \text{ mg L}^{-1}$ ; pH 6,75; condutividade  $111,7 \mu\text{S cm}^{-1}$ ; DQO  $320 \text{ mg DQO L}^{-1}$ ; fósforo total  $15,1 \text{ mg P L}^{-1}$  e nitrogênio total  $3,36 \text{ mg N L}^{-1}$ . Foram realizadas duas aplicações de biofertilizante bovino na área experimental sendo a primeira no cultivo da aveia preta (estádio V3) no inverno (12/06/2013), e a segunda na cultura do milho no verão (estádio vegetativo V4) (05/12/2013).

As amostras para análise microbiológica foram retiradas por ocasião da coleta do solo e imediatamente acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo. No laboratório as amostras de solo foram peneiradas em malha de 10 mesh mm para retirada de fragmentos de raízes e restos vegetais. Na sequência, foram determinados os teores de carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C), nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-N) e estimadas as taxas de respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo ( $q\text{CO}_2$ ), utilizando as metodologias descritas respectivamente em Silva et al. (2007b; c; a). A respiração basal (RBS) foi determinada durante 10 dias de incubação (Silva et al., 2007a); o quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) foi calculado pela razão entre o  $\text{C-CO}_2$  da respiração basal e o C da biomassa microbiana das amostras foi determinado, conforme Silva et al. 2007a. O quociente microbiano ( $q\text{Mic}$ ) foi calculado pela razão entre o C da biomassa microbiana e o carbono orgânico total. O carbono orgânico foi determinado pelo método Claessen (1997).

A avaliação biológica em profundidade foi realizada pelo método de lâminas bait proposta por Törne (1990). As lâminas bait consistem em um conjunto de varetas (lâminas) de plástico com 120 mm de comprimento, 6 mm de largura e 1 mm de espessura, com 16 orifícios de 2 mm de diâmetro, espaçados 5 mm entre si (PODGAISKI et al., 2011). Utilizou-se como substrato uma mistura homogênea de palha de aveia moída oriunda da mesma área de implantação (70%), farinha de trigo (27%) e carvão ativado (3%) (RÖMBKE et al. 2006). Os orifícios das lâminas bait foram preenchidos com este substrato manualmente. Após secagem em temperatura ambiente, o procedimento foi repetido, objetivando evitar a interpretação errônea dos resultados através do falso consumo, já que a substância tende a

reduzir seu volume dentro dos orifícios das lâminas bait (PODGAISKI et al.; 2011). Colocou-se 20 lâminas bait em cada parcela. As lâminas bait permaneceram no campo durante o tempo necessário para que 60% do substrato das lâminas bait estivessem consumidas, que neste trabalho representou 50 dias. As mesmas foram coletadas cuidadosamente e armazenadas em saco plástico hermeticamente fechado para evitar contaminação e em laboratório foram avaliadas. As amostras foram avaliadas em não consumida (0%), parcialmente (50%) e totalmente consumida (100%) com auxílio de uma lâmpada e uma lupa.

Os resultados foram avaliados por meio da análise de variância, sendo realizada a comparação de médias e regressão pelo teste de Tukey a 5 % de significância, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). A comparação com a adubação NPK foi realizada pelo teste de Dunnett a 5% significância com o programa SAS (1999).

### **5.3 Resultados e Discussão**

As doses de biofertilizantes testadas proporcionaram uma aumento do nitrogênio da biomassa microbiana na dose de 300 L ha<sup>-1</sup>, entretanto, não apresentou diferença significativa (BMS-N) (Tabela 1). A biomassa microbiana é responsável pela decomposição e mineralização de resíduos vegetais e orgânicos, e utiliza esses materiais como fonte de energia e nutrientes para sua manutenção e multiplicação (GAMA-RODRIGUES & GAMA-RODRIGUES, 2008).

O nitrogênio da biomassa microbiana indica o potencial de reserva do nutriente e quanto maior o compartimento desse elemento na biomassa microbiana, menores serão as perdas do N no sistema, e maior a fração lábil da matéria orgânica prontamente disponível no solo e potencialmente utilizada para as plantas (SOUZA 2005). Contudo, as diferentes doses de biofertilizante bovino aplicadas no solo neste trabalho não alteraram significativamente o nitrogênio na biomassa microbiana.

**Tabela 1:** Nitrogênio da biomassa microbiana (BMS\_N) ( $\text{mg gk}^{-1}$ ), carbono da biomassa microbiana (BMS\_C) ( $\text{mg C microbiano kg}^{-1}$ ), respiração basal do solo (RBS) ( $\text{mg kg}^{-1}$  de C- $\text{CO}_2$ ), Quociente metabólico ( $\text{qCO}_2$ ) ( $\text{mg C-CO}_2^{-1}\text{g BMS-C h}^{-1}$ ) e quociente microbiano (qMic) (%) nas doses de 0, 150, 300, 450 e 600  $\text{L ha}^{-1}$  de biofertilizante bovino. UFSM, Frederico Westphalen, 2014.

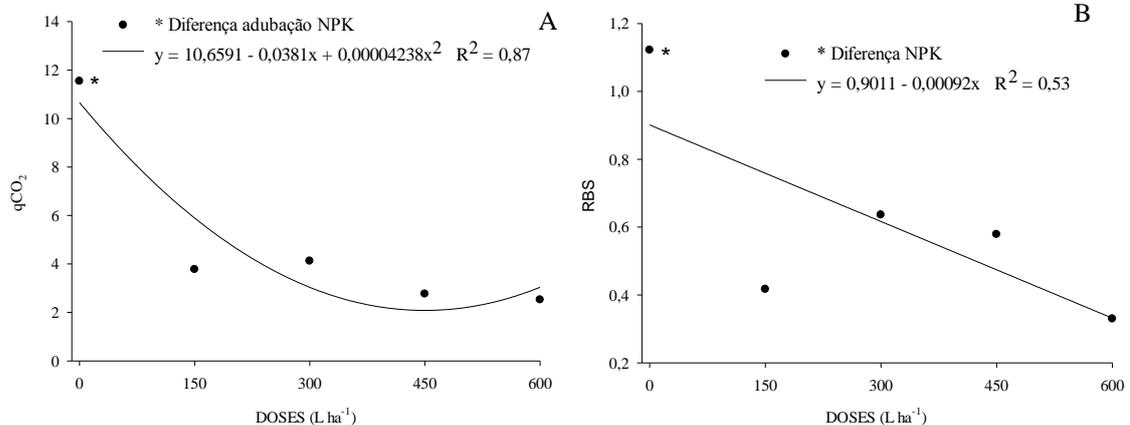
Doses	BMS_N	BMS_C	RBS	qCO <sub>2</sub>	qMic
0	32,15 <sup>Ns</sup>	139,430	1,121	11,54	1,72
150	33,94	94,740	0,417	3,78	0,83
300	58,60	310,483	0,636	4,12	2,27
450	33,73	250,720	0,578	2,76	2,67
600	53,21	369,544	0,329	2,52	2,98
NPK	44,99	281,65	0,608	2,25	1,80
CV	18,99	24,51	9,33	26,08	29,78
Teste F	1,44	3,04	6,02*	6,14*	0,87
Dunnett	1,56	2,89	5,13*	6,61*	1,0

<sup>Ns</sup> não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) para as doses de biofertilizante bovino e tratamento NPK. \* $p \leq 0,05$  pelo teste de F e Dunnett.

As doses de biofertilizantes testadas não possibilitaram diferença significativa para o carbono da biomassa microbiana (BMS-C) (Tabela 1). De acordo com Mercante et al., (2008) o teor de carbono da biomassa microbiana pode ser utilizado como indicador de qualidade, com sensibilidade para detectar modificações no solo, antes mesmo que os teores de matéria orgânica sejam alterados significativamente. A adição de microrganismos via resíduos contribui para o aumento do carbono da biomassa do solo (SAKAMOTO & OBA, 1994), contudo, mesmo com elevadas doses de biofertilizante ( $600 \text{ L ha}^{-1}$ ), o BMS-C não apresentou diferença significativa neste trabalho.

O quociente metabólico do solo ( $\text{qCO}_2$ ) foi significativamente maior sem a aplicação de biofertilizante bovino diminuindo até a dose de  $449 \text{ L ha}^{-1}$  e apenas a dose zero com valores maiores que a adubação NPK diferiu pelo teste de Dunnett (Figura 1A). O  $\text{qCO}_2$  indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono disponível para biossíntese, sendo indicador sensível para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (SAVIOZZI, 2002). Maiores valores de  $\text{qCO}_2$  indicam maiores perdas de carbono no sistema na forma de  $\text{CO}_2$  por unidade de carbono microbiano (MELLONI et al., 2008). De acordo

com esse resultado, a aplicação de biofertilizante favorece a permanência do carbono no solo, minimizando um dos problemas ambientais que é a emissão deste gás para a atmosfera.

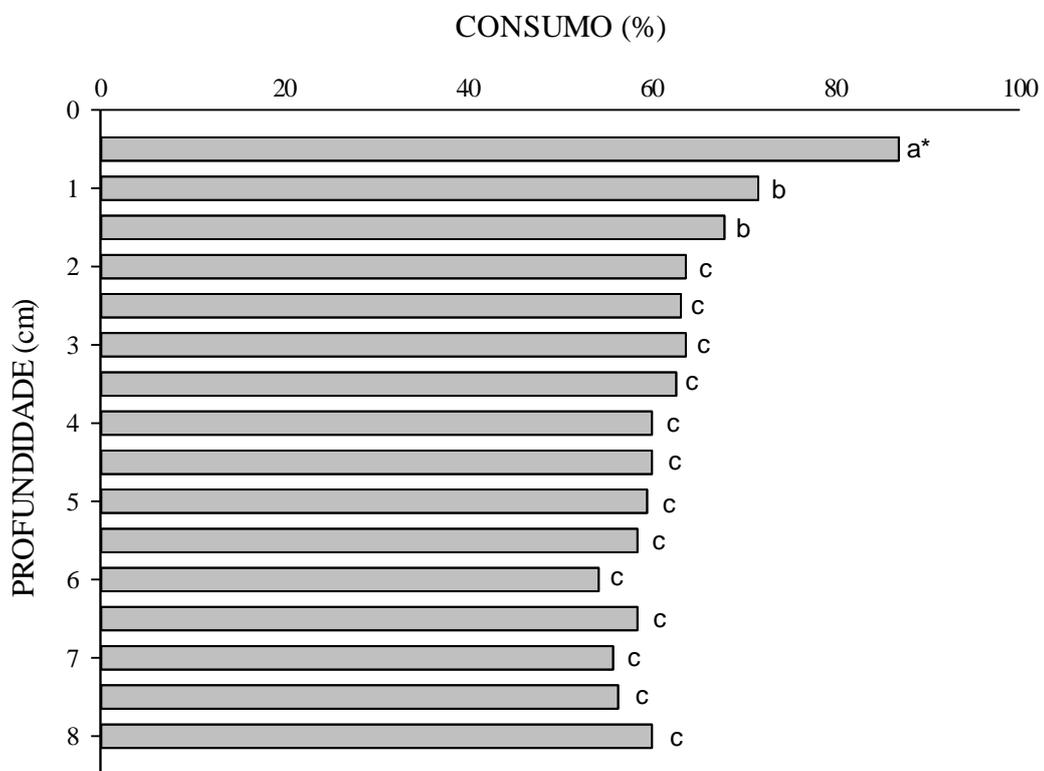


**Figura 1:** Quociente metabólico ( $qCO_2$ ) ( $mg\ C-CO_2^{-1}g\ BMS-C\ h^{-1}$ ) (A) e respiração basal do solo (RBS) ( $mg\ kg^{-1}\ de\ C-CO_2$ ) (B) submetidos a doses de 0, 150, 300, 450, e 600  $L\ ha^{-1}$  de biofertilizante bovino. UFSM, Frederico Westphalen, 2014.

A respiração basal do solo (RBS) diminuiu linearmente com a aplicação de biofertilizante bovino e também apenas a dose zero apresentou valores maiores que a adubação NPK diferindo pelo teste de Dunnett (Figura 1B). Segundo Gama-Rodrigues & Gama-Rodrigues (2008), quanto menor a taxa de respiração, mais eficiente será a microbiota na incorporação de carbono à biomassa. Carvalho et al. (2008), avaliando a atividade microbiana de solo e a de serapilheira de espécies de *Pinus*, afirmaram que o aumento nas taxas de respiração basal relaciona-se, em curto prazo, com maior disponibilidade de nutrientes para as plantas e, em longo prazo, com a perda de carbono orgânico para a atmosfera. No entanto, estes mesmos autores alertam que a interpretação dos resultados da atividade biológica deve ser feita com critério, pois, elevados valores de respiração nem sempre indicam condições desejáveis. Neste trabalho o biofertilizante favoreceu a diminuição da respiração basal do solo permitindo assim, que os microrganismos do solo tenham mais eficiência na incorporação de carbono a biomassa.

A atividade dos organismos medida pelo ensaio da lamina bait não apresentou interação significativa entre as doses e a profundidade. Analisando os efeitos isolados na camada de 0 – 8 cm do solo, percebe-se que nos 0,5 cm iniciais houve maior consumo do

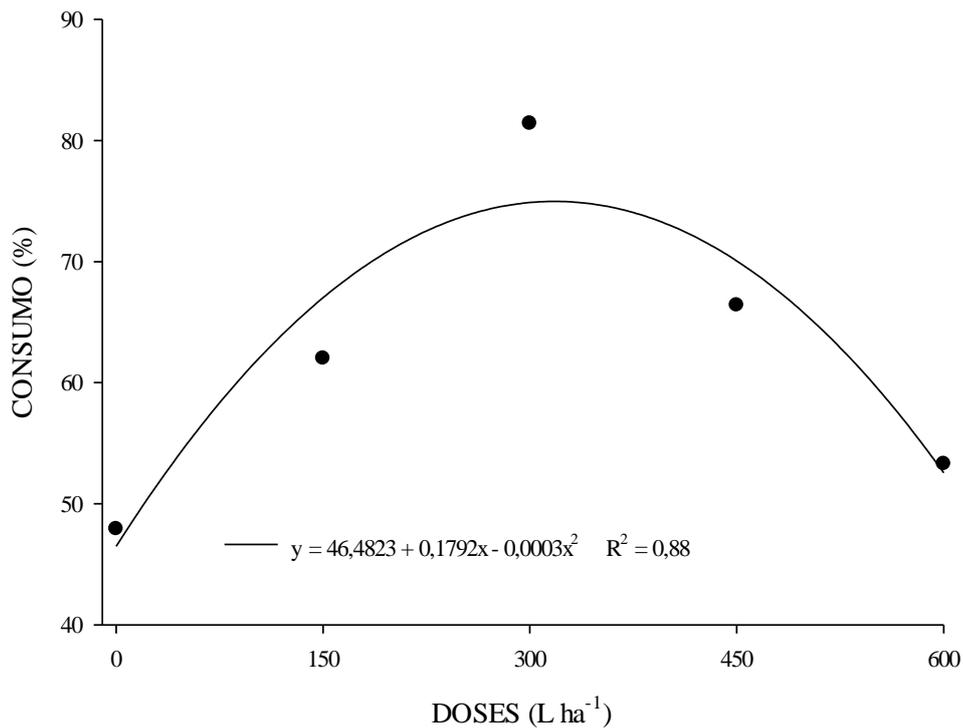
substrato em comparação as demais profundidades (Figura 2). Hättenschwiller et al. (2005) realizando trabalho com lâmina bait visualizaram diversos organismos que, segundo eles, desempenham importante papel no processo de decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes como fungos, ácaros oribatídeos, nematódeos e anelídeos. Hamel et al. (2007) verificaram consumo alimentar gradual decrescente com a profundidade do solo, contudo, destacam também que em outros trabalhos esta estratificação é dependente do perfil do solo, condições climáticas e de suas comunidades bióticas (GONGALSKY et al., 2004). Os resultados deste trabalho corroboram com os encontrados por Hamel com redução do consumo em profundidade.



**Figura 2:** Consumo dos organismos nas profundidades de 0 – 8 cm em área com biofertilizante bovino ao fim de 50 dias de exposição no solo usando lâminas bait. UFSM, Frederico Westphalen, 2014.

\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade de erro.

Analisando as doses de biofertilizante, observa-se um aumento no consumo das lâminas bait até a dose estimada de 298 L ha<sup>-1</sup> (Figura 3). Podgaiski et al. (2011) estudando ecossistemas campestres no sul do Brasil, demonstraram que o ensaio da lamina bait mostrou-se eficiente em avaliar a atividade alimentar dos organismos do solo. Figueiredo et al. (2012) observam que com a adição ao solo de um material rico em carbono orgânico, como a adubação orgânica, parte deste é utilizada pelos microrganismos como fonte de energia, o que promove aumento na atividade microbiológica. Neste trabalho, a adição do biofertilizante pode ter contribuído com a atividade dos microrganismos e conseqüente consumo do substrato presente nas lâminas bait. Contudo, o excesso desta adubação orgânica não demonstra o mesmo benefício.



**Figura 3:** Consumo dos organismos nas doses de 0, 150, 300, 450, e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino ao fim de 50 dias de exposição no solo usando lâminas bait. UFSM, Frederico Westphalen, 2014.

## 5.4 Conclusão

A atividade dos organismos do solo é maior na superfície e na dose estimada de 298 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino.

O quociente microbiano reduz até a dose de 449 L ha<sup>-1</sup> e a respiração basal do solo diminui linearmente com o uso de biofertilizante bovino.

## 5.5 Referências Bibliográficas

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologisches Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ARAGAO, D V de. et al. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 11-18, 2012.

ARAÚJO, A. S. F.; MELO, W. J. Soil microbial biomass in organic farming system. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2419-2426, 2010.

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

BOECHAT, C. L. et al. Industrial and urban organic wastes increase soil microbial activity and biomass. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1629-1636, 2012.

CARVALHO, A. M. X. et al. Atividade microbiana de solo e serapilheira em áreas povoadas com *Pinus elliottii* e *Terminalia ivorensis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2709-2716, 2008.

CLAESSEN, M.E.C. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS). Documentos, 1.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004, 400p. 10 ed.

D'ANDRÉA, A.F. et al. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 179-186, 2004.

FERNANDES, A. P; BETTIOL, W.; CERRI, C. C. Efeito do lodo de esgoto na biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico e atividade enzimática do solo. **Aplicado Ecologia do solo**, v. 30 n. 1, p. 65-77, 2005.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, C. C. de. et al. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 175-179, 2012.

GAMA-RODRIGUES, R. E.; GAMA-RODRIGUES, C. A. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.159-182.

GONGALSKY, K. B. et al. Stratification and dynamics of bait-lamina perforation in three forest soils along a north–south gradient in Russia. **Applied Soil Ecology**, v. 25, p. 111–122, 2004.

GUARDINI, R. et al. Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 93, p. 215-225, 2012.

HAMEL, C. et al. Evaluation of the “bait-lamina test” to assess soil microfauna feeding activity in mixed grassland. **Applied soil ecology**, v. 36 p. 199–204, 2007.

HÄTTENSCHWILER, S.; TIUNOV, A. V.; SCHEU, A. S. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. Annual Review of Ecology, **Evolution, and Systematics**, v.36, p. 191–218, 2005.

HUNGRIA, M. et al. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v. 42, p. 288-296, 2009.

LOURENZI, C. R. et al. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1827-1836, 2011.

MELLONI, R. et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2461-2470, 2008.

MERCANTE, F. M. et al. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 30, n. 4, p. 479-485, 2008.

MILTNER, A. et al. Som genesis: Microbial biomass as a significant source. **Biogeochemistry**, v. 22, p. 139-143, 2011.

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

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover. In: **Soil microbiology and biochemistry**. 2nd ed. San Diego: Academic, p. 158-179, 1996.

PODGAISKI, L. R.; SILVEIRA, F. S.; MENDONÇA, M. S. Jr. Avaliação da Atividade Alimentar dos Invertebrados de Solo em Campos do Sul do Brasil – Bait-Lamina Test. **Entomo Brasilis**, n. 4, v. 3 p. 108-113, 2011.

RÖMBKE, J. H., HOFER, M. V. B. & GARCIA C. Feeding activities of soil organisms at four different forest sites in Central Amazonia using the bait-lamina method. **Journal of Tropical Ecology**, n. 22, p. 313–320, 2006.

SANTOS, H. G. dos. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SAKAMOTO, K., OBA, Y. Effect of fungal to bacterial biomass ratio on the relationship between CO<sub>2</sub> evolution and total soil microbial biomass. **Biology and Fertility of Soils**, v. 17, p. 39-44, 1994.

SAS INSTITUTE - **Statistical Analysis System**. SAS/STAT User's Guide 8.0. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.

SAVIOZZI, A. et al. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. **Biology & Fertility of Soils**, v. 35, p. 96-101, 2002.

SEGATTO, M. P. et al. Decomposição de resíduos industriais no solo. **Ciência e Natura**, v.34, n.1, p. 49-62, 2012.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>)**. Seropédica, Embrapa Agrobiologia. 4p. 2007a. (Comunicado técnico, 99)

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do solo (BMS-C)**. Seropédica, Embrapa Agrobiologia. 6p. 2007b. (Comunicado técnico, 98)

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do Nitrogênio da Biomassa Microbiana do solo (BMS-N)**. Seropédica, Embrapa Agrobiologia. 6p. 2007c. (Comunicado técnico, 96).

SILVA, I. F.; ARAUJO NETO, S. E. de; KUSDRA, J. F. Biological activity of soils under systems of organic farming, agroforestry and pasture in the Amazon. **Revista Ciência Agrônômica**, v.45, n.3, p. 427-432, 2014.

SOUZA, I. M. Z. De. **Carbono e Nitrogênio da Biomassa do solo em áreas reflorestadas comparadas ao Campo e Mata Nativa no Planalto dos Campos Gerais**. 2005. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina. 2005. 50 p.

TÖRNE, E. Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests. **Pedobiologia**, v. 34, p. 89-101, 1990.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos biológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.2, p.199-275, 2002.

## **6 ARTIGO 4. PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE BIOFERTILIZANTE BOVINO**

### **RESUMO**

O uso de biofertilizante é uma alternativa de adubação orgânica nos solos agrícolas. Essa forma de fertilização pode promover alterações na estrutura e arranjo das partículas do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas de um Latossolo submetido a diferentes doses de biofertilizante bovino. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco doses (0 (controle sem biofertilizante), 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino e um com adubação química). O biofertilizante bovino foi produzido através de fermentação aeróbica com 15% de dejetos bovinos, 5% de produto comercial Microgeo<sup>®</sup> e 80 % de água potável e fermentada por 30 dias em ambiente ensolarado. Avaliou-se o diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado, distribuição dos agregados, resistência à penetração, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade. A aplicação de biofertilizante bovino apenas possibilitou indícios de aumento da macroporosidade e diminuição da microporosidade quando utilizadas doses de até 268 e 293 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, necessitando-se de mais estudos para confirmação destes resultados.

**Palavras chave:** Agregados. Densidade. Adubação orgânica.

## **PROPERTIES PHYSICAL OF OXISOL SUBMITTED TO DIFFERENT DOSES OF BOVINE BIOFERTILIZER**

### **ABSTRACT**

The use of biofertilizers is an alternative organic fertilizer on farmland. This form of fertilization can promote changes in the structure and arrangement of soil particles. The objective of this study was to evaluate the physical properties of an Oxisol under different doses of bovine biofertilizer. The experimental design was a randomized block with five fertilization (0 (no biofertilizer control), 150, 300, 450 and 600 L ha<sup>-1</sup> biofertilizer bovine and chemical fertilization). Bovine biofertilizer was produced by aerobic fermentation with 15% bovine manure, 5% Microgeo® commercial product and 80% fresh and fermented for 30 days at room sunny water. Evaluated the geometric mean diameter, mean weight diameter of the aggregate, penetration resistance bulk density, total porosity, macroporosity and microporosity . The application of bovine biofertilizer only enabled the rise of evidence macroporosity and microporosity decreased when used doses up to 268 and 293 L ha<sup>-1</sup>, respectively, necessitating further studies to confirm these results.

**Keywords:** Aggregates. Density. Organic fertilization.

### **6.1 Introdução**

A estrutura do solo e sua funcionalidade dependem dos seus constituintes, de seu arranjo e estabilidade, o que repercute nas trocas de fluídos e na atividade biológica (ARRUDA et al., 2010). A avaliação da qualidade estrutural dos solos agrícolas submetidos a manejos diferenciados tem sido realizada por meio de atributos como densidade, porosidade (NEVES et al., 2006), distribuição de tamanho de agregados estáveis em água e diâmetro médio ponderado dos agregados (SALTON et al., 2008). A resistência à penetração (RP) das raízes tem sido frequentemente utilizada para avaliar a qualidade física do solo por ser

sensível às modificações impostas pelo manejo e ter relações diretas com o crescimento radicular (FREDDI et al., 2007).

A aplicação de dejetos de animais pode alterar a condição estrutural do solo, evidenciado por modificações na quantidade, continuidade e tamanho dos poros do solo (RIBEIRO et al., 2007). Essas alterações variam conforme o solo e atuam conjuntamente com atributos biológicos e químicos na determinação dos impactos dos dejetos no ambiente (SEGANFREDO, 2007). A utilização de dejetos orgânicos pode incrementar o teor de carbono orgânico (MILLER et al., 2002), promover a agregação das partículas (BARBOSA et al., 2004), reduzir a sua densidade e ampliar a porosidade (AGBEDE, 2010). A agregação é considerada principal atributo físico do solo afetado pelo uso de dejetos orgânicos, alterando indiretamente outros atributos como a densidade, porosidade, aeração, a capacidade de retenção e a infiltração de água (BRANCALIÃO & MORAIS, 2008). Além disso, a incorporação de dejetos animais ou outros materiais orgânicos em condições adequadas de umidade pode promover aumento na microporosidade do solo (AGNE & KLEIN, 2014).

O uso dessa adubação pode influenciar na redução da compactação do solo, (BELLINI et al., 2013). A utilização de dejetos de animais influencia também o desenvolvimento das plantas, em virtude de alterar a aeração, a resistência à penetração das raízes, e conseqüentemente a absorção de água e nutrientes (MOSADDEGHI et al., 2009). Essas alterações dependem das condições edáficas, do manejo do solo e das culturas, bem como das doses e frequência de aplicação do dejetos (JOKELA et al., 2009). Entretanto, pouco se conhece sobre a influência da aplicação de altas doses de dejetos sobre atributos físicos do solo (ARRUDA et al., 2010). Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas de um Latossolo submetido a diferentes doses de biofertilizante bovino.

## 6.2 Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em área experimental da Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen, RS, latitude 27°23'25,39" S, longitude 53°25'37,14" O, com altitude de 477 metros. O clima da região é subtropical do tipo Cfa segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluvial anual entre 1.800 e 2.100 mm e temperatura média anual em torno 18°C (NIMER, 1990). O solo do local é um Latossolo Vermelho, textura argilosa cultivado com as culturas anuais: soja, milho, aveia, trigo, em

sistema de plantio direto, cuja análise química revelou pH em água de 4,6; índice SMP de 5,1; 7,2 mg dm<sup>-3</sup> de P; 136 mg dm<sup>-3</sup> de K; 2,1 cmolc dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup>, 2,1 cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 1,2 cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg; 8 cmolc dm<sup>-3</sup> de H+Al<sup>3+</sup>; 11,6 cmolc dm<sup>-3</sup> de CTC efetiva; saturação de Al de 36,5%; saturação por bases (V) de 31,3%; 750 g kg<sup>-1</sup> de argila e 27 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica.

O delineamento experimental foi em arranjo fatorial com seis tratamentos de adubações e duas profundidades (0 – 5 cm e 5 – 10 cm). As doses de biofertilizante utilizadas foram (0 (controle sem biofertilizante), 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino) e adubação química com 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 08-24-18 para a cultura da aveia preta e milho (COMISSÃO..., 2004), com quatro repetições. Para a análise de resistência a penetração foi considerada o delineamento experimental em blocos casualizados com os seis tratamentos de adubações, por causa da profundidade única de avaliação (zero a 40cm). O experimento foi implantado em Abril de 2013 em parcelas de 16 m<sup>2</sup> e as avaliações realizadas em junho de 2014.

O biofertilizante bovino foi produzido através de fermentação aeróbica durante 30 dias em ambiente ensolarado, contendo 15% de dejetos bovinos, 5% de produto comercial Microgeo® e 80 % de água potável. Após a coleta, a calda foi filtrada em malha de 10 mesh e utilizou-se uma proveta para facilitar a aferição do volume aplicado ao solo e um borrifador manual para auxiliar na homogeneização da distribuição nas parcelas. A análise física e química do biofertilizante revelou as seguintes características: sólidos totais 2095 mg L<sup>-1</sup>; pH 6,75; condutividade 111,7 µS cm<sup>-1</sup>; DQO 320 mg L<sup>-1</sup>; fósforo total 15,1 mg P L<sup>-1</sup> e nitrogênio total 3,36 mg N L<sup>-1</sup>. Foram realizadas duas aplicações de biofertilizante bovino na área experimental, sendo a primeira no dia 12 de junho no estádio V3 da cultura da aveia preta e a segunda no dia 05 de dezembro no estádio V4 da cultura do milho.

Para as análises de densidade do solo, microporosidade do solo, macroporosidade do solo e porosidade total, foram abertas trincheiras em cada parcela e coletadas amostras indeformadas em anéis volumétricos de aço inóx com volume de 98 cm<sup>3</sup> (5 cm de diâmetro e 5 cm de altura), em duas profundidades do perfil do solo (0-5 e 5-10 cm), com auxílio de martelo pedológico e extrator. As amostras foram envolvidas em filme plástico e transportadas para o laboratório de física do solo da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, sendo saturadas em água por 24 horas e, posteriormente pesadas e alocadas em mesa de tensão a 0,006 MPa por 48 horas (REINERT & REICHERT, 2006). Decorrido o período de 48 horas as amostras foram pesadas e submetidas a estufa a 105°C por 24 horas para determinação da massa de solo seco.

Para calcular a densidade do solo, dividiu-se a massa das amostras secas a 105 °C pelo volume do anel volumétrico, conforme equação 1:

$$D_s = M_{ss}/V_t \quad (1)$$

onde:  $D_s$ = Densidade do solo ( $Mg\ m^{-3}$ );  $M_{ss}$  = massa da amostra de solo seca a 105 °C;  $V_t$  = volume total do anel.

O cálculo da porosidade total do solo foi obtido através da equação 2 na relação existente entre a densidade do solo e a densidade de partículas calculado pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997):

$$P_t = 1 - (D_s/D_p) \quad (2)$$

onde:  $P_t$ = porosidade total ( $m^3\ m^{-3}$ );  $D_s$ = Densidade do solo ( $Mg\ m^{-3}$ );  $D_p$ = Densidade de partículas ( $Mg\ m^{-3}$ ).

A microporosidade foi determinada utilizando o teor de água retida nas amostras em equilíbrio com a tensão de 0,006 MPa, considerando que essa tensão é suficiente para retirar toda a água contida nos macroporos, sendo que a água restante representa o volume de microporos, obtida pela equação 3:

$$M_i = (P_{0,006MPa} - m_{ss})/V_t \quad (3)$$

onde:  $M_i$ = Microporosidade do solo ( $m^3\ m^{-3}$ );  $P_{0,006MPa}$ = massa de solo após a tensão de 0,006 MPa ( $Mg$ );  $m_{ss}$ = massa de solo seco ( $Mg$ );  $V_t$ = volume total do anel ( $m^3$ ).

A partir dos resultados de porosidade total e da microporosidade calculou-se a macroporosidade, de acordo com a equação 4 (CAMARGO et al., 2009):

$$M_a = P_t - M_i \quad (4)$$

onde:  $M_a$ = macroporosidade do solo ( $m^3\ m^{-3}$ );  $P_t$ = porosidade total ( $m^3\ m^{-3}$ );  $M_i$ = microporosidade do solo ( $m^3\ m^{-3}$ ).

A determinação da estabilidade dos agregados em água foi realizada por meio da metodologia descrita por Kemper e Chepil (1965) com o uso de aparelho de oscilação descrito

por Yoder (1936). Amostras de solo em blocos indeformados foram coletadas em duas profundidades do perfil do solo, 0-5 e 5-10 cm. No laboratório, as amostras de solo foram desfragmentadas manualmente, sendo reduzidos a agregados com tamanho entre 8,00 e 4,76 milímetros. Estes foram secos a sombra e em temperatura ambiente. Em laboratório, foram pesadas em cada amostra três repetições de 25 g de agregados, sendo uma delas utilizada para a determinação da umidade da amostra e as outras duas foram distribuídas sobre o jogo de peneiras, contendo peneiras com malha de 4,76; 2,0; 1,0 e 0,212 mm, permanecendo por 10 minutos em contato com a lâmina de água, umedecendo por tamisamento. Após o umedecimento, as amostras foram submetidas à oscilação vertical constante durante 10 minutos, com trinta oscilações por minuto e a 4 cm de imersão por oscilação.

Para cada amostra, foi determinada a distribuição das classes de agregados. O material retido em cada peneira foi coletado em latas, e seco em estufa a 105 °C por 24 horas. Foi realizada a pesagem da amostra retirada da estufa e determinada a massa de partículas minerais individuais, mergulhando as amostras em solução dispersante (NaOH M), sendo então lavadas com água na peneira de mesma malha. Após a lavagem, o material foi posto novamente nas latas e alocado em estufa a 105 °C para determinação da massa seca. Quantificou-se o solo retido em cada peneira sendo a primeira entre 8 - 4,76 mm (4 mesh) (Agr 1), agregados entre 4,76 - 2 mm (4 mesh) (Agr 2), agregados entre 2 - 1 mm (10 mesh) (Agr 3), agregados entre 1 - 0,21 mm (70 mesh) (Agr 4) e, ainda, aquele que passou através da última peneira (< 0,21 mm) (70 mesh) obtendo-se 5 classes de agregados. Para o cálculo de agregados de cada classe, determinado pela fórmula 5:

$$Agregados = \left( \frac{Peso\ da\ amostra\ seca - wp - areia}{Peso\ da\ amostra\ seca - areia} \right) \quad (5)$$

em que: wp = peso dos agregados de cada classe.

Para os cálculos dos índices de agregação diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) utilizou-se as equações 5 e 6, respectivamente:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (y_i \cdot x_i) \quad (6)$$

em que: DMP = diâmetro médio ponderado (mm);  $y_i$  = diâmetro médio entre classes (mm);  $x_i$

= proporção de cada classe em relação ao peso da amostra total;

$$DMG = EXP \frac{\sum_{i=1}^N y_p \log x_i}{\sum_{i=1}^N y_i} \quad (7)$$

onde: DMG = diâmetro médio geométrico (mm);  $y_p$  = peso dos agregados de cada classe (g);  $y_i$  = diâmetro médio entre classes (mm);  $x_i$  = proporção de cada classe em relação ao peso da amostra total.

Os dados de contagem obtidos foram submetidos à transformação  $(X+0,5)^{0,5}$  e os parâmetros determinados foram submetidos ao teste F. Após, para os efeitos significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% e estimado as curvas de regressões para os dados quantitativos utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Para a comparação das doses de biofertilizante bovino com a adubação química utilizou-se o teste de Dunnett a 5% significância com o programa SAS (1999).

### 6.3 Resultados e discussão

As doses de biofertilizante bovino e as profundidades testadas apresentam interação significativa apenas para os agregados retidos na menor malha ( $< 70$  mesh), contudo, analisando isoladamente, os fatores de variação possibilitaram efeito significativo para o diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) (Tabela 1). Caravaca et al. (2006) observaram aumento significativo na estabilidade dos agregados, seis meses após a inoculação de um combinado de espécies de fungos micorrízicos arbusculares e materiais orgânicos. Esses autores apontaram que a ação das hifas de fungos e raízes de plantas, capturando as partículas de solo, aliada à ação cimentante dos polissacarídeos, foi a responsável por maior estabilidade dos agregados. Melloni et al. (2013) concluem que os microrganismos do solo atuam diretamente na formação e estabilidade dos agregados no solo, sendo influenciados pelas condições ambientais e edáficas. Neste sentido, as melhores condições proporcionadas aos organismos do solo pelas aplicações de biofertilizante bovino nas diferentes doses testadas podem ter influenciado o DMG e DMP.

**Tabela 1:** Resultado do teste f para os fatores de variação: doses (D), profundidade (P), dose x profundidade (D x P), teste Dunnett e médias nas profundidades de 0- 5 e 5- 10 cm para diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), agregados da classe 1 (Agr 1), agregados da classe 2 (Agr 2 agregados da classe 3 (Agr 3), agregados da classe 4 (Agr 4) e agregados da classe 5 (Agr5) obtidos no experimento com doses de 0, 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino. Frederico Westphalen, 2014.

	DMG	DMP	Agr 1	Agr 2	Agr 3	Agr 4	Agr 5
D	1,18*	6,16*	5,98*	3,91*	6,18*	4,23*	4,33*
P	0,76*	8,54*	9,44*	8,48*	11,12*	12,65*	2,76
DxP	0,38	1,75	1,60	1,81	1,08	1,98	4,84*
Dunnett	2,82*	2,56*	2,50*	1,97*	2,73*	2,22*	2,65
Prof	DMG	DMP	Agr 1	Agr 2	Agr 3	Agr 4	-
0 – 5	5,70 a×	6,13 a	94,81 a	1,71 b	0,95 b	0,80 b	-
5 - 10	5,49 b	5,97 b	91,34 b	3,00 a	2,14 a	2,17 a	-
CV (%)	3,61	1,73	2,67	78,62	95,99	107,71	-

×médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. \*p ≤ 0,05 pelo teste de F

Analisando a profundidade de amostragem, o DMG, DMP e agregados da maior malha são observados na camada mais superficial do solo (0 – 5 cm) (Tabela 1). Para os agregados das malhas menores (Agr 2, 3 e 4), observa-se maior valor para a camada inferior do solo (5 – 10 cm) (Tabela 1). Taboada & Castro et al. (2009) desenvolveram pesquisas para avaliar os efeitos de matéria orgânica na recuperação de áreas degradadas e verificaram o aumento do diâmetro médio ponderado de agregados na camada superficial do solo. Carvalho et al. (2014) observam que a maior exposição da camada superficial do perfil aos agentes climáticos e à ação desagregadora provoca diminuição do DMG dos agregados. Essa característica pode ter influenciado o DMG, DMP e os maiores agregados neste trabalho.

Os agregados da menor malha (<70 mesh) apresentaram interação significativa entre doses de biofertilizante bovino e profundidade de amostragem (Tabela 1). Esses resultados revelaram regressão quadrática para a camada de 0 a 5 cm. Verifica-se também que na camada de 5 – 10 cm, que as dose 0, 150 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino diferem com

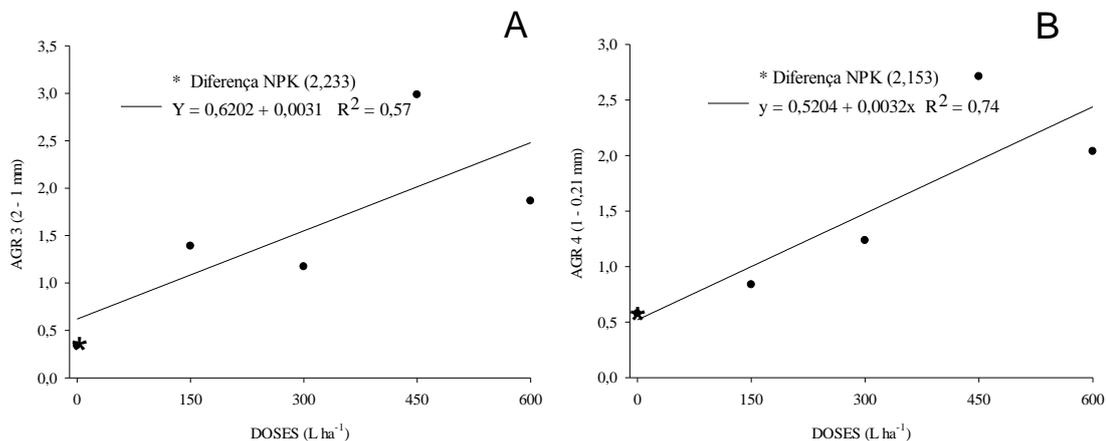
valores menores da adubação NPK pelo teste de Dunnett. A microagregação do solo desempenha um papel importante não só para a estruturação, mas também, no acúmulo e preservação de nutrientes no solo, pois a estabilidade de agregação forma um compartimento estável frente às ações de degradação (BURAK et al., 2011). A desestruturação destes agregados pode ser considerada como o início do processo de degradação do solo (CASTILHO et al., 2008). Contudo, a distribuição dos valores apresentam  $R^2 = 0,26$ , impossibilitando conclusões com os resultados encontrados neste trabalho.

O DMG e DMP apresentam diferença significativa para as doses (Tabela 1) com declínio linear no aumento das doses de biofertilizantes, contudo, os mesmos apresentam  $R^2$  de 0,08 e 0,51 respectivamente, não sendo possível conclusões em cima desses resultados. O fornecimento contínuo de material orgânico cujos subprodutos são constituídos por moléculas orgânicas, atua como agente de formação e estabilização dos agregados, proporcionando melhor estruturação do solo (CAMPOS & ALVES, 2008). No entanto, neste trabalho, a adição de material orgânico através do biofertilizante bovino parece não ter favorecido o DMG e DMP, porém, comparando-se com a adubação química, não demonstra variação.

Os agregados pertencentes à classe de 8 – 4,76 mm apresentam diferença significativa para as doses de biofertilizante bovino (Tabela1) e foram reduzidos linearmente com as doses, no entanto, também apresentam  $R^2$  de apenas 0,51. Os agregados estáveis de maior tamanho são considerados estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo, pois a agregação facilita a aeração do solo, as trocas gasosas e a infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade entre os agregados, além de garantir a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados (AGNE & KLEIN, 2014). A matéria orgânica pode contribuir diretamente para agregação do solo pela ação cimentante e indiretamente, como fonte de alimento para os microrganismos (SIX et al., 2004). No entanto, devido aos baixos valores de  $R^2$  não é possível correlacionar os dados encontrados com as informações da literatura.

As classes de agregados de menor diâmetro (2 – 1 e 1 – 0,21 mm) com  $R^2$  de 0,57 e 0,74 respectivamente aumentam linearmente com o uso de biofertilizante bovino e em ambas, a dose zero difere da adubação NPK (Figura 1 A; B). Silva et al. (2008) constataram maior agregação nos sistemas com maiores teores de matéria orgânica. Six et al. (2004) apresentaram uma revisão sobre os processos e fatores que envolvem a formação e estabilização dos agregados e ressaltaram a importância das forças de atração entre as partículas minerais, entre as partículas minerais e orgânicas, o emaranhado promovido pelas hifas fúngicas, o teor de carbono orgânico total e a presença de microrganismos. Neste

trabalho verificou-se benefício da adubação biológica nos agregados entre 2 e 0,21 mm, contudo, não foram encontrados dados para correlacionar esses resultados à ação dos microorganismos.



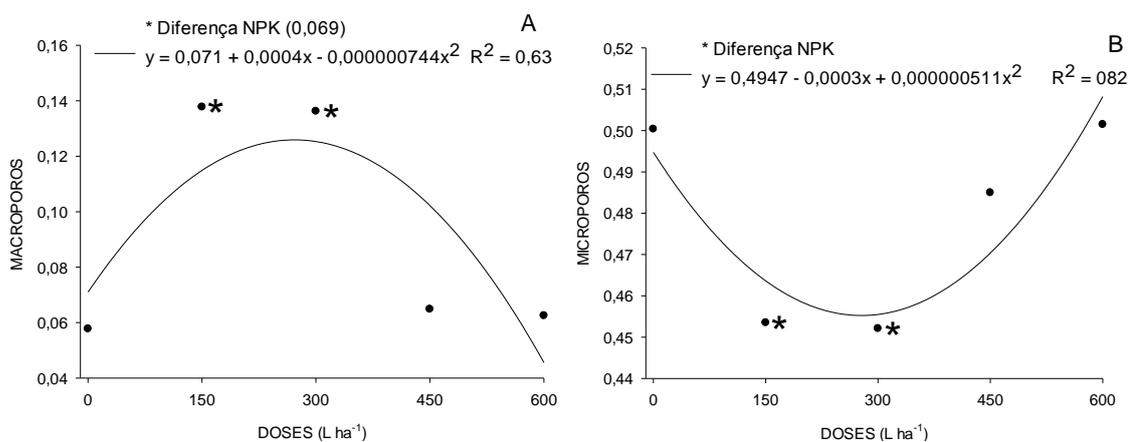
**Figura 1:** Agregados entre 2 - 1 mm (Agr 3) (%) (A) e agregados entre 1 – 0,21 mm (Agr 4) (%) (B) nas doses 0, 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino. Frederico Westphalen, 2014.

Os valores de densidade do solo (Ds) também diminuí até a dose 237 L ha<sup>-1</sup> tornando a aumentar com o aumento das doses de biofertilizante bovino e a dose 150 L ha<sup>-1</sup> foi a única que apresentou menor valor, diferindo da adubação NPK pelo teste de Dunnett, contudo, apresenta valor de  $R^2$  0,4. Um aumento nos níveis de matéria orgânica pode reduzir a densidade do solo ao longo do tempo e aumentar o volume de poros (CARNEIRO et al., 2009). Estudando as propriedades físicas do solo com uso de dejetos líquidos de suínos, Agne & Klein (2014), verificaram que os baixos valores da Ds podem estar associados à contribuição da adubação orgânica para o desenvolvimento radicular da cultura, agregando MO e proporcionando maior atividade biológica. O uso do biofertilizante bovino neste trabalho favoreceu a diminuição da Ds do solo em pequenas doses, porém, o aumento da densidade com a elevação das doses pode estar relacionado ao pequeno período de avaliação dessa forma de adubação orgânica, não sendo possível justificar esses resultados já que os mesmos ocorrerem lentamente no solo e apresentaram valor de  $R^2$  baixo.

A porosidade total do solo aumentou até a dose de 213 L ha<sup>-1</sup> e diminuiu com o aumento das doses de biofertilizante bovino, porém, apresenta  $R^2$  de 0,3. A dose 150 L ha<sup>-1</sup>

foi a única que diferiu da adubação NPK pelo teste de Dunnett com valores maiores. Barilli (2005) estudando a aplicação de dejetos líquidos de suínos não observou aumento na porosidade total em Latossolo Vermelho distroférrico, após três, sete e vinte e seis anos de aplicação. Arruda et al. (2010) avaliaram o efeito da aplicação de dejetos líquidos de suínos nas doses de 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> no mesmo tipo de solo constataram que as doses aplicadas não alteraram o volume de macroporos, microporos nem de porosidade total. Neste trabalho, com uso de biofertilizante bovino observou-se contribuição da adubação orgânica na porosidade total com baixas doses, contudo, a posterior elevação com o aumento das doses e o baixo valor de R<sup>2</sup> remete a cautela nesses resultados, justificando mais pesquisas para validar tais informações. .

A macroporosidade do solo aumentou até a dose de 268 L ha<sup>-1</sup> e diminuiu com o aumento das doses de biofertilizante bovino e as doses 150 e 300 L ha<sup>-1</sup> com valores maiores que a adubação NPK diferiram pelo teste de Dunnett (Figura 2A). A macroporosidade tem função importante no solo, pois é responsável pelo espaço ocupado por ar. Essa proporção ocupada por ar é de grande importância para o crescimento da raiz e para o fluxo rápido de ar e de água no solo (NUNES et al., 2010). Segundo Silva et al. (2004), para garantir adequado fluxo de trocas gasosas, são necessários no mínimo 10 % de macroporos. Essa porcentagem ideal de macroporos foi encontrada com uso de biofertilizante bovino em baixas doses, sendo que, a elevação das mesmas provoca diminuição da macroporosidade.



**Figura 2:** Macroporos (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) (A) e microporos (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) (B) nas doses 0, 150, 300, 450 e 600 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino. Frederico Westphalen, 2014.

Os microporos do solo diminuem até a dose de 293 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante bovino e aumentam a medida que se eleva as doses aplicadas e as doses 150 e 300 L ha<sup>-1</sup> com valores menores que a adubação NPK diferem pelo teste de Dunnett (Figura 2B). A incorporação de dejetos animais ou outros materiais orgânicos em condições adequadas de umidade, podem promover efeitos benéficos nos atributos físicos do solo, tais como aumento da microporosidade e retenção de água (AGNE & KLEIN, 2014). Contudo, esse benefício proporcionado pela adubação orgânica neste trabalho é observado com doses mais elevadas de biofertilizante bovino.

#### 6.4 Conclusões

A aplicação de biofertilizante bovino apenas possibilitou indícios de aumento da macroporosidade e diminuição da microporosidade quando utilizado doses de até 268 e 293 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, necessitando-se de mais estudos para confirmação destes resultados.

#### 6.5 Referências Bibliográficas

AGBEDE, T. M. Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. **Soil and Tillage Research**, v. 10, n. 1, p. 25-32, 2010.

AGNE, S. A. A.; KLEIN V. A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7 p. 720-726, 2014.

ANDREOLA, F. et al. Propriedades químicas de uma Terra Roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 609-620, 2000.

ARRUDA, C. A. O. et al. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.804-809, 2010.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Condutividade hidráulica saturada e não saturada de Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 403-407, 2004.

BARILLI, J. **Atributos de um Latossolo vermelho sob aplicação de resíduos de suínos**. Botucatu: UNESP, 2005, 120p. Tese Doutorado.

BELLINI, G.; FILHO, E. S.; MORESKI, H. M. Influência da aplicação de um fertilizante biológico sobre alguns atributos físicos e químicos de solo de uma área cultivada com arroz (*Oriza sativa*). **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.6, n.2, p. 325-336, 2013.

BRANCALIÃO, S. R.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.393-404, 2008.

BURAK, D. L.; FONTES, M. P. F.; BECQUER, T. Microagregados estáveis e reserva de nutrientes em Latossolo Vermelho sob pastagem em região de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 229-241, 2011.

CAMARGO, O. A. et al. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106)

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1389-1397, 2008.

CARAVACA, F. et al. Formation of stable aggregates in rhizosphere soil of *Juniperus oxycedrus*: Effect of AM fungi and organic amendments. **Applied Soil Ecology**, 1:30-38, 2006.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, M. A. de. et al. Composição granulométrica, densidade e porosidade de agregados de Latossolo Vermelho sob duas coberturas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p. 1010-1016, 2014.

CASTILHO, J. A. F.; NAVIA, J. F. E.; MENJIVAR, J. C. F. Estimación de La estabilidad estructural de dos suelos al sur de Colômbia con diferentes tipos de manejo. **Acta Agronômica**, v. 57, p. 31-34, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004, 400p. 10 ed.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FREDDI, O. S. et al. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.627-636, 2007.

JOKELA, W. D. et al. Cover crop and liquid manure effects on soil quality indicators in a corn silage system. **Agronomy Journal**, v.101, p. 727-737, 2009.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: **American Society of Agronomy**, p. 499-510, 1965.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; VIEIRA, L. L. Uso da terra e a qualidade microbiana de agregados de um Latossolo Vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p. 1678-1688, 2013.

MILLER, J. J.; SWEETLAND, N. J.; CHANG, C. Soil physical properties of a Chernozemic clay loam after 24 years of beef cattle manure application. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 82, n. 3, p. 287-296, 2002.

MOSADDEGHI, M. R.; MAHBOUBI, A. A.; SAFADOUST, A. Short-term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. **Soil and Tillage Research**, v.104, p173-179, 2009.

NIMER, E. **Clima**. In: Geografia do Brasil – Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, p.151-187, 1990.

NUNES, L. A. P. L. et al. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v. 26, p.71-78, 2010.

NUNES, M. C. D. **Condições físicas de solos construídos na área de mineração de carvão de Candiota-RS**. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 2002. 130p. (Dissertação de Mestrado)

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1931-1935, 2006.

RIBEIRO, K. D. et al. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1167-1175, 2007.

SALTON, J. C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 11-21, 2008.

SAS INSTITUTE - **Statistical Analysis System**. SAS/STAT User's Guide 8.0. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.

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

SILVA, A. P. da; IMHOFF, S.; KAY, B. Plant response to mechanical resistance and airfilled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 451-456, 2004.

SILVA, F. F. Da. et al. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema plantio direto. **Irriga**, v.13, p.191-204, 2008.

SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil & Tillage Research**, v. 79, p. 7-31, 2004.

TABOADA-CASTRO, M. M. . et al. Revegetation on a removed topsoil: Effect on aggregate stability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, p. 771-786, 2009.

TEJADA, M. et al. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. **Bioresource Technology**, v.99, p.1758-1767, 2008.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 28, n. 5, p. 337-251, 1936.

## 7 DISCUSSÃO

Ao avaliar a fauna edáfica no período de doze meses com duas aplicações de biofertilizante bovino sob diferentes doses, observa-se que mesmo em pequenas doses dessa adubação biológica, a densidade de organismos edáficos foi maior. Contudo, esse resultado foi observado apenas em um período (mês de outubro), indicando que possivelmente esse efeito possa ser sazonal e não especificamente pelo efeito do biofertilizante bovino. Esse trabalho revelou também que quando se aumenta as doses da adubação biológica a riqueza da fauna edáfica tende a diminuir, ou seja, as condições de sobrevivência e reprodução não satisfaz a todos os organismos edáficos. O total de grupos, índice de Pielou, dominância e diversidade dos organismos edáficos não foram alterados durante o período de avaliação sob as diferentes doses de biofertilizante bovino.

Os colêmbolos, pertencentes a mesofauna do solo são considerados bioindicadores do solo e por esse motivo, foram mantidos em condições de laboratório em microcosmos sob diferentes resíduos vegetais e diferentes doses de biofertilizante bovino para avaliar sua reprodução. Como resultado, observa-se que utilizando o biofertilizante bovino, a multiplicação ocorre até a dose de  $266 \text{ L ha}^{-1}$ . Isso demonstra um efeito positivo até esta dose.

Pelo fato do biofertilizante bovino conter microrganismos e uma de suas funções no solo é promover a atividade destes, procurou-se avaliar as alterações na microbiologia do solo com o uso dessa forma de adubação. Como resultados, observou-se que a permanência do carbono no solo aumenta com o uso de biofertilizante bovino. Este resultado se torna muito importante porque revela que a adubação orgânica baseada no uso de biofertilizante bovino é uma prática eficiente para manter os estoques de carbono no solo, principalmente, devido as consequências ambientais provocadas pelo deslocamento desse carbono presente no solo para a atmosfera. Avaliando a atividade dos organismos no perfil do solo, até a profundidade de 8 cm, observa-se que os mesmos atuam mais na superfície do solo, independente da dose de biofertilizante utilizada. Isso nos mostra a importância de mantermos o solo em condições para o desenvolvimento dos organismos, os quais, são os responsáveis pela ciclagem dos nutrientes retidos nos resíduos vegetais.

Ciente que um dos grandes problemas dos solos agrícolas é a compactação e que, toda alternativa de controle ou minimização é válida, o último estudo deste trabalho avaliou a contribuição de diferentes doses de biofertilizante bovino nas propriedades físicas do solo. No

entanto, o que se sabe é que as alterações nas propriedades físicas do solo ocorrem lentamente, e os resultados encontrados podem não ser representativos devido ao curto período de avaliação dos mesmos. Contudo, mesmo com baixo valor de  $R^2$ , foi possível observar variação na agregação, densidade e porosidade do solo com o uso desta adubação orgânica, demonstrando que mais estudos devem ser conduzidos, principalmente de longa duração, para validar a contribuição do biofertilizante bovino nas propriedades físicas do solo.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, o biofertilizante bovino não interfere nas variáveis biológicas analisadas. Quanto aos organismos edáficos, conclui-se que todas as ordens de organismos edáficos variaram ao longo da época de coleta com exceção da ordem Lepidóptera.

O biofertilizante bovino favorece a multiplicação de colêmbolos em laboratório até  $266 \text{ L ha}^{-1}$ . Quando adicionado resíduo vegetal nos microcosmos, a não utilização de fermento biológico favorece a multiplicação de colêmbolos.

A atividade dos organismos do solo é maior na superfície em relação as profundidades maiores do solo. Observa-se aumento na reprodução de colêmbolos até a doses estimada de  $298 \text{ L ha}^{-1}$  de biofertilizante bovino e, a partir da mesma, ocorre diminuição na reprodução desses organismos bioindicadores.

As propriedades físicas do solo são pouco influenciadas pela aplicação de biofertilizante bovino, tendo-se apenas indícios de aumento da macroporosidade e redução da microporosidade quando utilizado doses de até  $268$  e  $293 \text{ L ha}^{-1}$ , respectivamente, necessitando-se de mais estudos para confirmação destes resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, G. S. et al. Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, p. 661-665, 2009.

ALVES, M. V. et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 32, p. 589-598, 2008.

ALVES, S. B. et al. Trofobiose e microrganismos na proteção de plantas: Biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 21, p. 16-21, 2001.

AQUINO, A. M. de et al. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, p. 91-97, 2008.

ARAÚJO, E. N. et al. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 466-470, 2007.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M., Eds: **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; TRUBER, P. V. Soil carbon and nitrogen mineralization caused by pig slurry application under different soil tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 515-521, 2010.

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

BARETTA, D. et al. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forests with *Araucaria angustifolia*. **Scientia Agrícola**, n. 64, p. 384-392, 2007.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista Ciência Agroveterinárias**, v. 2, p. 97-106, 2003.

BERTON, R. S. et al. Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1305-1312, 2006.

BETTIOL, W.; TRATCH, R.; GALVÃO, J. A. H. **Controle de doenças de plantas com biofertilizantes**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA - CNPMA, 1998. 22p. (Circular técnico, 02).

BEUTLER, A. N. et al. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 787-794, 2006.

BHATTACHARYYA, R. et al. Long-term farmyard manure application effects on properties of a silty clay loam soil under irrigated wheat-soybean rotation. **Soil Tillage Research**, v. 94, p. 386-396, 2007.

COMIN, J. J. et al. Physical properties and organic carbon content of a Typic Hapludult soil fertilised with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. **Soil Research**, v. 51, p. 459-470, 2013.

COUTO, R. R. et al. Microbiological and chemical attributes of a Hapludalf soil with swine manure fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 774-782, 2013.

D'ANDRÉA, P. et al. **Adubação biológica**: novas tecnológicas na produção agrícola intensiva. 2007. Disponível em: < <http://www.microgeo.com.br/artigos> > acesso em 15 de fevereiro de 2014 às 14h53min.

DECAËNS, T. et al. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. In: JIMÉNEZ, J. J.; THOMAS, R. J. (Ed.). **El arado natural**: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las savanas neotropicales de Colombia. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2003. p. 21-45. (CIAT. Publicación, 336).

DELGADO, A. et al. Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids. **Plant and soil**, v. 245, n. 3, p. 277-286, 2002.

DIAS, P. F. et al. Uso de biofertilizante líquido na produção de alfafa. Documentos 151, Jaguariúna: **EMBRAPA**, 2002.

FERNANDES, M. C. A. et al. Cultivo protegido do tomateiro sob manejo orgânico. **A lavoura**. Rio de Janeiro, v. 3, n. 634, p. 44-45, 2000.

- GABIALTTI, J. A. et al. Efeitos de diferentes doses e época de aplicação de efluente de biodigestor e da adubação mineral em feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a duas lâminas de água por meio de irrigação por sulco. **Científica**, v. 24, n. 1, p. 63–74, 1996.
- GIACOMINI, S. J. et al. Mineralização do carbono da palha de aveia e dejetos de suínos aplicados na superfície ou incorporados ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2661-2668, 2008.
- GREENSLADE, P.; VAUGHAN, G. T. A comparison of Collembola species for toxicity testing of Australian soils. **Pedobiologia**, Darmstadt, 47, 2002.
- GUARDINI, R. et al. Accumulation of phosphorus fractions in typical Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, v. 93, p. 215-225, 2012.
- HÖFER, H. et al. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, v. 37, p. 229-235, 2001.
- KUPPER, K. C. et al. Biofertilizer for control of *Guignardia citricarpa*, the causal agent of citrus black spot. **Crop Protection**, v. 25, p. 569-573, 2006.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654p.
- LEE, S. B. et al. Changes of soil organic carbon and its fractions in relation to soil physical properties in a long-term fertilized paddy. **Soil Tillage Research**, v. 104, p. 227-232, 2009.
- LOURENZI, C. R. et al. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1827-1836, 2011.
- MARROCOS, S. T. P. et al. Composição química e microbiológica de biofertilizantes em diferentes tempos de decomposição. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, p. 34-43, 2012.
- MEDEIROS, M. B.; WANDERLEY, P. A. Biofertilizantes Líquidos: Processo trofobiótico para proteção de plantas em cultivos orgânicos. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, n. 31, p. 38-44, 2003.
- MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. R. Biofertilizantes Líquidos e sustentabilidade Agrícola. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 3, 2006.

- MELLEK, J. E. et al. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil Tillage Research**, v. 110, p. 69-76, 2010.
- MELO, W. B. **Produção do consórcio milho (*Zea mays* L.) X feijão (*Vigna unguilata*. L.) em função do uso de biofertilizante**. 51p. Monografia (Curso de graduação em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, 2011.
- MERLIM, A. de O. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.
- NETO, E. A. T. **Biofertilizantes: Caracterização Química, Qualidade Sanitária e Eficiência em Diferentes Concentrações na Cultura da Alfaca**. Curitiba, 2006. 72p. (Tese de mestrado).
- NOGUEIRA, L. A. H. Biodigestão a alternativa energética. São Paulo: Nobel, 1992. 93 p.
- NUNES, M. U. C.; LEAL, M. L. S. Efeitos de aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 53-59, 2001.
- PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. **"Mb-4" agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes**. Alagoas: MIBASA, 2000. 273 p.
- RAUBER, L. P. et al. Physical properties and organic carbon content of a Rhodic Kandudox fertilized with pig slurry and poultry litter, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1323-1332, 2012.
- SALTON, J. C. et al. Agregados e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 11-21, 2008.
- SANTOS, A. C. V. **A ação múltipla do biofertilizante líquido como ferti fitoprotetor em lavouras comerciais**. In: HEIN, M. (Org.). Encontro de Processos de Proteção de Plantas: Controle ecológico de pragas e doenças, 1, 2001, Botucatu. Resumos... Botucatu: Agroecológica, p. 91-96, 2001.
- SANTOS, A. C. V. **Biofertilizante líquido, o defensivo agrícola da natureza**. Niterói: EMATER – Rio, 1992. 16 p.

SANTOS, A. C. V. dos. Efeitos nutricionais e fitossanitários do biofertilizante líquido em nível de campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 13, n. 4, p. 275 – 279. 1991.

SEGANFREDO, M. A. **Uso de dejetos suínos como fertilizante e seus riscos ambientais.** In: Gestão ambiental na suinocultura, SEGANFREDO, M. A. (Ed.). Brasília: EMBRAPA, p. 150- 175, 2007.

SHETEAWI, S. A.; TAWFIK, K. M. Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on mung bean (*Vigna radiate*) grow the and yield. **Applied Sciences Reseach**, v. 3, p. 251-262, 2007.

SILVA, M. A. S. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um argissolo vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 329-337, 2006.

TOLEDO, L. O. **Aporte de serapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no Município de Pinheiral, RJ.** Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003. 80p. (Tese de Mestrado).

UBALUA, A. O. Cassava wastes: treatment options and value addition alternatives. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 18, p. 2065-2073, 2007.