

FERNANDO BONAFÉ SEI

**INDICADORES MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DE UM
LATOSSOLO SUBMETIDO À ADIÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS.**

LAGES-SC

2006

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
DEPARTAMENTO DE SOLOS

FERNANDO BONAFÉ SEI

**INDICADORES MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DE UM
LATOSSOLO SUBMETIDO À ADIÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS.**

Trabalho de dissertação apresentado ao curso de Mestrado em Ciência do Solo como requisito para obtenção do título de mestre em identificação do curso.

Orientador: Dr. Osmar Klauberg Filho

LAGES - SC

2006

FERNANDO BONAFÉ SEI
Engenheiro Agrônomo

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

INDICADORES MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DE UM
LATOSSOLO SUBMETIDO À ADIÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS.

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de

MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO

Aprovado em: 28/12/2006
Pela banca examinadora:

Osmar Klauberg Filho, Dr. - UDESC

Jefferson Luís Meirelles Coimbra, Dr. - UDESC

Paulo Cezar Cassol, Dr. - UDESC

Milton da Veiga, Dr. - Epagri

Aos meus pais, Achilles e Vera, minha irmã
Maíra e minha namorada Adriana, por
acreditarem e me apoiarem durante o
percurso desta caminhada, Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Universidade do Estado de Santa Catarina, em especial ao departamento de solos e o Curso de Mestrado em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias.

Ao Prof. Dr. Osmar Klauberg Filho pela orientação durante o desenvolvimento dos trabalhos realizados.

Ao Prof. Dr. Jefferson Luís M. Coimbra pela colaboração e participação nas análises estatísticas dos dados.

Ao Prof. Dr. Paulo C. Cassol por ceder a área experimental conduzida por ele desde o ano 2001 e pelos dados cedidos inclusos nesta dissertação.

Ao produtor rural Celso Rettori pela área cedida e colaboração durante os trabalhos de campo.

Aos professores do Curso de Mestrado em Ciência do Solo que colaboraram para minha formação e ministraram as disciplinas.

Aos bolsistas e estagiários, que de forma direta ou indireta, colaboraram durante os trabalhos de campo e laboratoriais realizados.

A UDESC e a CAPES pela bolsa cedida durante a realização dos trabalhos.

Aos meus familiares e amigos que me apoiaram e colaboraram nesta caminhada.

Resumo:

O Estado de Santa Catarina é o maior produtor de suínos do país e conta com um rebanho efetivo de 5,8 milhões de suínos no estado, a produção se encontra predominantemente em sistemas confinados, proporcionando um elevado volume de dejetos por unidade produtiva. O descarte não controlado deste resíduo pode resultar em grave poluição ambiental e, nesse sentido, buscam-se formas de descarte seguro de modo a minimizar a poluição. Tendo em vista essa necessidade, vem sendo conduzido um experimento a campo, iniciado em novembro de 2001, com a aplicação de doses de dejetos suíno (0, 25, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹), além dos tratamentos adubação solúvel e combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹. O experimento foi instalado no município de Campos Novos, SC, sobre um Latossolo Vermelho Distroférrico. Foram cultivados milho e aveia em sucessão e sob o sistema de semeadura direta. Foram estudadas as alterações nos indicadores microbiológicos e químicos do solo, sendo determinados o carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana do solo, o carbono orgânico (Corg) e nitrogênio total (Nt) e suas relação com a biomassa microbiana do solo, os teores de estoque de carbono, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, cobre e zinco do solo. O solo foi amostrado em duas épocas, em outubro e janeiro, e nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06. Foi utilizada a análise estatística multivariada discriminante para a avaliação dos indicadores do solo, para os indicadores selecionados foi utilizada a análise de regressão e entre os tratamentos foi aplicado o teste de contraste. Para os indicadores microbiológicos foi possível identificar que o Nmic, e a relação Nmic:Nt foram os que mais contribuíram na diferenciação dos tratamentos. Entre os atributos químicos o Nt, cobre, Corg e zinco foram os que mais contribuíram na diferenciação dos tratamentos. A análise de regressão mostrou que doses até 30 m³ ha⁻¹ de dejetos suínos favorecem os teores de Nmic e da relação Nmic:Nt, e que doses mais elevadas podem provocar redução da biomassa microbiana do solo. Os teores de Nt, cobre e zinco aumentaram com a aplicação do dejetos suíno.

Palavras-chave: dejetos suíno, C microbiano, N microbiano, análise multivariada.

Abstract

Swine production in the state of Santa Catarina is done mostly in confined systems, producing a great amount of waste. The non-controlled discard of swine waste can cause serious ambient pollution and thus it is looked for safe ways of waste discard minimizing pollution problems. Observing this necessity it was lead a field experiment, start to November of 2001, with application of increasing doses of swine waste (0, 25, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹), besides regular treatments soluble manuring and combination soluble manuring and 12.5 m³ ha⁻¹ swine waste. The experiment was carried in the municipal district of Campos Novos, SC, on a Latossolo Vermelho Distroférrico. Corn (*Zea mays*) and oats (*Avena sativa*) were cultivated in succession and under the system of no tillage. It was determined alterations in soil microbial and chemical characteristics by the quantification of carbon (Cmic) and nitrogen (Nmic) in the soil microbial biomass, organic carbon (Corg) and total nitrogen (Nt) and its relation with the soil microbial biomass, the contents of stock of carbon, potassium, phosphorus, calcium, magnesium, copper and zinc of the soil, in two different epochs of soil sampling collected in the agricultural years of 2004/05 and 2005/06. It was used a multivariate analysis of variance, was done the analysis of regression for the characteristics studied esteeming curves and equations for each characteristic studied and each studied sample epoch relating them to doses of swine waste used and contrast analysis among the treatment in order to evaluate the data obtained. For microbial indicator it was possible to identify that Nmic and the relation Nmic:Nt as the best microbial indicators. For the chemical indicator Nt, copper, Corg and zinc were the ones that contributed more to explain the results. When considering the contrast analysis it is possible to conclude that the treatment using swine waste has benefited more the indicator when compared to treatment using soluble manuring. The analysis of regression showed that swine waste doses of until 30 m³ ha⁻¹ benefit Nmic contents and the relation Nmic:Nt and higher doses can provoke a reduction of the soil microbial biomass, causing damages in soil biological quality. The contents of Nt, copper and zinc have increased with the increase of doses of swine waste used in the soil.

Key words: swine waste, C microbial, N microbial, multivariate analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Vista geral do experimento com cultivo de milho, em dezembro de 2005.....38
- Figura 2. Coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2, dos tratamentos adubação solúvel (AS); adubação solúvel mais complementação com dejetos suíno (AS+D), adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente), considerando os indicadores microbiológicos Cmic, Cmic:Corg, Nmic, Nmic:Nt e Cmic:Nmic, na amostragem realizada em outubro de 2004 (A), janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).....49
- Figura 3. Coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2, dos seguintes tratamentos adubação solúvel (AS), adubação solúvel mais complementação com dejetos suíno (AS+D), adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente), considerando os indicadores químicos: Corg, estoque de C, relação C:N, Nt, P, K, Mg, Ca, Cu e Zn, na amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).....59
- Figura 4. Nitrogênio microbiano do solo (Nmic) em mg kg⁻¹ e dose de dejetos suíno para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).....71
- Figura 5. Relação Nmic:Nt e dose de dejetos suíno para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).....73
- Figura 6. Nitrogênio total no solo (Nt) e dose de dejetos suíno para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).....75

Figura 7. Cobre no solo (Cu) e dose de dejetos suínos para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).....77

Figura 8. Zinco no solo (Zn) e dose de dejetos suínos para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).....78

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Matéria seca, pH e teores de carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco e cobre no dejetos suíno (base seca) aplicado em um Latossolo Vermelho, nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/2006.....40
- Tabela 2. Resultado da análise de variância para os indicadores microbiológicos carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana e das relações entre o Cmic e o carbono orgânico (Corg), entre o Nmic e o nitrogênio total (Nt) e entre o Cmic e o Nmic e fatores de variação: tratamentos, ano agrícola e época de amostragem.....42
- Tabela 3. Teores dos indicadores microbiológicos carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana e das relações entre o Cmic e o carbono orgânico (Corg), entre o Nmic e o nitrogênio total (Nt) e entre o Cmic e o Nmic, observados em outubro e janeiro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, em um Latossolo Vermelho Distroférico tratado com adubação solúvel (AS), conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de $12,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente). Média de quatro repetições.....43
- Tabela 4. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores microbiológicos carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana e das relações entre o Cmic e o carbono orgânico (Corg), entre o Nmic e o nitrogênio total (Nt) e entre o Cmic e o Nmic, obtidos na análise dos contrastes canônicos ortogonais entre os tratamentos adubação solúvel (AS), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de $12,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente), para as épocas de amostragem de janeiro e outubro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06.....46

- Tabela 5. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores microbiológicos carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana e das relações entre o Cmic e o carbono orgânico (Corg), entre o Nmic e o nitrogênio total (Nt) e entre o Cmic e o Nmic, obtidos para as Funções Canônicas Discriminantes 1 e 2.....48
- Tabela 6. Resultado da análise de variância para os indicadores químicos nitrogênio total (Nt), fósforo (P) potássio (K), cobre (Cu) e zinco (Zn) e os fatores de variação: tratamentos, ano agrícola e época de amostragem.....50
- Tabela 7. Resultado da análise de variância para os indicadores químicos carbono orgânico (Corg), estoque de carbono, relação C:N, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e os fatores de variação: tratamentos, ano agrícola e época de amostragem.....50
- Tabela 8. Teores dos indicadores químicos nitrogênio total (Nt), fósforo (P) potássio (K), cobre (Cu) e zinco (Zn), observados em outubro e janeiro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, em um Latossolo Vermelho Distroférico tratado com adubação solúvel (AS), conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de $12,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente). Média de quatro repetições.....52
- Tabela 9. Teores dos indicadores químicos carbono orgânico (Corg), estoque de carbono, relação C:N, cálcio (Ca) e magnésio (Mg), observados em outubro e janeiro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, em um Latossolo Vermelho Distroférico tratado com adubação solúvel (AS), conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de $12,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente). Média de quatro repetições.....54
- Tabela 10. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores químicos nitrogênio total (Nt), fósforo (P) potássio (K), cobre (Cu) e zinco (Zn), obtidos na análise dos contrastes canônicos ortogonais entre os tratamentos adubação solúvel (AS), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de $12,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente), para as épocas de amostragem de janeiro e outubro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06.....56
- Tabela 11. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores químicos carbono orgânico (Corg), estoque de carbono, relação C:N, cálcio (Ca) e magnésio (Mg), obtidos na análise dos contrastes canônicos ortogonais entre os tratamentos adubação solúvel (AS), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de $12,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente),

para as épocas de amostragem de janeiro e outubro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06.....57

Tabela 12. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores químicos nitrogênio total (Nt), fósforo (P) potássio (K), cobre (Cu), zinco (Zn), carbono orgânico (Corg), estoque de carbono, relação C:N, cálcio (Ca) e magnésio (Mg), obtidos para as Funções Canônicas Discriminantes 1 e 2.....58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Suinocultura e dejetos suínos.....	17
2.2. Poluição do solo por nutrientes e metais pesados.....	20
2.3. Qualidade biológica do Solo.....	23
2.4. Utilização de dejetos suínos e alterações biológicas no solo.....	26
2.5. Referências bibliográficas.....	28
3. CAPITULO 1.....	33
3.1. Introdução.....	36
3.2. Material e métodos.....	37
3.2.1. Área experimental.....	37
3.2.2. Amostragem e análises microbiológicas e químicas do solo.....	38
3.2.3. Análises estatísticas.....	40
3.3. Resultados e discussão.....	41
3.3.1. Indicadores microbiológicos do solo.....	41
3.3.2. Indicadores químicos do solo.....	50
3.4. Conclusões.....	60
3.5. Referências bibliográficas.....	60
4. CAPITULO 2.....	63
4.1. Introdução.....	66
4.2. Material e métodos.....	67
4.2.1. Área experimental.....	67

4.2.2. Amostragem e análises microbiológicas e químicas do solo.....	68
4.2.3. Análises estatísticas.....	69
4.3. Resultados e discussão.....	69
4.3.1. Nitrogênio microbiano do solo (Nmic).....	70
4.3.2. Relação Nmic/Nt.....	72
4.3.3. Nitrogênio total do solo (Nt).....	74
4.3.4. Cobre (Cu) e Zinco (Zn).....	76
4.4. Conclusões.....	79
4.5. Referências bibliográficas.....	79
5. CONCLUSÃO GERAL E RECOMENDAÇÕES.....	81

1. INTRODUÇÃO GERAL

No cenário mundial, o Brasil se destaca nas atividades agropecuárias com perspectivas de aumentos na produção nos próximos anos, o que se deve ao potencial das terras agricultáveis, dos recursos naturais e do clima favorável. Uma das atividades pecuárias de grande destaque no país é a suinocultura, devido sua importância econômica pela exportação da carne e no mercado interno de carne e grãos, bem como importância do ponto de vista ambiental, pois a suinocultura é considerada atividade altamente poluidora, devido aos constituintes dos dejetos produzidos.

O estado de Santa Catarina é um dos maiores produtores nacionais de suínos, tendo um rebanho com mais de cinco milhões de cabeças. A produção está concentrada na região Oeste do estado, predominantemente em pequenas propriedades. O sistema de criação de suínos é o de confinamento, caracterizado pelo grande número de animais em cada unidade produtiva, com mão-de-obra familiar. Essas características da produção de suínos no estado colaboram para que os problemas de ambiente sejam agravados, devido ao elevado volume de dejetos produzidos e a falta de área agrícola nas propriedades rurais para o uso do dejetos suíno como fertilizante.

Os dejetos de suínos líquidos e os resíduos da sua biodegradação ou tratamento são na sua quase totalidade depositados no solo, como fertilizante orgânico ou como forma de descarte. As características químicas dos dejetos são diferentes, dependendo do tipo de criação e alimentação dos suínos e do manejo dado aos dejetos. A eficiência do uso dos dejetos de suínos como fertilizante e os efeitos no equilíbrio químico no solo é alvo de estudos no Brasil, sendo comumente avaliados aspectos químicos no solo e sua relação com

a produção vegetal. Entretanto, pouco se conhece sobre as alterações nas características microbiológicas do solo.

Indicadores microbiológicos relacionados à dinâmica do C e do N no solo constituem importantes indicadores de alteração da qualidade, especialmente em sistemas de produção com uso de resíduos orgânicos. Os principais indicadores utilizados são o carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e suas relações com o carbono orgânico e nitrogênio total do solo. Esses indicadores apresentam grande sensibilidade quanto à adição de compostos orgânicos e mudanças na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo e, por isso, vem sendo amplamente utilizados em estudos da qualidade do solo. Os estudos envolvendo elementos que são poluentes quando em altas concentrações, como cobre, zinco, fósforo e nitrogênio do solo também são de importância fundamental para a estimativa da capacidade de suporte do solo em receber dejetos suínos como fertilizante sem provocar poluição ambiental e degradação qualidade do solo.

De modo geral, estudos sobre os efeitos da adição de dejetos animais e resíduos orgânicos na qualidade do solo, consideram as alterações nos indicadores químicos e microbiológicos de forma univariada. É sabido, entretanto que a maioria das variáveis relacionadas à dinâmica do C e do N no solo apresentam correlações entre si, neste caso, a análise multivariada é mais indicada para ser utilizada. A análise multivariada permite a análise dos fatores de variação para um conjunto de variáveis estudadas e a discriminação daquelas que mais contribuem para a separação dos efeitos da adição de dejetos suínos na qualidade do solo.

A aplicação continuada de dejetos suínos pode alterar as características relacionadas à qualidade do solo. As alterações podem ser benéficas, desde que as doses aplicadas sejam adequadas, podendo aumentar a biomassa microbiana e sua atividade na ciclagem de nutrientes e outros processos, assim como a acumulação do carbono e nutrientes na camada superficial do solo. Entretanto, quando o dejetos suíno é utilizado continuamente e em doses excessivas ou inapropriadas, pode ocorrer degradação do solo e poluição ambiental, com acúmulo de nutrientes, como o fósforo, cobre e zinco e redução da atividade microbiana. Partindo desta hipótese, os objetivos deste estudo foram de: avaliar o efeito da adição continuada de doses crescentes dejetos suínos na qualidade de um Latossolo Vermelho Distroférico, com base em alterações em alguns indicadores microbiológicos e químicos

do solo, buscando identificar aqueles que definem melhor as modificações no solo e; estudar a capacidade de suporte do solo em receber dejetos suínos com base nas doses racionais de aplicação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Suinocultura e dejetos suíno

O Brasil é o país com maior expectativa de crescimento da produção de suínos devido a sua extensão de terra, recursos hídricos, capacidade de produção de grãos e genética avançada dos animais (Berwanger et al. 2005). O último levantamento mostra um rebanho efetivo de 5,8 milhões cabeças de suínos no estado de Santa Catarina (IBGE, 2006), colocando a suinocultura catarinense como atividade de destaque, tanto em termos econômicos, como sociais, devido à geração de empregos e renda. Por outro lado, a suinocultura é responsável pela produção de grande quantidade de dejetos (Epagri; 1997), sendo estimada uma produção diária de 9,0 litros de dejetos por animal na fase de terminação (Dartora et al., 1998). A falta de tratamento adequado e de infra-estrutura necessária ao aproveitamento do dejetos como fertilizante, resultam em seu descarte na natureza, gerando poluição e colocando em risco a sustentabilidade do sistema de produção (Perdomo et al., 1999). Os dejetos efluentes de animais podem conter um conjunto de contaminantes, como metais pesados e coliformes fecais, que podem afetar diversamente os corpos de água superficiais e subterrâneos. Alguns constituintes dos dejetos de animais podem também afetar plantas, animais e o próprio ser humano, comprometendo a qualidade do solo, da água e do ar (Seiffert & Perdomo, 1998).

Segundo Konzen (2005),

Os dejetos de suínos, até a década de 70, não constituíam fator preocupante, uma vez que a concentração de animais era pequena, o que favorecia sua utilização como adubo orgânico no solo. O desenvolvimento da Suinocultura intensiva, com dimensionamentos empresariais, trouxe em consequência a produção de

grandes quantidades de dejetos, normalmente armazenados em lagoas e depósitos abertos, onde se desenvolve a produção de gases nocivos que são transferidos para a atmosfera. Os alarmantes índices de contaminação dos recursos naturais, especialmente hídricos, e da qualidade de vida nos grandes centros produtores de suínos, indicam que boa parte dos efluentes dos sistemas criatórios são lançados diretamente ou indiretamente no solo e em cursos de água, sem receber um tratamento adequado, transformando-se em uma expressiva fonte poluidora.

No Brasil e, principalmente, no estado de Santa Catarina, a utilização dos dejetos suínos é feita quase que exclusivamente pela sua acumulação em esterqueira e posterior descarte no solo, sem tratamento adequado, utilizando-o como fertilizante em áreas de lavoura. Entretanto, com o avanço das pesquisas no assunto, a viabilidade econômica vem merecendo reavaliação (Seganfredo e Giroto, 2005), reforçando a necessidade de se buscar alternativas de reciclagem com menor risco ambiental (Seganfredo, 2006). Os dejetos de suínos, por mais privilegiado que seja seu potencial de uso como fertilizante, devem ser considerados como resíduo, ou esgoto poluente e que, ao serem dispostos na natureza, sem os cuidados necessários, causam impactos de ambiente negativos aos solos e às águas superficiais e subterrâneas (Konzen, 2005). Devido às restrições topográficas e os altos custos de armazenagem e transporte (Seganfredo e Giroto, 2004), em muitas propriedades rurais os dejetos são aplicados continuamente nas mesmas áreas e, em frequências e quantidades excessivas em relação à capacidade de absorção pelas plantas cultivadas (Seganfredo, 2000). Caso as quantidades de nutrientes adicionadas continuem excedendo aquelas removidas ou naturalmente perdidas no sistema, haverá acúmulo de nutrientes no solo (Seganfredo, 2001), resultando, a médio e longo prazo, na deterioração da qualidade do solo e das águas, gerando um problema de difícil solução (Shigaki et al., 2006).

Segundo Konzen (2005),

A utilização de dejetos de suínos pode alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. As alterações benéficas estão relacionadas aos efeitos da matéria orgânica sobre as propriedades físicas e químicas do solo, bem como sobre a atividade microbiana, e ainda dos nutrientes adicionados, refletindo na melhoria da fertilidade. As alterações indesejadas são traduzidas em: acúmulo de elementos tóxicos, principalmente metais pesados e poluentes orgânicos; contaminação da água sub-superficial através da lixiviação de elementos provenientes da decomposição dos dejetos no solo; odores desagradáveis oriundos da volatilização de compostos.

Entre os impactos que podem ser percebidos em longo prazo, estão aqueles advindos da poluição difusa que é causada pela aplicação continuada de dejetos suínos

solo, provocando a deterioração da qualidade da água, os desequilíbrios químicos, físicos e biológicos do solo e, também, a queda de produtividade e inviabilização do cultivo de algumas espécies, cujo limite de tolerância aos excessos de minerais (nutrientes e metais pesados) no solo seja ultrapassado (Seganfredo, 2006). Do ponto de vista químico, físico e biológico, a preocupação é com as aplicações periódicas e em doses elevadas de dejetos suíno, o que implicaria em altas quantidades de N, P, Cu e Zn, além da contaminação de mananciais por organismos de risco para saúde humana e animal por meio da lixiviação e escoamento superficial. Esses elementos podem se acumular em níveis acima da capacidade de suporte do solo, causando problemas ambientais (Seganfredo, 2000), como a transferência de nitrato e de fósforo para os corpos de água.

Os problemas com a poluição ambiental não são os únicos a serem considerados na utilização de dejetos suínos como fertilizante. Também devemos considerar os custos de armazenagem, transporte e aplicação, que demonstram que o uso dos dejetos suínos somente é economicamente viável para curtas distâncias de transporte e altas concentrações de nutrientes e, mesmo assim, mais caro do que o tratamento, uma alternativa de menor risco ambiental (Seganfredo & Girotto, 2005).

Segundo Seganfredo & Girotto (2005),

Em função da estrutura fundiária, condições topográficas e distribuição da suinocultura no sul do Brasil, mais de 85% das propriedades não comportam a totalidade dos dejetos de uma unidade de terminação de 330 animais. Usando-se como exemplo o milho com uma adubação de $140 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N (equivalente ao limite legal de $50 (\text{m}^3)^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ estabelecido para Santa Catarina), seriam necessários 21,5 ha de área agrícola apta e isso significa 69,4 ha de área total (Seganfredo, 2000). Como mais de 85% das propriedades do sul do Brasil possuem menos de 50 ha, configura-se insustentável a reciclagem dos dejetos unicamente na forma de fertilizante do solo.

O potencial fertilizante dos dejetos de suínos é bastante conhecido. Konzen (2003) demonstrou que o dejetos suíno tem baixo efeito residual, ao observar decréscimo de 60 % na produtividade de milho no primeiro ano após a adubação com doses de 45 e $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, e de 50 % para doses de 135 e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Este mesmo autor observou níveis de produtividade que variaram de 5.180 a 7.650 kg ha^{-1} de milho com o uso de doses crescentes de dejetos suínos (45, 90, 135 e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), em uma única aplicação. As doses de máxima eficiência econômica de dejetos de suíno para a produção de milho, em áreas de cerrado, em plantio tradicional, variam de 45 e $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; e para plantio direto, de 50 a 100

$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Konzen, 2003). Outros trabalhos confirmam o aumento da produtividade com o uso de dejetos suíno como fertilizante. Canabarro et al. (2003) em um Argissolo Vermelho Distrófico Arênico observaram aumentos na produtividade do milho da ordem de 54 % e 243 % com a aplicação de dejetos sólidos na dose de 13 Mg ha^{-1} e líquidos na dose de $65 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente, em relação ao tratamento sem aplicação de dejetos (testemunha). Moreira (2004) concluiu que com doses de dejetos suíno líquido de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ os rendimentos de culturas como milho e aveia são equivalentes aos obtidos com adubação solúvel recomendada. Em estudos sobre a aplicação de dejetos suínos e a produtividade de grãos de milho e produção de matéria seca de aveia preta, o autor concluiu que com a dose $85 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno proporcionou a maior eficiência técnica (Cerretta et al., 2005a).

Atualmente existe a exigência do licenciamento ambiental e da adequação dos produtores as novas normas de conduta para a produção de suínos. Para isso foi desenvolvido o termo de ajustamento de conduta que os produtores de suínos devem aceitar e seguir as suas exigências e que tem como objetivo a proteção do ambiente e a produção sustentável de suínos. Atualmente a tendência é que as propriedades produtoras de suínos sejam instaladas em regiões onde exista área agrícola suficiente para utilização do dejetos suíno como fertilizante, de forma racional e sustentável.

2.2. Poluição do solo por nutrientes e metais pesados

Ao contrário dos fertilizantes solúveis que podem ser formulados para condições específicas de cada tipo de solo e cultura, os dejetos de animais apresentam, simultaneamente, nutrientes em quantidades desproporcionais em relação à capacidade de extração das plantas (Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC, 2004). Com isso, as adubações em excesso ou continuadas com esses dejetos podem ocasionar impactos ambientais indesejáveis, destacando-se os desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo, poluição das águas, perdas de produtividade e da qualidade dos produtos agropecuários e redução da diversidade de plantas e organismos do solo (Seganfredo, 2006).

Mesmo quando usamos as Tabelas das recomendações de adubação, se os dejetos forem aplicados continuamente numa mesma área, poderá haver desequilíbrios no solo.

Para se evitar a adição de nutrientes em doses superiores à capacidade de retenção do solo ou àquelas que são exigidas pelas culturas, o cálculo da dose de dejetos a aplicar deve obedecer a um plano de manejo de nutrientes, corrigindo-se as deficiências e excessos advindos do uso continuado dos dejetos animais como fertilizante (Seganfredo, 2006).

Segundo Seganfredo (2001),

Um dos problemas mais sérios que pode ocorrer com a aplicação de dejetos suínos nas lavouras, levando-se em conta as repetidas aplicações de grandes quantidades nas mesmas áreas, é a poluição das águas, por causa do excesso de fósforo que fica no solo, uma vez que as plantas não são capazes de absorver as quantidades aplicadas através dos dejetos. Quanto maiores as quantidades de fósforo acumulado no solo, maiores são os riscos de perdas desse elemento por erosão e lixiviação. É muito importante esclarecer que as quantidades de fósforo retiradas do solo em cada safra depende do tipo de solo, de planta e dos teores adicionados e acumulados.

Ainda segundo o mesmo autor,

Quando se estabelece como objetivo evitar a contaminação das águas e do solo, é importante prestar atenção aos dados relativos ao número de anos que seriam necessários para se atingir 25% de saturação de fósforo na camada de 20 cm de solo. Esse é um limite de saturação que não deve ser ultrapassado, como já foi demonstrado nas pesquisas feitas em vários tipos de solo em diversos países. Se forem feitas duas safras por ano, o tempo para se atingir o limite de 25% de saturação será de 3,5 anos para doses de dejetos suínos de $45 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ e menos ainda, 1,8 anos, para doses de dejetos suínos de $135 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ (Seganfredo, 2001).

Além do plano de manejo de nutrientes, fazem-se necessárias às práticas conservacionistas, especialmente aquelas usadas para evitar as perdas de solo e de nutrientes via erosão, lixiviação e escoamento superficial (Seganfredo, 2006).

Segundo Cerretta et al. (2005b),

As concentrações de fósforo disponível e nitrogênio mineral na solução escoada na superfície do solo foram diretamente relacionadas com as doses de dejetos aplicadas. As concentrações de nitrogênio e fósforo na solução escoada da superfície do solo, bem como a predominância de amônio ou nitrato, estão diretamente relacionadas à quantidade aplicada e o intervalo entre aplicação do dejetos e o primeiro escoamento superficial. As perdas de nitrogênio e fósforo por escoamento, do ponto de vista de nutrição de plantas, são pequenas, porém as concentrações observadas nos maiores picos preocupam pela possibilidade de eutroficação nos mananciais de água.

O risco de transferência de fósforo para águas superficiais é aumentado com a aplicação demasiada de dejetos suínos superficialmente, sendo o fósforo o principal causador de eutroficação das águas superficiais. As quantidades de fósforo transferidas dos dejetos pela solução escoada superficialmente, causam preocupação tanto em relação às

concentrações, que chega a atingir 46 mg L^{-1} para a dose de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, quanto com as quantidades, mostrando que 24 e 14 % do dejetos líquido de suínos foi transferido em apenas um evento pluviométrico, nas doses de 40 e $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Berwanger et al., 2005). Cerretta et al. (2006) em estudo com aplicação parcelada de dejetos suíno aplicado em sistema de rotação de culturas com três espécies por ano, concluiu que a dose anual de $240 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, aplicada em três doses de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, se mostrou inadequada porque representa adição de nutrientes muito acima das necessidades das plantas, causando acúmulo no solo e perdas expressivas.

O nitrogênio é outro constituinte do dejetos importante do ponto de vista nutricional de plantas, mas que preocupa com relação ao risco ambiental que oferece quando em excesso (Basso et al., 2005). Segundo Castamann et al. (2005) os dejetos líquidos de suínos quando usados como fertilizantes aumentam os teores de nitrogênio total e mineral, sendo esse efeito proporcional às doses aplicadas. Nesse estudo o autor observou que a dose equivalente a $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ possibilitou um incremento de 443 mg de nitrogênio total por kg de solo, em relação à testemunha, e de 370 mg de nitrogênio total por kg de solo, em relação à dose equivalente a $31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Esses autores observaram ainda que a aplicação de dejetos no sulco proporcionou maiores aumentos nos teores de nitrogênio total indicando que as perdas de nitrogênio podem ser menores com essa forma de aplicação. Segundo Bakhsh et al. (2005) as aplicações excessivas de dejetos suíno líquido durante seis anos resultaram em lixiviação e aumento na concentração de NO_3 nas águas subsuperficiais, chegando a valores de $31,8 \text{ mg L}^{-1}$ de NO_3 .

O cobre e o zinco são elementos classificados como metais pesados, quando em altas concentrações podem apresentar efeitos aos microrganismos, as plantas e ao ser humano, podendo poluir o meio ambiente e se tornar um fator limitante ao crescimento da vida no solo. Os dejetos de suínos tem como característica conter altas concentrações desses elementos. Portanto, devemos estudar a dinâmica deles em solos que recebem dejetos suínos continuamente como fertilizante do solo e as relações existentes com as características microbiológicas do solo.

Segundo Klauberg Filho et al. (2005),

Como resultado da poluição ambiental, muitos cátions metálicos são depositados no solo, onde podem permanecer por um longo período de tempo. Exercendo grande influência sobre os ecossistemas. Alguns desses são essenciais ao metabolismo dos organismos vivos, como é o caso dos micronutrientes Zn, Cu,

Fe, Mn, Ni, Mo e Co, enquanto outros, como Cd, Pb, Cr, Ti, U e Hg, não têm essencialidade comprovada, sendo, ao contrário, tóxicos à maioria das formas de vida. Mesmo os cátions metálicos essenciais, quando em excesso, ocasionam danos e efeitos inibitórios ao crescimento de organismos e sua atividade biológica nos locais contaminados, destacando-se aqueles considerados metais pesados.

Menezes et al. (2003), em estudo com uma única aplicação de 50 e 200 m³ ha⁻¹ de dejetos líquido de suínos, adubação solúvel e testemunha, observaram teores de Cu e Zn no solo (11 e 44,3 mg kg⁻¹) inferiores àqueles considerados como tóxicos pela CETESB (1999), que são 75 e 140 kg ha⁻¹ respectivamente. Segundo Mattias et al. (2003) a aplicação de dejetos líquidos de suínos resultou em acúmulo de Cu biodisponível, especialmente na camada de 0 a 2,5 cm, com valor de 10,8 mg L⁻¹, na dose de 80 m³ ha⁻¹, valor maior que o dobro das parcelas que não receberam ou receberam apenas 40 m³ ha⁻¹ de dejetos líquido de suínos. Os teores de Zn biodisponível aumentaram linearmente com as doses de dejetos líquidos de suínos aplicados, passando de 31,0 para 57,2 e 91,6 mg L⁻¹ para as doses de 40 e 80 m³ ha⁻¹, respectivamente.

2.3. Qualidade biológica do Solo

A utilização de dejetos suínos como fertilizante pode provocar mudanças nas características biológicas, químicas e físicas do solo, influenciando diretamente na qualidade do solo e na sustentabilidade do sistema de produção. Segundo Rosado (2004) a qualidade do solo, que inclui os componentes físicos, químicos e biológicos e suas interações, deve ser incluída na discussão sobre a sustentabilidade, e pode ser definida como a capacidade do solo em funcionar como base e provedor para a produção de culturas, animais e humanos saudáveis, resistir à erosão e minimizar impactos ambientais. Os microrganismos do solo desempenham atividade de grande importância econômica e ambiental nos mais variados tipos de agroecossistemas, com destaque para a decomposição de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes. A conservação e utilização adequada deste recurso biológico são fundamentais para a manutenção da sustentabilidade das atividades produtivas desenvolvidas.

A agricultura do terceiro milênio não poderá ignorar o fato de que o solo possui vida e que ela é fundamental para a manutenção das outras formas de vida existentes no planeta.

Dentro das perspectivas de esgotamento de importantes fontes de recursos naturais não-renováveis, o melhor entendimento do componente biológico será decisivo para a resolução da equação, envolvendo manutenção de altas produtividades e sustentabilidade de sistemas agrícolas (Reis Junior & Mendes, 2006).

Segundo Hungria (2006),

A próxima década será, certamente, marcada por dúvidas da humanidade sobre os melhores rumos a serem seguidos para a preservação e a recuperação dos recursos naturais, cada vez mais escassos, bem como pelas conseqüências, equivocadas ou não, tomadas pelas gerações anteriores em relação ao meio ambiente e à intensificação da agricultura. Hoje, existe um consenso sobre a importância da biodiversidade para esta e para futuras gerações, podendo representar a solução para problemas alimentares, de saúde e de recuperação do meio ambiente. Contudo, os benefícios que podem resultar do conhecimento maior dessa biodiversidade podem ser superados, e muito, pelos problemas resultantes da degradação acentuada dos diversos ecossistemas, fruto de muitos anos de exploração ambiental.

O solo é um sistema dinâmico e complexo, que abriga grande diversidade de formas vivas, principalmente microrganismos. Os microrganismos ocupam todos os nichos onde a vida é termodinamicamente possível e são componentes fundamentais nos processos reativos do solo, através da ciclagem de nutrientes, atuando em vários níveis da cadeia trófica, principalmente como decompositores e simbiotes (O'Donnell & Görres, 1999). Os microrganismos do solo atuam em processos que vão desde a origem do solo (intemperização das rochas), formação e manutenção da sua estrutura, até decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes e biorremediação de poluentes e metais pesados (Reis Junior & Mendes, 2006).

A fração biológica é um dos principais componentes do solo. Essa fração é composta por comunidades de pequenos animais e microrganismos. Muitas das propriedades dos solos são decorrentes da atividade biológica, sendo comum se dizer que um solo sem atividade biológica é um solo sem vida. As relações e interações entre as diferentes comunidades de organismos do solo contribuem para a manutenção da sua vida e para diversos processos que, por sua vez, estão intimamente ligados à cadeia trófica (Araújo & Hungria, 1994). A biomassa microbiana do solo (BMS) é definida como a massa dos microrganismos vivos do solo e é composta de bactérias, fungos, microfauna e algas. A diversidade dessa biomassa é muito grande, estimando-se que apenas 1 cm³ de solo sob pastagem pode conter milhões de bactérias, milhares de protozoários e centenas de fungos,

além de organismos maiores (Ritz et al., 1994). A BMS é um componente crítico de todos os ecossistemas naturais ou manipulados pelo homem, porque é o agente regulador da taxa de decomposição da matéria orgânica e da ciclagem dos elementos (Jenkinson & Ladd, 1981), atuando como fonte (“source”) e dreno (“sink”) dos nutrientes necessários ao crescimento das plantas (Ladd et al., 1985).

Os trabalhos envolvendo análise da BMS podem fornecer informações úteis sobre a dinâmica do reservatório lábil da matéria orgânica do solo. A dinâmica desse reservatório pode ter conseqüências importantes no funcionamento do ecossistema e na qualidade do solo, refletindo na sustentabilidade dos agroecossistemas. Desse modo, estudos sobre a dinâmica da BMS em diferentes sistemas de cultivos ou sistemas de produção podem colaborar para a avaliação dos sistemas, servindo como indicadores da qualidade do solo. A definição de metodologias que possam ser utilizadas em rotina como indicadores de alteração da qualidade do solo em função do manejo empregado, constitui uma etapa importante no desenvolvimento das pesquisas com relação à dinâmica da BMS. A BMS tem demonstrado ser um dos indicadores mais afetados por diferentes formas de manejo do solo, incluindo preparo do solo, rotação de culturas e aplicação de adubos e corretivos (Balota et al., 2003).

Diferentemente do que ocorre com os indicadores químicos de fertilidade, cujos níveis (muito baixo, baixo, médio, adequado e alto) já estão relativamente bem definidos para cada elemento e tipo de solo, a base de informações disponível sobre os dados biológicos ainda é pequena (Reis Junior & Mendes, 2006). A biomassa total de microrganismos funciona como um regente dos processos que ocorrem no solo, além de ser uma fonte de nutrientes às plantas.

Segundo Reis Junior & Mendes (2006),

Alterações significativas na biomassa microbiana podem ser detectadas precocemente, com bastante antecedência quando comparadas às mudanças na matéria orgânica. Sendo assim, a avaliação da biomassa microbiana tem sido proposta como um indicador do estado e das alterações da matéria orgânica do solo e sugerida como uma medida sensível do aumento, ou decréscimo, da sua qualidade.

Ainda segundo o mesmo autor,

Determinações da biomassa microbiana não fornecem indicações sobre os níveis de atividade das populações microbianas, daí a importância dos indicadores que medem a atividade para avaliar o estado metabólico atual e potencial das

comunidades de microrganismos do solo. A determinação da quantidade de CO₂ liberada pela respiração dos microrganismos (também denominada, C prontamente mineralizável) é um dos métodos mais tradicionais utilizados para avaliar a atividade metabólica da população microbiana do solo (Reis Junior & Mendes, 2006).

Tem sido sugerido que a atividade microbiana apresenta maior sensibilidade às alterações ocorridas no solo do que os indicadores físicos e químicos do solo (Balota & Dick, 2006). O perfil, a biomassa, a atividade e a diversidade das comunidades de organismos que fazem parte das cadeias tróficas do solo podem ser utilizados como indicadores da qualidade dos ecossistemas, já que estão relacionados a processos e funções específicas (Rosado, 2004). A relação entre o carbono da biomassa microbiana do solo (Cmic) e o carbono orgânico do solo (Corg) pode ser um indicador da eficiência da conversão de Corg em Cmic. Quando o solo está degradado, geralmente o Cmic diminui mais rápido que a matéria orgânica (Balota & Dick, 2006).

2.4. Utilização de dejetos suíno e alterações biológicas no solo

Uma alternativa viável da destinação do dejetos suíno é sua aplicação em solos cultivados, como fertilizante. Entretanto, aplicações não controladas dos dejetos de suínos podem alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Matos et al., 2006). Do ponto de vista da biota do solo, as aplicações dos dejetos podem ter efeito sobre a diversidade da comunidade microbiana e sua atividade, com reflexos sobre a disponibilidade e ciclagem de nutrientes no agroecossistema (Scaramal et al., 2005). Sobre o impacto nas condições biológicas do solo, os dejetos animais poderão causar alterações quantitativas e qualitativas, pela pressão de seleção sobre os seus organismos (Peters et al., 2000).

Quadro et al. (2004) ao estudar o comportamento do Cmic e do nitrogênio microbiano do solo (Nmic), em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, submetido à aplicação de doses crescentes de dejetos suíno, observou um aumento no teor de Cmic do solo, com valores máximos de Cmic de 600 mg kg⁻¹, encontrados com aplicações de 18 Mg ha⁻¹ de dejetos suíno, o teor de Nmic também sofreu aumento com a adição de dejetos suíno. Estes mesmos autores determinaram que as aplicações de doses elevadas de dejetos

propiciaram uma queda no Cmic, indicando que doses elevadas não proporcionam um bom ambiente para o desenvolvimento da microbiota.

Em experimento instalado em um Latossolo Vermelho Distroférico, com aplicação continuada de dejetos de suínos, após os períodos de aplicação de 3,7 e 26 anos sob a cultura do café, em comparação com área de mata, foi observado que as áreas que receberam o resíduo, apresentaram valores maiores de biomassa até a camada de 60-80 cm (Barilli et al., 2005). Este comportamento foi atribuído à influência da matéria orgânica que atingiu as camadas mais profundas do solo, indicando que a biomassa microbiana do solo foi positivamente influenciada pela adição de dejetos de suínos.

Matos (2006) em experimento de longa duração instalado sob um latossolo vermelho distroférico, com aplicação de doses crescentes de dejetos suíno (0, 30, 60, 90 e 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), encontrou na dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ o maior teor de Cmic com valores de 530 mg kg⁻¹. Estes resultados sugerem que a aplicação continuada de dejetos suíno durante oito anos, resulta em acúmulo e manutenção da matéria orgânica no solo manejada sob plantio direto, avaliados através do Cmic, e que também proporciona um potencial reservatório de C no solo, com menores perdas através da decomposição da matéria orgânica. Os valores obtidos de Nmic variaram entre 76 a 147 mg kg⁻¹, e a adição de dejetos líquidos de suíno proporcionou aumentos médios de 76 a 93 % no nitrogênio microbiano do solo em relação ao controle (sem adubação).

Ainda segundo Matos (2006) os resultados da atividade microbiana determinada através da hidrólise do diacetato de fluoresceína, mostraram aumentos na atividade microbiana no solo para o tratamento que recebeu o dejetos na dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em relação ao controle. Esta diferença na atividade microbiana pode estar relacionada com o aumento de substratos de carbono em função da adição de dejetos suíno no solo, provocando alterações na atividade heterotrófica realizada pelos organismos.

Deng et al. (2006) observou uma redução do conteúdo do carbono microbiano no solo com a aplicação de dejetos suíno, sendo que a dose de 168 kg N ha⁻¹ não diferiu do controle, sendo que os valores dos tratamentos com as doses de 56 e 504 kg N ha⁻¹ foram inferiores ao do controle. Os tratamentos com dejetos de suíno não afetaram significativamente a atividade das enzimas L-asparaginase e L-glutaminase, mas reduziram a atividade da amidase e uréase. O dejetos suíno não resultou em acréscimo da biomassa

microbiana do solo, atividade da dehydrogenase e atividade de enzimas envolvendo transformações do nitrogênio no solo. A porcentagem do total do Corg presente no Cmic decresceu em todos os tratamentos quando comparados com o controle, indicando distúrbios no equilíbrio do carbono, mudanças na estrutura da comunidade microbiana, carbono disponível e eficiência no uso do carbono.

Segundo estudo realizado por Aita et al (2006) comparando os tratamentos com e sem o uso de dejetos em solo descoberto, os fluxos de C-CO₂ com aplicação de dejetos foram superiores na maioria das avaliações realizadas, sendo possível separar o aumento nos fluxos de C-CO₂ provocado pelos dejetos em três fases distintas. Na primeira fase observada ao final do primeiro dia após a aplicação de 40 m³ ha⁻¹ de dejetos, ocorreu o maior fluxo de C-CO₂. Nos dejetos de suínos, houve uma fase inicial de rápida liberação de C-CO₂, seguida de outra mais lenta, enquanto, na palha de aveia, a liberação de C-CO₂ foi praticamente constante, o que evidencia que a cinética de decomposição destes dois materiais orgânicos no solo foi diferente.

2.5. Referências Bibliográficas

AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C.; GIACOMINI, S.J.; HUBNER, A.P. & MARQUES, M.G. Decomposição da palha de aveia preta e dejetos suínos em solo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:149-161, 2006.

ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. Introdução. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M., eds. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.7-8.

BAKSH, A.; KANWAR, R.S. & KARLEN, D.L. Effects of liquid swine manure applications on NO₃-N leaching losses to subsurface drainage water from loamy soils in Iowa. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 109, 118-128, 2005.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.38, p.15-20, 2003.

BALOTA, E.L. & DICK, R.P. Biomassa microbiana e sua atividade em solos submetidos a diferentes manejos. Fertbio, **Anais**. Bonito, MS, 2006.(CDROM).

BARILLI, J. & MORAES, M.H. Biomassa microbiana em latossolo vermelho sob aplicação de resíduos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 30., **Anais**. Recife, SBCS, 2005. (CDROM).

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTTO, E. Dejetos líquidos de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **R. ciência rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p1305-1312, nov-dez, 2005.

BERWANGER, A.L.; CERETTA, C.A.; LOPES, I.C.M.; PECOJESKI, E.; GIROTTTO, E.; TRINTIN, E.E.; VIEIRA, F.C.B. & LORENZZI, C.R. Transferência de fósforo no sistema solo água com aplicação de dejetos líquidos de suíno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 30., **Anais**. Recife, SBCS, 2005. (CDROM).

CANABARRO, D.V.N.; GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; DA ROS, C.O.; GUIDINI, E. & MARQUES, M.G. Acúmulo de nitrogênio e produtividade de milho com o uso de dejetos de suínos manejados na forma líquida e em cama sobreposta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29, **Anais**. Ribeirão Preto, SP, SBCS, 2003. (CDROM).

CASTAMANN, A.; ESCOTEGUY, P.A.V.; CALDEIRA, M. Nitrogênio total e mineral em Latossolo adubado com dejetos líquidos de suínos no sulco e cultivado com trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 30., **Anais**. Recife, SBCS, 2005. (CDROM).

CERRETTA, C.A.; BASSO, C.J.; PAVINATO, P.S.; TRENTIN, E.E. & GIROTTTO, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos suínos líquidos. **R. ciência rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p1287-1295, nov-dez, 2005a.

CERRETTA, C.A.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F.C.B.; HERBES, M.G.; MOREIRA, I.C.L.; BERWANGER, A.L. Dejetos líquidos de suínos: I – perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **R. ciência rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p1296-1304, nov-dez, 2005b.

CERRETTA, C.A.; TRENTIN, E.E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, F.C.B. & GIROTTTO, E. Perdas acumuladas de nitrogênio, fósforo e potássio com o uso de dejetos líquidos de suínos, durante cinco anos. **Fertbio**, **Anais**. Bonito, MS, 2006. (CDROM).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC – **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do sul e santa Catarina**. NRS/SBCS, Porto Alegre, 2004.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. Manejo de dejetos suínos. **Boletim informativo de pesquisa – BIPERS nº 11**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 1998.

DENG, S.P.; PARHAM, J.A.; HATTEY, J.A. & BABU, D. Animal manure and anhydrous ammonia amendment alter microbial carbon use efficiency, microbial biomass, and activities of dehydrogenase and amidohydrolases in semiarid agroecosystems. **Applied soil ecology**, 33, 258-268, 2006.

EPAGRI. Conheça a qualidade fertilizante do esterco de suínos. Epagri, Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades –CPPP, Chapecó-SC, 1997, **Boletim Técnico 168**.

HASELWANDTER, K.; LEYVAL, C. & SANDERS, F.E. impact of arbuscular mycorrhizal fungi on plant uptake of heavy metals and radionuclides from soil. In: GIANINAZZI, S. & SCHÜEPPS, H., eds. **Impact of arbuscular mycorrhizal on sustainable agriculture and natural ecosystems**. Basel, Birkhäuser Verlag, 1994. p.179-189.

HUNGRIA, M. Microbiologia do solo, rumos e rumores: biodiversidade x biotecnologia, bioprospecção x transgênia, riqueza genética x funcionalidade. **Palestra apresentada na Fertilbio 2006**, Bonito, MS. 2006. (CDROM)

IBGE, **Produção da Pecuária Municipal 2004**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 06 de out. de 2006.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soils: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N., eds. **Soil biochemistry**, 5. New York: Marcel Decker, 1981. p.415-471.

KLAUBERG FILHO, O; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; SOARES, F.S. & SILVA, S. Ecologia, função e potencial de aplicação de fungos micorrízicos arbusculares em condições de excesso de metais pesados. **Tópicos em ciência do solo**, SBCS, Viçosa, MG, 2005. p.86.

KONZEN, E.A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos suínos e cama de aves. **V Seminário Técnico da Cultura do Milho**. Videira, SC. Agosto de 2003.

KONZEN, E.A. Dejetos de suínos fermentados em biodigestores e seu impacto ambiental como insumo agrícola. **Seminários Técnicos de Suinocultura**. VII Simpósio Goiano de avicultura e II Simpósio de suinocultura. Goiânia – GO, setembro de 2005.

LADD, J.N.; AMATO M.; OADES, J.M. Decomposition of plant material in Australian soils. III. Residual organic and microbial biomass C and N from isotope-labelled legume material and soil organic matter, decomposing under field conditions. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.23, p.603-611, 1985.

O'DONNELL, A.G.; GORRES, H. 16S rDNA methods in soil microbiology. **Current Opinion in Biotechnology**, Oxford, v.10, p.225-229, 1999.

PERDOMO, C.C.; OLIVEIRA, P.A.V.; KUNZ, A. Sistemas de tratamento de dejetos suínos: **inventário tecnológico**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003. 83p. (Documentos, 85)

PERDOMO, C. C.; COSTA, R. R. H.; MEDRI, W.; MIRANDA, C. R. Dimensionamento de sistemas (decantador de lagoas) e utilização de dejetos suínos. **Comunicado Técnico**. (EMBRAPA - CNPSA). Concórdia - SC, 1999.

PETERS, S.; KOSCHINSKY, S.; SCHWIEGER, F.; TEBBE, C.C. Succession of microbial communities during hot composting as detected by PCR-single strand-conformation polymorphism-based genetic profiles of small-subunit rRNA genes. **Appl. Environ. Microbiol.**, 66:930-936, 2000.

QUADRO, M.S.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; SILVA, D.G. & BRISILARA, C.V. Alterações microbiológicas no solo induzidas pela aplicação de dejetos de suínos e calcário. **Fertbio, Anais**. Lages, SC, 2004.(CDROM).

REIS JUNIOR, F.B. & MENDES, I.C. Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. **Palestra apresentada na Fertbio 2006**, Bonito, MS. 2006. (CDROM)

RITZ, K.; DIGHTON, J.; GILLER, K.E. **Beyond the biomass compositional and functional analysis of soil microbial communities**. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. 275 p.

ROCHETTE, P.; ANGERS, D.; CÔTÉ, D. Soil carbon and nitrogen dynamics following of pig slurry for the 19th consecutive year: I. carbon dioxide fluxes and microbial biomass carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, 2000.

ROSADO, A.S. Diversidade e dinâmica de comunidades microbianas do solo. **Palestra apresentada na Fertbio 2004**. Bonito, MS. 2006. (CDROM)

SCARAMAL, A.; COLLOZZI-FILHO, A. & ANDRADE, D.S. Diversidade de bactérias, Archaea e fungos em solo sob plantio direto com aplicações de chorume de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 30., **Anais**. Recife, SBCS, 2005. (CDROM).

SEGANFREDO, M.A. & GIROTTO, A.F. Custos de armazenagem e aplicação juntam-se aos riscos ambientais como fatores restritivos ao uso de dejetos suínos como fertilizante do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 30., **Anais**. Recife, SBCS, 2005. (CDROM).

SEGANFREDO, M.A. Viabilidade econômico-ambiental do uso de dejetos animais e lodos de esgoto como fertilizante. **Palestra apresentada na Fertbio 2006**. Bonito, MS, 2006.(CDROM)

SEGANFREDO, M.A. & GIROTTO, A.F. Custos de armazenagem e transporte podem inviabilizar a adubação com dejetos de suínos. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. 5., **Anais**. Florianópolis, SBCS-NRS, 2004. (CDROM).

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

SEGANFREDO, M.A. A aplicação do princípio do balanço de nutrientes, no planejamento do uso de dejetos animais para adubação orgânica. Concórdia, EMBRAPA-CNPSA, **Comunicado técnico, N° 291**, 2001.

SEIFFERT, N. F.; PERDOMO, C. C. Aptidão de solos da bacia hidrográfica do rio do peixe para aporte de fertilizantes orgânicos. **Comunicado Técnico**. (EMBRAPA - CNPSA). Concórdia - SC, 1998.

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A.N.; PROCHNOW, L.I. Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. **Sci. Agric.**, 63:194-209, 2006.

MATOS, M.A.; ANDRADE, D.S.; COLOZZI-FILHO, A. BALOTA, E.L. & LOBO, I. Biomassa e atividade microbiana no solo após aplicações consecutivas de resíduos da suinocultura. **Fertbio, Anais**. Bonito, MS, 2006.(CDROM).

MATOS, M.A.; Indicadores químicos e microbiológicos do solo após aplicação de resíduos de suínos em sistema de plantio direto. **Dissertação de Mestrado**, Londrina, 2006.

MATTIAS, J.A.; PAVINATO, P.S.; PANDOLFO, C.M.; RHEINHEIMER, D.S.; FERREIRA, F.P.; STRECK, C.A.; CHIAPINOTTO, I. & BASSO, C.J. Cobre, zinco e manganês no solo com aplicação de dejetos suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29, **Anais**. Ribeirão Preto, SP, SBCS, 2003. (CDROM).

MCBRIDE, M.B. **Environmental Chemistry of Soil**. 1 ed. New York, Oxford University Press, 1994, 406p.

MENEZES, J.F.S.; SILVA, G.P.; CAMPOS, W.J. & ALVARENGA, R.C. Teores de metais pesados (Cu e Zn) no milho cultivado em solo adubado com dejetos líquidos de suínos e fertilizante químico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29, **Anais**. Ribeirão Preto, SP, SBCS, 2003. (CDROM).

MOREIRA, E. B. Efeito fertilizante de dejetos suíno aplicado em lavoura sob plantio direto. **Dissertação de Mestrado**. UDESC/CAV, Lages, 2004.

3. Capítulo 1

Adição de dejetos suínos e indicadores microbiológicos e químicos relacionados à qualidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico, em sistema de semeadura direta de milho.

Resumo:

A produção de suínos no Estado de Santa Catarina se encontra predominantemente em sistemas confinados, proporcionando um elevado volume de dejetos por unidade produtiva. O descarte não controlado deste resíduo pode resultar em grave poluição ambiental e, nesse sentido, buscam-se formas de descarte seguro de modo a minimizar a poluição. Tendo em vista essa necessidade, vem sendo conduzido um experimento a campo, iniciado em novembro de 2001, com a aplicação de doses de dejetos suíno (0, 25, 50, 100 e 200 m³.ha⁻¹), além dos tratamentos adubação solúvel e combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹. O experimento foi instalado no município de Campos Novos, SC, sobre um Latossolo Vermelho Distroférrico. Foram cultivados milho e aveia em sucessão e sob o sistema de semeadura direta. Foram estudadas as alterações nos indicadores microbiológicos e químicos do solo, sendo determinados o carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana do solo, o carbono orgânico (Corg) e nitrogênio total (Nt) e suas relação com a biomassa microbiana do solo, os teores de estoque de carbono, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, cobre e zinco do solo, em duas épocas de amostragem do solo por ano, em outubro e janeiro, nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06. Foi utilizada a análise estatística multivariada para a avaliação dos dados obtidos e foi aplicado o teste de contraste entre os tratamentos. Para os indicadores microbiológicos foi possível identificar que o Nmic, e a relação Nmic:Nt foram os que mais contribuíram na diferenciação dos tratamentos. Entre os atributos químicos o Nt, Cu e Corg foram os que mais contribuíram na diferenciação dos tratamentos. Quanto à análise dos contrastes podemos concluir que os tratamentos com adição de dejetos influenciaram positivamente os indicadores estudados quando comparado com a adubação solúvel.

Palavras-chave: dejetos suíno, C microbiano, N microbiano, análise multivariada.

Abstract

Swine production in the state of Santa Catarina is done mostly in confined systems, producing a great amount of waste. The non-controlled discard of swine waste can cause serious ambient pollution and thus it is looked for safe ways of waste discard minimizing pollution problems. Observing this necessity it was lead a field experiment, start to November of 2001, with application of increasing doses of swine waste (0, 25, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹), besides regular treatments soluble manuring and combination soluble manuring and 12.5 m³ ha⁻¹ swine waste. The experiment was carried in the municipal district of Campos Novos, SC, on a Latossolo Vermelho Distroférrico. Corn (*Zea mays*) and oats (*Avena sativa*) were cultivated in succession and under the system of no tillage. It was determined alterations in soil microbial and chemical characteristics by the quantification of carbon (Cmic) and nitrogen (Nmic) in the soil microbial biomass, organic carbon (Corg) and total nitrogen (Nt) and its relation with the soil microbial biomass, the contents of stock of carbon, potassium, phosphorus, calcium, magnesium, copper and zinc of the soil, in two different epochs of soil sampling collected in the agricultural years of 2004/05 and 2005/06. It was used a multivariate analysis of variance and contrast analysis among the treatment in order to evaluate the data obtained. For microbial indicator it was possible to identify that Nmic and the relation Nmic:Nt as the best microbial indicators. For the chemical indicator Nt, Cu and Corg were the ones that contributed more to explain the results. When considering the contrast analysis it is possible to conclude that the treatment using swine waste has benefited more the indicator when compared to treatment using soluble manuring.

Key words: swine waste, C microbial, N microbial, multivariate analysis.

3.1. Introdução

A suinocultura é uma atividade agropecuária de destaque na região sul do Brasil, mas tem sido questionada do ponto de vista ambiental pela produção de grande volume de dejetos que, quando lançados diretamente no ambiente (no solo ou cursos de água), provocam poluição. Esta preocupação é particularmente importante para o estado de Santa Catarina, que é um dos principais produtores do Brasil e conta com um rebanho de aproximadamente cinco milhões de suínos, que estão concentrados em regiões produtoras, principalmente no oeste do estado (Perdomo et al., 2003). Com o aumento da disponibilidade de dejetos orgânicos com potencial de uso agrícola e o avanço no conhecimento da poluição difusa no meio rural, a utilização desses dejetos como fertilizante passa a exigir uma reavaliação, dentro de uma perspectiva mais abrangente do que aquela restrita ao suprimento de macronutrientes para as plantas ou a concepção genérica de que melhoram as condições químicas, físicas e biológicas do solo (Seganfredo, 2006).

A utilização de dejetos suíno como fertilizante do solo pode provocar mudanças nas características biológicas, químicas e físicas do solo, influenciando diretamente na qualidade do solo e na sustentabilidade do sistema de produção. Segundo Rosado (2004) a qualidade do solo, que inclui os componentes físicos, químicos e biológicos e suas interações, deve ser incluída na discussão sobre sustentabilidade, e pode ser definida como a capacidade do solo de funcionar como base e como provedor para a produção de culturas, animais e humanos saudáveis, resistir á erosão e minimizar impactos ambientais. Os microrganismos do solo desempenham atividade de grande importância econômica e ambiental nos mais variados tipos de agroecossistemas, com destaque para a decomposição de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes. A conservação e utilização adequada deste recurso biológico são fundamentais para a manutenção da sustentabilidade.

Estudos atuais têm focado a avaliação de indicadores químicos, físicos, e em menor grau, dos biológicos, considerando sempre a análise univariada dos dados coletados (cada variável em separado). Há que se considerar, entretanto, que devido às possíveis correlações que existem entre as diversas variáveis, o uso de análises multivariada seria a mais adequada, já que considera um conjunto de variáveis correlacionadas. Portanto,

estudos utilizando análise multivariada possibilitam o entendimento dos efeitos da adição destes dejetos considerando um conjunto de variáveis e permitindo a identificação daquelas que possuem maior peso na diferenciação de sistemas de adubação e de doses de dejetos suíno seguros para aplicação ao solo.

O objetivo deste estudo foi estimar o efeito da adição continuada de dejetos suíno em comparação com a adubação solúvel e adubação solúvel mais complementação com dejetos suíno, sobre indicadores da qualidade microbiológica e química de um Latossolo Vermelho Distroférico, utilizando a análise multivariada.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Área experimental

O presente estudo foi realizado em um experimento implantado na propriedade rural de um produtor de suínos afiliado à Cooperativa regional de Campos Novos (Coopercampos), localizada no município de Campos Novos no estado de Santa Catarina, com altitude média de 863 m e as seguintes coordenadas geográficas do ponto central da área do experimento: W 51° 21' 47'' e S 27° 23' 34,5'' (Figura 1). O experimento foi instalado em outubro de 2001, sobre um Latossolo Vermelho Distroférico, para estudo dos efeitos da adição continuada (de longo prazo) de doses de dejetos suíno na qualidade do solo, em sistema de semeadura direta de milho. Foram testados os seguintes tratamentos: adubação solúvel (AS), conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente). Antes da implantação do experimento a área era utilizada para cultivo de plantas de lavoura (milho, soja, feijão, trigo e aveia) e manejada em sistema de semeadura direta. Na safra de 2000/2001, no ano anterior à aplicação dos tratamentos, o agricultor realizou uma adubação com dejetos suíno em toda área, com a dose de 20 m³ ha⁻¹.



Figura 1. Vista geral do experimento com cultivo de milho, em dezembro de 2005.

Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, dispostas em blocos casualizados, totalizando 28 parcelas com área total de $75,6 \text{ m}^2$ ($12 \text{ m} \times 6,3 \text{ m}$). As bordaduras das parcelas foram de 1 metro nas cabeceiras e 0,7 m nas laterais, resultando em área útil de 45 m^2 . Foi cultivado milho (*Zea mays*) e aveia (*Avena sativa*) em sucessão, manejado em sistema de semeadura direta. Os tratamentos foram aplicados antes da semeadura do milho. Para o tratamento AS, foram utilizados 140 kg ha^{-1} de nitrogênio, sendo 40 kg ha^{-1} na base e 100 kg ha^{-1} em cobertura, 70 kg ha^{-1} de fósforo e 100 kg ha^{-1} de potássio. No tratamento com adubação AS+D foram utilizados, além do dejetos suíno, e 70 kg ha^{-1} de potássio aplicado na base e 45 kg ha^{-1} de nitrogênio aplicado em cobertura.

3.2.2. Amostragem e análises microbiológicas e químicas do solo

Foram realizadas amostragens para avaliação de indicadores microbiológicos e químicos do solo nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06. Nos três anos agrícolas anteriores (2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004), foram estudados indicadores químicos do solo e rendimento das culturas.

As coletas de amostras de solo foram realizadas em duas épocas em cada ano agrícola: na primeira quinzena de outubro, um ano após a última aplicação de dejetos suíno e antes da próxima aplicação, e na primeira quinzena de janeiro, três meses após a última aplicação de dejetos suíno e com a cultura do milho em pleno desenvolvimento. Em cada parcela experimental foram coletadas três amostras compostas por 12 subamostras (pontos de coleta). As amostras foram coletadas utilizando trado do tipo Holandês, na camada de 0 a 10 cm. Para as análises microbiológicas foram coletadas duas amostras compostas por parcela, enquanto que para as análises químicas foi coletada uma amostra composta por parcela.

Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas em caixa térmicas para o laboratório, as amostras destinadas às análises microbiológicas foram armazenadas em geladeira durante o período de análise e as amostras para análises químicas foram secas, peneiradas e armazenadas para as determinações.

A determinação do teor de carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) nas amostras de solo foi realizada utilizando o método da fumigação-extração descrito por Vance et al. (1987). O teor de nitrogênio da biomassa microbiana (N_{mic}) foi determinado segundo De-Polli e Guerra (1999). O teor de nitrogênio total no solo (N_t) foi determinado por destilação baseado no método de Kjeldahl, o teor de carbono orgânico do solo (C_{org}) foi determinado pela oxidação dos compostos orgânicos do solo por dicromato em meio ácido, os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu) e zinco no solo (Zn) foram determinados por espectrofotometria de absorção, o teor de fósforo disponível no solo (P) foi determinado pelo método do extrator duplo ácido (Mehlich) e colorimetria, o teor de potássio disponível no solo (K) foi determinado no fotômetro de chama, todos estes indicadores químicos foram determinados segundo metodologias descritas em Tedesco et al. (1995). O estoque de carbono do solo foi calculado utilizando os valores de densidade do solo e carbono orgânico do solo do solo. A densidade do solo foi determinada pelo método dos anéis volumétricos descrita por Blake et al. (1986), foram utilizados três pontos de coleta por parcela, sendo retiradas amostras na profundidade de 0-5cm e de 5-10cm. Com base nos teores de C_{mic} , C_{org} , N_{mic} e N_t foram calculadas as relações $C_{mic}:C_{org}$, $N_{mic}:N_t$, $C_{mic}:N_{mic}$ e $C_{org}:N_t$.

O dejetto de suíno aplicado foi coletado da esterqueira da granja de suínos com animais em fase de terminação, em sistema de confinamento, localizada na propriedade onde a área experimental foi implantada. Este material ficou armazenado em esterqueiras por aproximadamente 40 dias antes da aplicação. Foram determinadas as seguintes características químicas do dejetto suíno: carbono, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre e zinco do dejetto referente ao ano de 2004/05 e o carbono referente ao ano de 2005/06, segundo metodologias descritas por Tedesco et al. (1995), os outros dados foram cedidos por Cassol (2006) (Tabela 1). O dejetto foi distribuído a lanço, com mangueira conectada a um distribuidor de lançamento de dejetto, no dia da semeadura. A vazão do distribuidor foi calculada a campo antes da aplicação do dejetto. Os demais tratamentos também foram aplicados a lanço em superfície.

Tabela 1. Matéria seca, pH e teores de carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco e cobre no dejetto suíno (base seca) aplicado em um Latossolo Vermelho, nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/2006.

Característica	2004/05	2005/06
pH	7,6	7,8
Matéria seca (g kg ⁻¹)	32,0	56,0
Carbono (g kg ⁻¹)	13,8	21,8
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	26,2	32,0
Fósforo (g kg ⁻¹)	29,5	27,0
Potássio (g kg ⁻¹)	16,0	20,0
Cálcio (g kg ⁻¹)	25,5	18,0
Magnésio (g kg ⁻¹)	1,0	0,9
Zinco (mg kg ⁻¹)	56,0	32,0
Cobre (mg kg ⁻¹)	10,4	8,8

3.2.3. Análise estatística

Os dados das variáveis estudadas foram submetidos à análise multivariada de contrastes canônicos, considerando como fatores de variação: tratamentos, blocos, anos agrícolas e épocas de amostragem. Os indicadores do solo foram analisados separadamente em indicadores microbiológicos: Cmic, Nmic e as relações entre o Cmic:Corg, Nmic:Nt, Cmic:Nmic; e indicadores químicos: Corg, Nt, estoque de carbono, Ca, Mg, P, K, Cu, Zn e a relação entre o Corg e o Nt (C:N).

Os tratamentos de adição de dejetos suínos foram comparados por meio dos seguintes contrastes canônicos ortogonais:

1. O tratamento D0 contra a média dos tratamentos AS, AS+D, D25, D50, D100 e D200 (D0 x AS, AS+D, D25, D50, D100 e D200);
2. AS contra a média dos tratamentos AS+D, D25, D50, D100 e D200 (AS x AS+D, D25, D50, D100 e D200);
3. O tratamento AS+D contra a média dos tratamentos D25, D50, D100 e D200 (AS+D x D25, D50, D100 e D200);
4. O tratamento D25 contra a média dos tratamentos D50, D100 e D200 (D25 x D50, D100 e D200);
5. O tratamento D50 contra a média dos tratamentos D100 e D200 (D50 x D100 e D200)
6. O tratamento D100 contra o tratamento D200 (D100 x D200).

Os contrastes foram estimados para cada um dos anos agrícolas e para as duas épocas de amostragem, ou seja, cada contraste é testado na época de outubro no ano de 2004/05 depois no ano de 2005/06, na época de janeiro no ano de 2004/05 e depois no ano de 2005/06.

3.3. Resultados e discussão

Os efeitos dos tratamentos sobre os indicadores microbiológicos e químicos da qualidade do solo são apresentados de forma separada.

3.3.1. Indicadores microbiológicos do solo

Os indicadores microbiológicos foram submetidos à análise de variância de acordo com os fatores de variação: tratamentos, blocos, anos agrícolas e épocas de amostragem, dessa forma foi possível observar as interações existentes entre cada indicador e fator de variação, determinando se a interação foi simples, dupla ou tripla. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado da análise de variância para os indicadores microbiológicos carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana e das relações entre o Cmic e o carbono orgânico (Corg), entre o Nmic e o nitrogênio total (Nt) e entre o Cmic e o Nmic e fatores de variação: tratamentos, ano agrícola e época de amostragem.

Fator de variação	Cmic	Nmic	Cmic:Corg	Nmic:Nt	Cmic:Nmic
Adubação	ns	**	ns	**	ns
Época	**	**	**	**	**
Ano	**	**	**	**	**
Adubação*Época	ns	**	ns	**	ns
Adubação*Ano	ns	**	ns	**	ns
Época*Ano	**	**	**	**	ns
Adubação*Época*Ano	ns	**	ns	**	ns

** - Significativo a 1% pelo teste F.

* - Significativo a 5% pelo teste F.

ns - Não significativo pelo teste F.

Observou-se que os valores de Cmic dos tratamentos com a adição de dejetos suíno e AS foram maiores em relação ao tratamento D0, exceto na amostragem realizada em janeiro de 2005 quando os valores de Cmic dos tratamentos com AS+D e D50 foram inferiores ao tratamento D0. Os maiores valores de Cmic encontrados foram de 467,2 e 437,8 mg kg⁻¹ para os tratamentos D100 e D200 respectivamente, na amostragem de janeiro de 2005 (Tabela 3). O aumento do Cmic provocado pela a adição de dejetos suínos também foi evidenciado por diversos trabalhos (Deng et al., 2006; Matos, 2006; Quadro et al., 2004 e Rochette et al. 2000). A aplicação anual de dejetos suíno no solo com a dose de 120 Mg ha⁻¹ provocou aumentos nos teores de Cmic de 100 mg kg⁻¹ para 370 mg kg⁻¹ (Rochette et al., 2006). Matos (2006) em experimento de longa duração (oito anos) instalado sob um latossolo vermelho distroférico em Palotina-PR, com aplicação de doses crescentes de dejetos suíno (0, 30, 60, 90 e 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), encontrou na dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, o maior teor de Cmic do solo com valores de 530 mg kg⁻¹. Quadro et al. (2004) ao estudar o comportamento do Cmic e Nmic, em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, submetido à aplicação de doses crescentes de dejetos suíno, observou que a adição crescente de dejetos de suíno causou aumento no teor de Cmic do solo com valores máximos de Cmic de 600 mg kg⁻¹, encontrados com aplicações de 18 Mg ha⁻¹ de dejetos suíno. Segundo Barilli et al. (2005) não houve diferenças no teor de Cmic na camada de 0 a 10 cm do solo, em áreas de mata, ou que receberam aplicação anual de dejetos suíno durante 3, 7 e 26 anos.

Tabela 3. Teores dos indicadores microbiológicos carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana e das relações entre o Cmic e o carbono orgânico (Corg), entre o Nmic e o nitrogênio total (Nt) e entre o Cmic e o Nmic, observados em outubro e janeiro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, em um Latossolo Vermelho Distroférrico tratado com adubação solúvel (AS), conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente). Média de quatro repetições.

Tratamento	Cmic (mg kg ⁻¹)		Nmic (mg kg ⁻¹)		Cmic:Corg (%)		Nmic:Nt (%)		Cmic:Nmic (%)	
	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan
Ano agrícola de 2004/05										
AS	171,07	500,48	63,73	66,18	0,56	1,51	4,81	4,88	2,70	7,52
AS+D	192,74	371,01	86,34	90,85	0,64	1,23	6,55	6,50	2,27	4,08
D0	153,49	380,44	52,61	46,09	0,51	1,28	4,10	3,49	2,94	8,30
D25	241,45	404,42	81,63	74,31	0,79	1,23	6,08	5,27	3,06	5,43
D50	272,78	355,13	82,87	79,17	0,93	1,07	6,14	5,59	3,30	4,53
D100	260,38	467,22	86,74	42,22	0,87	1,40	6,28	2,89	3,13	11,03
D200	183,63	437,82	80,00	33,21	0,61	1,29	5,75	2,26	2,34	13,29
Ano agrícola de 2005/06										
AS	216,56	223,13	120,71	133,18	0,74	0,76	8,66	9,48	1,80	1,67
AS+D	244,99	251,41	204,69	156,99	0,86	0,84	14,60	11,70	1,19	1,60
D0	241,18	200,99	179,05	116,61	0,83	0,71	14,35	9,60	1,34	1,72
D25	313,24	253,78	257,57	175,71	1,11	0,80	18,34	12,50	1,21	1,44
D50	243,43	223,37	217,67	141,35	0,84	0,68	15,33	9,92	1,11	1,58
D100	302,96	250,03	133,48	119,09	1,06	0,73	9,35	8,07	2,28	2,10
D200	247,50	241,41	148,18	127,16	0,86	0,73	10,04	7,84	1,66	1,90

A relação Cmic:Corg nos mostra a fração do Corg que é pertencente à biomassa microbiana do solo, a relação variou entre os tratamentos e épocas de amostragem de 0,51% no tratamento D0 até valores de 1,51% no tratamento AS (Tabela 3). Matos (2006) em experimento de longa duração com aplicação de doses crescentes de dejetos de suínos observou valores para a relação Cmic:Corg de 1,49% para o tratamento controle (sem adubação) e a variação entre 1,79 e a 2,17% para as doses de 30 a 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos suíno.

Os maiores valores de Nmic foram encontrados nas amostragens de outubro de 2005 e janeiro de 2006, sendo o maior valor individual de 257,57 mg kg⁻¹ observado no tratamento D25 na amostragem de outubro de 2005 (Tabela 3). Quadro et al. (2004) observou aumentos nos teores de Nmic com adição de dejetos suínos. Em estudo realizado com aplicação continuada de doses crescentes de dejetos de suíno, observou que os valores de Nmic variaram entre 76 a 147 mg kg⁻¹, e que a adição de dejetos suíno proporcionou aumentos médios de 76 a 93% no nitrogênio microbiano do solo, em relação ao controle, respectivamente (Matos, 2006). Porém Deng et al. (2006) não encontrou diferenças nos teores de Nmic com a aplicação de dejetos suínos em três doses 56, 168 e 504 kg N ha⁻¹, em relação ao tratamento controle, o teor de Nmic variou entre 50 e 60 mg kg⁻¹.

A relação Nmic:Nt indica a fração do Nt que está contido no nitrogênio da biomassa microbiana. Os valores observados dessa relação foram elevados quando comparamos com outros valores encontrados na bibliografia consultada, o que pode estar relacionado com os altos teores de Nmic encontrados, o que provocou o aumento dos valores da relação Nmic:Nt. Os valores encontrados para relação Nmic:Nt variaram de 2,26% para o tratamento D200, na amostragem de janeiro de 2005, até valores de 18,34% para o tratamento D25, na amostragem de outubro de 2005 (Tabela 3). Segundo estudos realizados por Matos (2006) em um Latossolo Vermelho Distroférico, a porcentagem de N-mic em relação ao nitrogênio orgânico apresentou valores médios de 2,00% para o tratamento controle e variou entre 3,42 a 3,52% nos tratamentos com aplicação de dejetos suíno. A maior relação N-mic:Norg observada no solo com adição de dejetos pode representar uma maior capacidade da microbiota em armazenar frações significativas do N em sua biomassa, representando uma fração lábil deste nutriente para o agrossistema.

Na relação Cmic:Nmic o maior valor encontrado foi de 13,29% no tratamento D200, na amostragem realizada em janeiro de 2005, o menor valor foi de 1,16% no tratamento AS+D, na amostragem realizada em janeiro de 2006 (Tabela 3). A relação Cmic:Nmic da biomassa microbiana é considerada um indicador importante porque fornece a indicação da composição da microbiota do solo, em termos de grupos microbianos tais como fungos e bactérias. Os valores mais altos dessa relação indicam predominância de uma maior população de fungos em relação a bactérias, porque os fungos têm maior proporção de carbono em sua biomassa. Analisando os valores encontrados por Matos (2006), observamos que os valores médios da relação Cmic:Nmic apresentaram alterações com adição de dejetos suíno e oscilaram entre 3,29 a 3,79%, sendo inferiores ao valor de 4,23% do tratamento sem aplicação de dejetos suíno.

Os resultados do teste estatístico multivariado Wilk's Lambda utilizado na comparação dos contrastes canônicos multivariados entre os tratamentos e os coeficientes canônicos homogêneos dos indicadores microbiológicos que nos mostra a contribuição de cada um teve na separação dos tratamentos, são apresentados na Tabela 4.

A comparação entre os tratamentos por meio dos contrastes foi realizada em cada época e ano de amostragem, devido à existência de interação tripla entre os fatores de variação, ou seja, existe interação entre o tratamento, época e ano de amostragem. Para os indicadores microbiológicos o tratamento D0 foi inferior à média de todos os outros tratamentos. O tratamento AS é inferior quando comparado com a média dos tratamentos que recebem dejetos suínos, observamos que o tratamento AS é inferior, indicando que os dejetos suínos proporcionaram um favorecimento dos indicadores microbiológicos estudados. Segundo os coeficientes canônicos homogêneos o Nmic e Nmic:Nt foram os indicadores que mais contribuíram para a diferenciação deste contraste, como pode ser observado na Tabela 4. Quando o tratamento AS+D é comparado com a média dos tratamentos que receberam apenas o dejetos suíno, observamos que a média dos outros tratamentos foi superior, o que pode indicar que a dose de dejetos suíno contido no tratamento AS+D é baixa.

Tabela 4. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores microbiológicos carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana e das relações entre o Cmic e o carbono orgânico (Corg), entre o Nmic e o nitrogênio total (Nt) e entre o Cmic e o Nmic, obtidos na análise dos contrastes canônicos ortogonais entre os tratamentos adubação solúvel (AS), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente), para as épocas de amostragem de janeiro e outubro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06.

Contraste testado	Cmic		Nmic		Cmic:Corg		Nmic:Nt		Cmic:Nmic	
	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan
Ano agrícola de 2004/05										
D0 x AS, AS+D, D25, D50, D100 e D200	0,32**	-2,68**	27,05**	-32,44**	-0,02**	1,65**	-19,12**	27,48**	-0,10**	1,69**
AS x AS+D, D25, D50, D100 e D200	0,02**	3,30**	22,61**	-29,67**	0,24**	-0,42**	-14,38**	26,78**	0,11**	-4,74**
AS+D x D25, D50, D100 e D200	-0,54**	1,64**	-39,56**	0,01**	0,26**	0,51**	40,12**	3,12**	0,12**	-4,35**
D25 x D50, D100 e D200	0,63 ^{ns}	3,03**	-43,71 ^{ns}	-2,13**	-0,40 ^{ns}	-0,22**	40,92 ^{ns}	2,80**	-0,21 ^{ns}	-5,52**
D50 x D100 e D200	0,16 ^{ns}	2,84**	-41,13 ^{ns}	1,80**	1,01 ^{ns}	-0,29**	38,96 ^{ns}	-0,31**	-1,35 ^{ns}	-5,22**
D100 x D200	0,24 ^{ns}	-3,53**	-5,96 ^{ns}	0,99**	0,93 ^{ns}	0,34**	11,34 ^{ns}	0,26**	-0,54 ^{ns}	6,03**
Ano agrícola de 2005/06										
D0 x AS, AS+D, D25, D50, D100 e D200	-0,11**	-0,24**	-43,99**	-44,70**	0,37**	0,56**	42,35**	41,17**	-0,37**	-0,58**
AS x AS+D, D25, D50, D100 e D200	-0,99**	-0,98**	24,96**	-41,54**	0,24**	1,21**	-15,90**	36,19**	1,66**	-0,60**
AS+D x D25, D50, D100 e D200	-1,54**	-0,70**	-18,56**	-40,02**	0,40**	0,79**	25,04**	40,84**	2,11**	0,04**
D25 x D50, D100 e D200	-1,18**	-1,14**	8,97**	-16,02**	0,39**	0,63**	0,21**	22,90**	1,79**	1,25**
D50 x D100 e D200	-1,36**	-0,88**	12,43**	-35,98**	0,20**	0,61**	-3,07**	38,45**	2,31**	0,62**
D100 x D200	0,90**	0,26**	-42,13**	-44,76**	0,33**	0,20**	36,17**	41,86**	-1,99**	-0,71**

** - Significativo a 1% pelo teste Wilk's Lambda.

* - Significativo a 5% pelo teste Wilk's Lambda.

ns - Não significativo pelo teste Wilk's Lambda.

A comparação do tratamento D25 com a média dos tratamentos D50, D100 e D200 indicou que os tratamentos não foram diferentes apenas na coleta realizada em outubro de 2004, um ano após a última aplicação de dejetos suíno. Nas outras coletas o tratamento D25 foi inferior à média dos tratamentos D50, D100 e D200, sugerindo que as doses mais elevadas que $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno favoreçam os indicadores microbiológicos estudados. Quando comparamos o tratamento D50 com a média dos tratamentos D100 e D200, observamos que o tratamento D50 foi superior no ano de 2005/06 e em janeiro de 2005 indicando que doses muito altas de dejetos suíno não favorecem os indicadores microbiológicos estudados. Quando comparamos o tratamento D100 com o D200, observamos que o tratamento D100 foi superior ao tratamento D200 no ano de 2005/06 e em janeiro de 2005. Em todos os contrastes testados os indicadores microbiológicos que mais contribuíram para a diferenciação dos contrastes entre os tratamentos foram o Nmic e o Nmic:Nt segundo os coeficientes canônicos homogeneizados.

A análise multivariada dos indicadores do solo através do teste estatístico multivariado Wilk's Lambda ($P < 0,0001$) demonstrou que as funções canônicas contribuem significativamente para a separação dos tratamentos, épocas de amostragem e anos agrícolas estudados. Para os indicadores microbiológicos foram escolhidas as duas primeiras funções canônicas discriminantes obtidas, que explicam 94,98 % dos resultados, sendo 79,16 % pela primeira FDC. A lógica da análise canônica discriminante (ACD) consiste em obter uma combinação linear (Z) das variáveis independentes (Y), de forma que a correlação entre Z e Y seja maximizada. A ACD transforma as variáveis originais em um número pequeno de variáveis compostas, denominadas funções canônicas discriminantes (FCD). Elas consistem nos pesos canônicos das variáveis originais, que fornecem informações sobre o poder de discriminação de cada uma delas (PURIN, 2005). Os indicadores microbiológicos que contribuíram de forma mais significativa para a separação dos tratamentos, épocas e anos de amostragem, segundo os coeficientes canônicos homogeneizados, foram o Nmic e a relação Nmic:Nt (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores microbiológicos carbono (Cmic) e nitrogênio (Nmic) da biomassa microbiana e das relações entre o Cmic e o carbono orgânico (Corg), entre o Nmic e o nitrogênio total (Nt) e entre o Cmic e o Nmic, obtidos para as Funções Canônicas Discriminantes 1 e 2.

Indicadores	Função Canônica Discriminante 1	Função Canônica Discriminante 2
Cmic	0,91	-3,07
Nmic	30,45	-10,47
Cmic:Corg	-0,19	0,86
Nmic:Nt	-24,19	17,37
Cmic:Nmic	-1,58	4,34

A partir dos coeficientes canônicos gerados para cada tratamento nas duas épocas e nos dois anos amostrados, foi possível gerar os gráficos que representam a distribuição e a separação entre os tratamentos, segundo o estudo dos indicadores microbiológicos. Na Figura 2 é possível observar que cada tratamento segue uma tendência com a adição de dejetos suíno e que entre alguns tratamentos se formam grupos que possuem comportamento semelhante. Podemos observar que o tratamento D0 se separa dos demais, estando sempre no quadrante direito inferior dos gráficos. Também é possível observar que o tratamento D200 se separa dos demais por se manter no quadrante esquerdo inferior dos gráficos, com exceção da amostragem realizada em outubro de 2004.

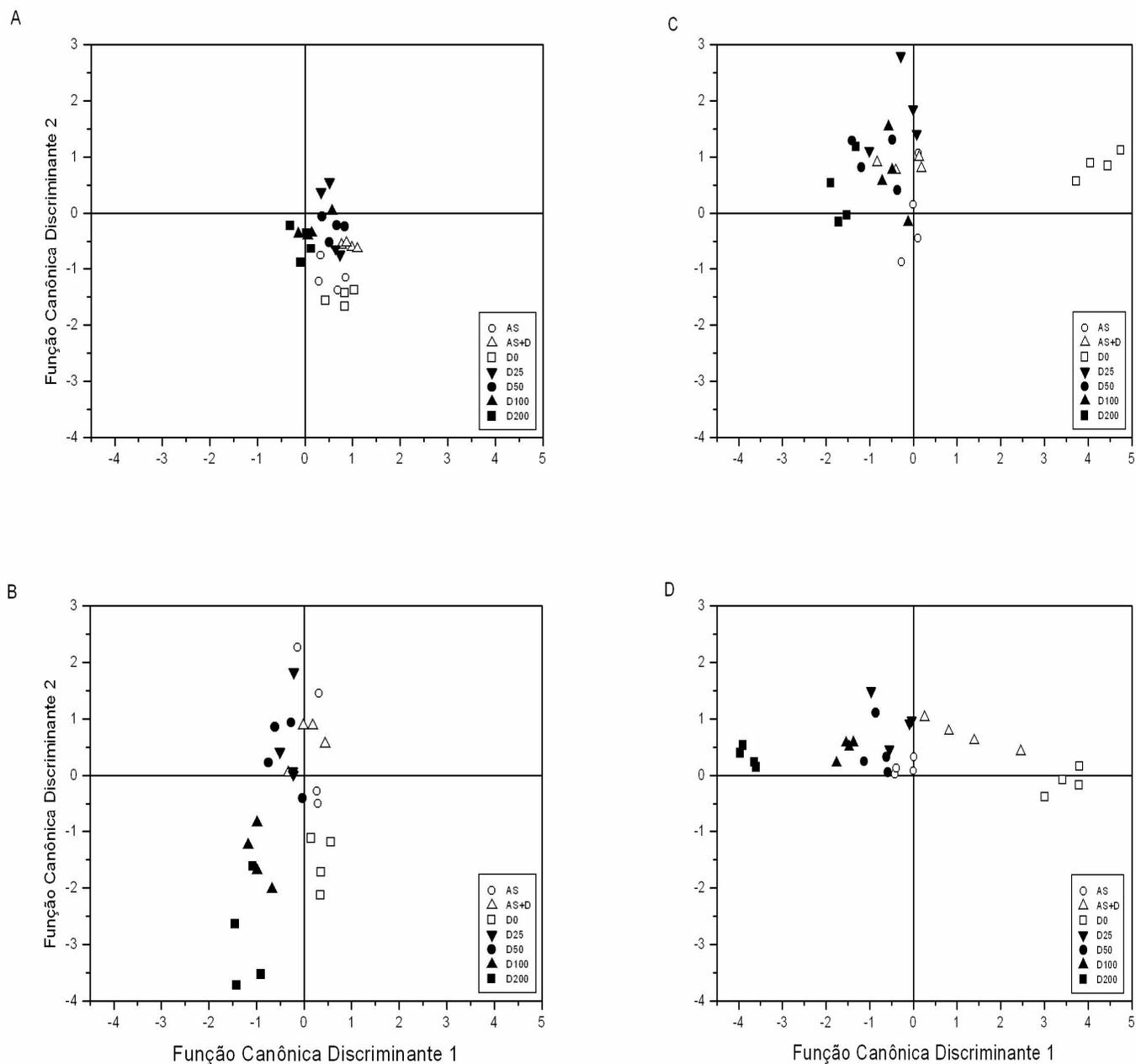


Figura 2. Coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2, dos tratamentos adubação solúvel (AS); adubação solúvel mais complementação com dejetos suíno (AS+D), adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente), considerando os indicadores microbiológicos Cmic, Cmic:Corg, Nmic, Nmic:Nt e Cmic:Nmic, na amostragem realizada em outubro de 2004 (A), janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).

3.3.2. Indicadores químicos do solo

Os indicadores químicos também foram submetidos à análise de variância de acordo com os fatores de variação: tratamentos, blocos, anos agrícolas e épocas de amostragem, dessa forma foi possível observar as interações existentes entre cada indicador e fator de variação, determinando se a interação foi simples, dupla ou tripla. Os resultados são apresentados na Tabela 6 e 7.

Tabela 6. Resultado da análise de variância para os indicadores químicos nitrogênio total (Nt), fósforo (P) potássio (K), cobre (Cu) e zinco (Zn) e os fatores de variação: tratamentos, ano agrícola e época de amostragem.

Fator de variação	Nt	P	K	Cu	Zn
Adubação	**	**	**	**	**
Época	**	**	**	**	**
Ano	**	ns	**	**	**
Adubação*Época	**	**	ns	**	**
Adubação*Ano	**	ns	ns	**	**
Época*Ano	**	ns	**	ns	**
Adubação*Época*Ano	**	ns	*	**	**

** - Significativo a 1% pelo teste F.

* - Significativo a 5% pelo teste F.

ns – Não significativo pelo teste F.

Tabela 7. Resultado da análise de variância para os indicadores químicos carbono orgânico (Corg), estoque de carbono, relação C:N, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e os fatores de variação: tratamentos, ano agrícola e época de amostragem.

Fator de variação	Corg	Estoque de C	C:N	Ca	Mg
Adubação	ns	**	ns	**	ns
Época	**	**	**	**	ns
Ano	ns	ns	**	**	**
Adubação*Época	ns	ns	ns	ns	ns
Adubação*Ano	ns	ns	ns	*	ns
Época*Ano	ns	ns	ns	**	ns
Adubação*Época*Ano	ns	ns	ns	ns	ns

** - Significativo a 1% pelo teste F.

* - Significativo a 5% pelo teste F.

ns – Não significativo pelo teste F.

O dejetos suíno favoreceu o acúmulo de Nt do solo, sendo que os maiores valores foram encontrados no tratamento D200 atingindo $1,62 \text{ g kg}^{-1}$ na última amostragem de solo

(Tabela 8). Deng et al. (2006) encontrou um comportamento diferente do observado neste trabalho, para o autor os teores de Nt foram significativamente menores nos tratamentos que receberam dejetos suínos (1,13, 1,15 e 1,20 g kg⁻¹, respectivamente, para as doses de 56, 168 e 504 kg N ha⁻¹) em relação ao tratamento controle (1,32 g kg⁻¹). Segundo Castamann et al. (2005) os dejetos líquidos de suínos quando usados como fertilizantes aumentam os teores de nitrogênio total e mineral, sendo esse efeito proporcional às doses aplicadas. No estudo os autores observaram que a dose equivalente a 88,3 m³ ha⁻¹ possibilitou um incremento de 443 mg de nitrogênio total por kg de solo, em relação à testemunha, e de 370 mg nitrogênio total por kg de solo em relação à dose equivalente a 31 m³ ha⁻¹, e que aplicação de dejetos no sulco proporciona aumentos nos teores de nitrogênio total, indicando que as perdas de nitrogênio podem ser menores com essa forma de aplicação.

O maior valor de estoque de carbono do solo encontrado foi de 39,83 Mg ha⁻¹ no tratamento D100, na amostragem realizada em janeiro de 2006 (Tabela 9). Esses resultados indicam que a aplicação de dejetos suínos proporcionou um favorecimento do aumento de estoque de carbono do solo na camada superficial (0-10 cm). Moreira (2004) em estudo na mesma área experimental não encontrou diferenças no teor de matéria orgânica com a adição de dejetos suínos, os teores foram em média de 4,13 g dm⁻³.

Para a relação C:N do solo o valor mais alto encontrado foi de 23,38 no tratamento sem adubação na amostragem realizada em janeiro de 2006. Para o Mg o maior valor encontrado foi de 4,93 cmolc dm⁻³ no tratamento D200 na amostragem realizada em outubro de 2004 (Tabela 9).

A aplicação de dejetos suínos favorece o acúmulo de P na camada superficial do solo (0-10 cm). O tratamento D200 proporcionou os maiores teores de P no solo, com valor de 5,34 g kg⁻¹ para a amostragem de janeiro de 2005 e de 5,97 g kg⁻¹ para a amostragem de janeiro de 2006 (Tabela 8). Este valor indica acumulação exagerada de P que também foi observado por Moreira (2004) que encontrou valores de 16,95 mg dm⁻³ para o tratamento D200.

Tabela 8. Teores dos indicadores químicos nitrogênio total (Nt), fósforo (P) potássio (K), cobre (Cu) e zinco (Zn), observados em outubro e janeiro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, em um Latossolo Vermelho Distroférico tratado com adubação solúvel (AS), conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente). Média de quatro repetições.

Tratamento	Nt (g kg ⁻¹)		P (g kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)		Cu (mg kg ⁻¹)		Zn (mg kg ⁻¹)	
	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan
Ano agrícola de 2004/05										
AS	1,32	1,35	2,92	3,20	62,50	21,65	2,80	2,72	1,30	1,20
AS+D	1,31	1,39	2,96	3,04	98,06	35,33	2,40	2,80	1,90	2,25
D0	1,28	1,32	2,48	2,15	56,50	36,60	2,77	2,80	1,40	1,30
D25	1,34	1,40	3,08	3,26	71,25	24,10	2,40	3,60	1,60	1,80
D50	1,35	1,41	3,70	4,05	84,50	37,28	2,77	3,20	2,20	3,60
D100	1,38	1,45	4,09	4,64	103,00	57,18	3,20	4,00	3,07	3,90
D200	1,39	1,46	4,65	5,34	146,30	83,08	3,60	4,22	4,00	5,92
Ano agrícola de 2005/06										
AS	1,39	1,40	2,97	3,12	25,80	23,22	2,80	2,76	1,20	1,02
AS+D	1,40	1,34	2,65	2,91	43,87	32,77	2,67	2,81	1,65	2,55
D0	1,24	1,21	2,08	1,99	20,22	20,12	2,80	2,65	1,22	1,10
D25	1,40	1,40	3,15	3,41	26,32	26,80	2,95	4,02	1,60	2,02
D50	1,42	1,42	3,96	4,14	38,20	39,72	3,07	4,02	2,35	3,60
D100	1,42	1,47	4,09	4,49	51,57	64,62	4,07	4,40	2,80	5,55
D200	1,47	1,62	4,32	5,97	69,60	81,25	4,35	4,77	5,10	5,98

Os tratamentos com aplicação de dejetos suíno proporcionaram os maiores aumentos nos teores de K, sendo que o tratamento D200 proporcionou o valor máximo de K que foi de 146,3 g kg⁻¹ na amostragem de outubro de 2004 (Tabela 8). Em estudo nesta mesma área experimental Moreira (2004) observou incrementos nos teores de K com aplicação de dejetos suínos, sendo que o tratamento D200 apresentou teor de 136,00 g kg⁻¹.

Os teores de Cu e Zn aumentaram de acordo com as doses aplicadas, os maiores valores obtidos foram 4,77 mg kg⁻¹ e 5,98 mg kg⁻¹ para Cu e Zn, respectivamente, no tratamento D200 na amostragem realizada em janeiro de 2006 (Tabela 8). Esses resultados indicam que a aplicação de dejetos suíno está favorecendo o acúmulo de Cu e Zn na camada superficial (0-10cm) e que este é proporcional às doses aplicadas no solo. Os maiores teores encontrados por Moreira (2004) nesta mesma área experimental foram de 10,00 mg.kg⁻¹ no tratamento AS para o Cu e 4,32 mg kg⁻¹ no tratamento D200 para o Zn. Menezes et al. (2003), em estudo com uma única aplicação de 50 e 200 m³ ha⁻¹ de dejetos líquidos de suínos, adubação química e testemunha, observaram teores de Cu e Zn no solo (11 e 44,3 mg kg⁻¹, respectivamente) inferiores àqueles considerados como tóxicos pela CETESB (1999), que são 75 e 140 kg ha⁻¹ respectivamente. Segundo Mattias et al. (2003), a aplicação de dejetos líquidos de suínos resultou em acúmulo de Cu biodisponível especialmente na camada de 0 a 2,5 cm, com valor de 10,8 mg L⁻¹ na dose de 80 m³ ha⁻¹, valor maior que o dobro das parcelas que não receberam ou receberam apenas 40 m³.ha⁻¹ de dejetos líquidos de suínos. Os teores de Zn biodisponível aumentaram linearmente com as doses de dejetos líquidos de suínos aplicados, passando de 31,0 para 57,2 e 91,6 mg L⁻¹ para as doses de 40 e 80 m³ ha⁻¹, respectivamente.

Os teores de Ca do solo apresentaram tendência a diminuir com as épocas de amostragem, o que pode ser explicado pela lixiviação e absorção pelas plantas deste nutriente e pelas baixas quantidades adicionadas com os dejetos suínos o maior valor encontrado foi de 9,53 cmolc dm⁻³ no tratamento D50 na amostragem realizada em outubro de 2004 (Tabela 9). Segundo Moreira (2004) os teores de Ca não foram afetados pelos tratamentos aplicados, o que se explica pelos altos teores do nutriente no solo provindos da calagem realizada antes da implantação do experimento.

Tabela 9. Teores dos indicadores químicos carbono orgânico (Corg), estoque de carbono, relação C:N, cálcio (Ca) e magnésio (Mg), observados em outubro e janeiro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, em um Latossolo Vermelho Distroférrico tratado com adubação solúvel (AS), conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente). Média de quatro repetições.

Tratamento	Corg (g kg ⁻¹)		Estoque de C (Mg ha ⁻¹)		C:N		Ca (cmolc dm ⁻³)		Mg (cmolc dm ⁻³)	
	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan
Ano agrícola de 2004/05										
AS	30,40	33,05	34,11	36,98	22,94	24,40	8,82	7,94	4,01	4,62
AS+D	29,99	30,53	34,53	35,13	22,76	21,86	9,03	8,86	4,54	4,80
D0	29,48	29,57	33,35	33,45	22,99	22,41	8,15	7,71	4,65	4,69
D25	30,21	32,84	34,17	37,16	22,51	23,33	8,07	7,50	4,28	4,71
D50	29,16	33,05	35,01	39,69	21,60	23,32	9,53	8,03	4,66	4,71
D100	29,69	33,39	34,70	38,97	21,47	22,90	9,47	8,01	4,63	4,81
D200	30,40	33,74	34,38	38,35	21,79	22,98	9,51	7,95	4,93	4,71
Ano agrícola de 2005/06										
AS	29,13	29,29	32,59	32,79	20,19	20,87	8,06	8,10	3,66	3,65
AS+D	28,50	30,51	32,83	35,14	20,33	22,70	8,26	8,27	4,12	3,81
D0	29,10	28,41	32,92	32,15	23,34	23,38	7,78	7,85	3,87	3,85
D25	28,36	31,82	32,08	36,06	20,21	22,64	7,80	8,43	4,01	4,04
D50	29,42	32,78	35,25	39,31	20,73	22,97	7,83	8,66	4,25	4,14
D100	29,93	34,09	35,11	39,83	21,01	23,10	7,57	7,90	4,09	4,01
D200	28,50	32,91	32,24	37,37	19,31	20,30	7,75	7,88	4,23	4,02

Os resultados do teste estatístico multivariado Wilk's Lambda utilizado nos contrastes canônicos que foram aplicados entre os tratamentos, para os indicadores químicos do solo, estão apresentados na Tabela 10 e 11.

A comparação entre os tratamentos, dentro de cada época e ano de amostragem realizada por meio de contrastes, indica que o tratamento D0 foi inferior à média de todos os outros tratamentos. Os indicadores que mais contribuíram para a explicação destes contrastes foram Nt, Zn, Corg e a relação C:N segundo os coeficientes canônicos homogeneizados que podem ser observados nas Tabelas 10 e 11.

Quando o tratamento AS é comparado com o a média dos tratamentos que receberam dejetos suínos, observamos que o tratamento AS é inferior no favorecimento dos indicadores químicos do solo, indicando que os dejetos suínos proporcionam um benefício dos indicadores químicos estudados. Os indicadores que mais contribuíram para a explicação destes contrastes foram o Nt, Zn, Corg e a relação C:N segundo os coeficientes canônicos homogeneizados que podem ser observados nas Tabelas 10 e 11.

Quando o tratamento AS+D é comparado com a média dos tratamentos que receberam apenas dejetos suínos observamos que esses tratamentos favoreceram os indicadores químicos mais que o tratamento AS+D. Os coeficientes canônicos homogeneizados que mais contribuíram para explicar este contraste foram Nt, Cu, Zn, Corg e a relação C:N dos indicadores que podem ser observados nas Tabelas 10 e 11.

A comparação dos tratamentos D25 com a média dos tratamentos D50, D100 e D200, demonstra a tendência de que as doses mais elevadas propiciam um benefício maior nos indicadores químicos. Os indicadores que mais contribuíram para a explicação destes contrastes foram o Nt, Cu, Zn, Corg e a relação C:N segundo os coeficientes canônicos homogeneizados que podem ser observados nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores químicos nitrogênio total (Nt), fósforo (P) potássio (K), cobre (Cu) e zinco (Zn), obtidos na análise dos contrastes canônicos ortogonais entre os tratamentos adubação solúvel (AS), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de $12,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente), para as épocas de amostragem de janeiro e outubro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06.

Contraste testado	Nt		P		K		Cu		Zn	
	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan
Ano agrícola de 2004/05										
D0 x AS, AS+D, D25, D50, D100 e D200	2,44**	4,36**	0,99**	1,15**	0,87**	-0,25**	-0,64**	0,94**	7,42**	8,41**
AS x AS+D, D25, D50, D100 e D200	1,97**	2,60**	0,73**	0,54**	0,81**	0,08**	-1,07**	0,71**	10,27**	10,02**
AS+D x D25, D50, D100 e D200	4,55**	3,87**	1,32**	1,12**	-0,17**	0,02**	2,83**	2,40**	5,79**	7,86**
D25 x D50, D100 e D200	3,21**	2,05**	1,05**	0,60**	1,54**	0,18**	1,63**	-1,08**	8,56**	11,37**
D50 x D100 e D200	3,42**	3,50**	0,69**	0,92**	0,79**	0,56**	1,55**	2,78**	8,63**	6,79**
D100 x D200	2,75**	1,34**	0,79**	0,30**	1,29**	0,20**	1,22**	-0,95**	8,34**	11,65**
Ano agrícola de 2005/06										
D0 x AS, AS+D, D25, D50, D100 e D200	4,11**	4,32**	0,91**	0,87**	0,21**	-0,01**	1,23**	1,60**	3,34**	5,27**
AS x AS+D, D25, D50, D100 e D200	4,00**	3,45**	0,80**	0,64**	0,19**	-0,04**	1,15**	1,14**	9,77**	10,15**
AS+D x D25, D50, D100 e D200	5,10**	5,76**	1,27**	1,12**	-0,22**	0,02**	2,85**	3,27**	7,29**	4,32**
D25 x D50, D100 e D200	4,15**	3,53**	0,89**	0,57**	0,19**	0,10**	1,56**	-0,68**	9,38**	10,82**
D50 x D100 e D200	4,11**	5,00**	0,45**	0,60**	0,17**	0,26**	2,74**	0,50**	8,01**	8,90**
D100 x D200	2,57**	9,14**	0,07**	1,33**	0,01**	0,24**	-0,84**	2,16**	11,56**	-0,27**

** - Significativo a 1% pelo teste Wilk's Lambda.

* - Significativo a 5% pelo teste Wilk's Lambda.

ns - Não significativo pelo teste Wilk's Lambda.

Tabela 11. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores químicos carbono orgânico (Corg), estoque de carbono, relação C:N, cálcio (Ca) e magnésio (Mg), obtidos na análise dos contrastes canônicos ortogonais entre os tratamentos adubação solúvel (AS), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente), para as épocas de amostragem de janeiro e outubro nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06.

Contraste testado	Corg		Estoque de C		C:N		Ca		Mg	
	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan	Out	Jan
Ano agrícola de 2004/05										
D0 x AS, AS+D, D25, D50, D100 e D200	-0,79**	-4,79**	0,28**	0,24**	0,41**	4,51**	0,23**	0,09**	0,17**	0,24**
AS x AS+D, D25, D50, D100 e D200	-4,24**	-3,80**	0,49**	0,19**	3,56**	3,43**	0,08**	0,06**	0,31**	0,20**
AS+D x D25, D50, D100 e D200	-4,59**	-6,03**	0,04**	0,01**	4,41**	5,92**	0,01**	-0,15**	0,34**	0,31**
D25 x D50, D100 e D200	-6,07**	-5,27**	0,19**	0,41**	5,66**	4,70**	0,23**	0,14**	0,34**	0,18**
D50 x D100 e D200	-5,14**	-4,25**	-0,46**	-0,57**	5,35**	4,58**	-0,02**	-0,04**	0,30**	0,32**
D100 x D200	-5,87**	-4,67**	-0,41**	0,01**	6,00**	4,46**	-0,03**	0,10**	0,37**	0,09**
Ano agrícola de 2005/06										
D0 x AS, AS+D, D25, D50, D100 e D200	0,50**	-1,21**	0,08**	0,01**	-0,62**	1,19**	-0,05**	0,01**	0,26**	0,25**
AS x AS+D, D25, D50, D100 e D200	-7,56**	-6,76**	0,31**	0,14**	7,04**	6,47**	-0,03**	0,06**	0,35**	0,25**
AS+D x D25, D50, D100 e D200	-8,63**	-5,19**	0,06**	-0,12**	8,39**	5,22**	-0,09**	-0,07**	0,34**	0,36**
D25 x D50, D100 e D200	-7,73**	-5,72**	0,20**	0,34**	7,34**	5,24**	0,00**	0,05**	0,31**	0,17**
D50 x D100 e D200	-6,83**	-5,35**	-0,49**	-0,17**	7,04**	5,33**	-0,02**	-0,08**	0,23**	0,21**
D100 x D200	-5,24**	-7,53**	-0,03**	-0,12**	5,04**	7,52**	0,12**	-0,13**	0,08**	0,32**

** - Significativo a 1% pelo teste Wilk's Lambda.

* - Significativo a 5% pelo teste Wilk's Lambda.

ns - Não significativo pelo teste Wilk's Lambda.

Para os indicadores químicos foram escolhidas as duas primeiras funções canônicas discriminantes obtidas, que explicam 92,71 % dos resultados, sendo 75,97 % pela primeira FDC. Os indicadores químicos que contribuíram mais significativamente para a separação dos tratamentos nos diferentes anos agrícolas e épocas de amostragem foram o Nt, o Cu, o Corg e o Zn o que pode ser observado comparando os coeficientes canônicos homogeneizados (Tabela 12).

Tabela 12. Coeficientes Canônicos Homogeneizados dos indicadores químicos nitrogênio total (Nt), fósforo (P) potássio (K), cobre (Cu), zinco (Zn), carbono orgânico (Corg), estoque de carbono, relação C:N, cálcio (Ca) e magnésio (Mg), obtidos para as Funções Canônicas Discriminantes 1 e 2.

Atributos	Função Canônica Discriminante 1	Função Canônica Discriminante 2
Nt	2,68	2,84
P	0,54	-0,02
K	0,29	0,49
Cu	2,60	-2,22
Zn	-11,06	3,26
Corg	1,51	2,80
Estoque de C	-0,21	0,12
C:N	-1,20	-2,90
Ca	-0,15	0,15
Mg	0,14	0,01

A partir dos coeficientes canônicos gerados para cada tratamento nas duas épocas e nos dois anos amostrados foi possível gerar os gráficos que representam a distribuição e separação entre os tratamentos, segundo o estudo dos indicadores químicos do solo. Nas Figuras 4 e 5 é possível observar que cada tratamento segue uma tendência com a adição de dejetos suíno e que entre alguns tratamentos se formam grupos que possuem comportamento semelhante. Pode-se observar que os tratamentos D0, D25 e AS seguem sempre o mesmo comportamento se mantendo no quadrante esquerdo em todas as amostragens e também é possível observar que os tratamentos D100 e D200 sempre se mantiveram no quadrante direito.

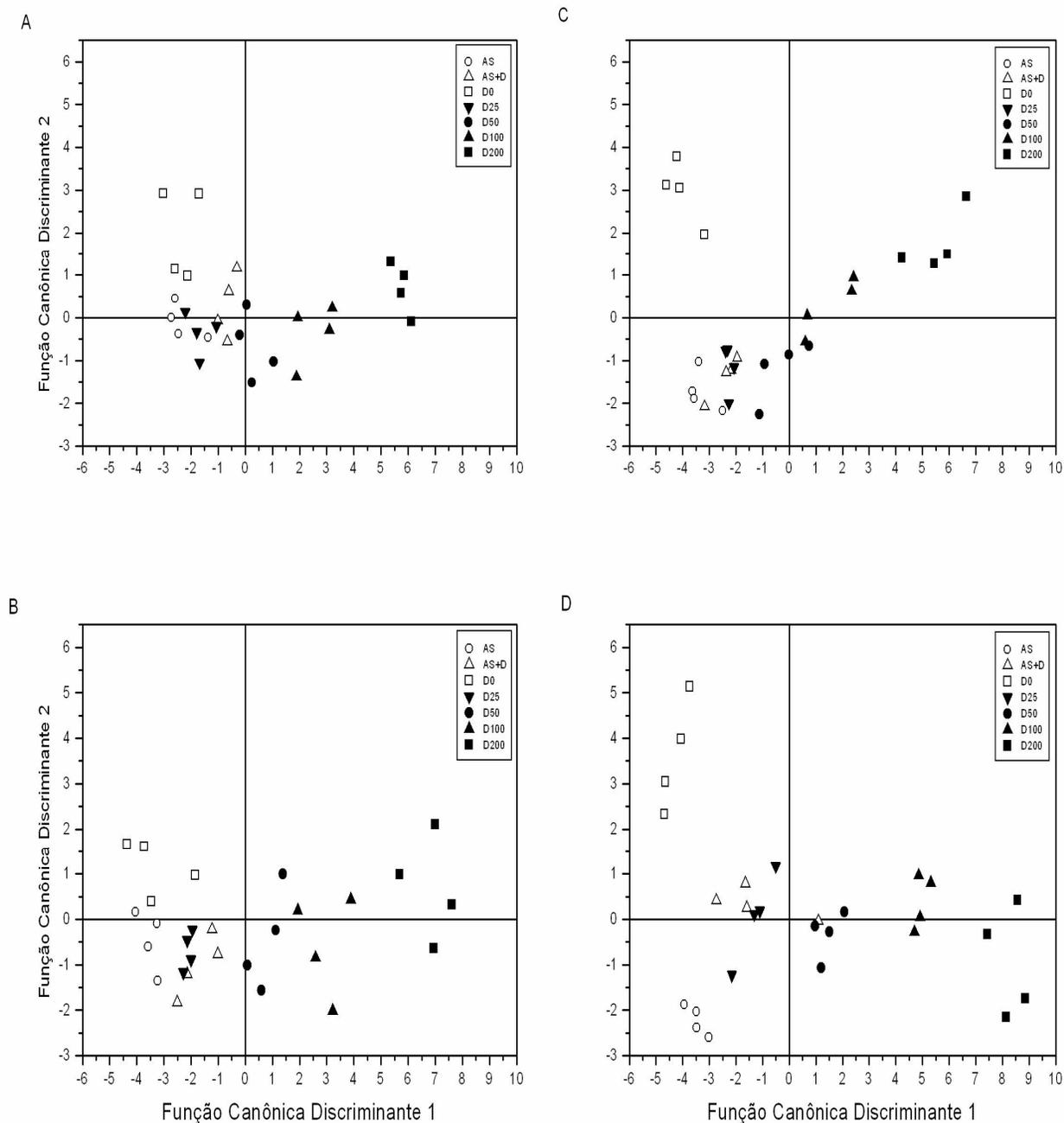


Figura 3. Coeficientes canônicos homogeneizados (CCH) das funções canônicas discriminantes 1 e 2, dos seguintes tratamentos adubação solúvel (AS), adubação solúvel mais complementação com dejetos suíno (AS+D), adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente), considerando os indicadores químicos: Corg, estoque de C, relação C:N, Nt, P, K, Mg, Ca, Cu e Zn, na amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).

3.4. Conclusão

O uso da análise estatística multivariada e o teste de contraste permitiram que fosse possível observar que existem efeitos entre os tratamentos de adubação, os anos agrícolas e as épocas de amostragem, um ano e quatro meses após a aplicação de dejetos suíno ao solo.

Para os indicadores microbiológicos foi possível identificar que o nitrogênio microbiano do solo e a sua relação com o nitrogênio total no solo foram os indicadores discriminantes na diferenciação dos tratamentos, sendo os melhores indicadores microbiológicos dos efeitos da aplicação de dejetos suíno. A análise dos contrastes demonstrou que os tratamentos com as doses de 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹, mostram alterações positivas em relação ao tratamento com a dose de 25 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno. O tratamento com a dose de 50 m³ ha⁻¹ foi superior no favorecimento dos indicadores em relação aos tratamentos com 100 e 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno. Os tratamentos com aplicação de dejetos suíno contribuíram positivamente nos indicadores em relação ao tratamento com adubação solúvel.

Para os indicadores químicos o nitrogênio total no solo, o cobre, o carbono orgânico no solo e o zinco foram os indicadores discriminantes na diferenciação dos tratamentos. Quanto à análise dos contrastes podemos concluir que os tratamentos com aplicação de dejetos suíno contribuíram positivamente nos indicadores em relação ao tratamento com adubação solúvel, e que com o aumento das doses de dejetos suíno ocorre o favorecimento dos indicadores estudados.

3.5. Referências bibliográficas

BARILLI, J. & MORAES, M.H. Biomassa microbiana em latossolo vermelho sob aplicação de resíduos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 30., *Anais*. Recife, SBCS, 2005. (CDROM).

BERWANGER, A.L.; CERETTA, C.A.; LOPES, I.C.M.; PECOJESKI, E.; GIROTTO, E.; TRINTIN, E.E.; VIEIRA, F.C.B. & LORENZZI, C.R. Transferência de fósforo no sistema solo água com aplicação de dejetos líquidos de suíno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 30., *Anais*. Recife, SBCS, 2005. (CDROM).

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375. (Agronomy, Monogr., 9).

CASSOL, P.C.; J.E. DAL CASTEL. Efeito fertilizante e impacto ambiental da aplicação de dejetos de suínos em lavoura sob plantio direto. Relatório Técnico Científico. Lages, SC, 2006.

CASTAMANN, A.; ESCOTEGUY, P.A.V.; CALDEIRA, M. Nitrogênio total e mineral em Latossolo adubado com dejetos líquidos de suínos no sulco e cultivado com trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 30., **Anais**. Recife, SBCS, 2005. (CDROM).

CERRETTA, C.A.; TRENTIN, E.E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, F.C.B. & GIROTTI, E. Perdas acumuladas de nitrogênio, fósforo e potássio com o uso de dejetos líquidos de suínos, durante cinco anos. Fertilizante, **Anais**. Bonito, MS, 2006. (CDROM).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC – **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do sul e santa Catarina**. NRS/SBCS, Porto Alegre, 2004.

CRUZ-CASTILHOS, J.G.; CARLINI-GARCIA, L.A.; MONDIN, M.; MARTINS, M.; VEASEY, E.A. & ANDO, A. Variabilidade intra-específicas em cinco populações de *Oncidium varicosum* Lindl. (Orchidaceae – Oncidiinae) em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, 24(4): 553-560 2001.

DENG, S.P.; PARHAM, J.A.; HATTEY, J.A. & BABU, D. Animal manure and anhydrous ammonia amendment alter microbial carbon use efficiency, microbial biomass, and activities of dehydrogenase and amidohydrolases in semiarid agroecosystems. **Applied soil ecology**, 33, 258-268, 2006.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.389-411.

MATOS, M.A.; Indicadores químicos e microbiológicos do solo após aplicação de resíduos de suínos em sistema de plantio direto. **Dissertação de Mestrado**, Londrina, 2006.

MATTIAS, J.A.; PAVINATO, P.S.; PANDOLFO, C.M.; RHEINHEIMER, D.S.; FERREIRA, F.P.; STRECK, C.A.; CHIAPINOTTO, I. & BASSO, C.J. Cobre, zinco e manganês no solo com aplicação de dejetos suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29, **Anais**. Ribeirão Preto, SP, SBCS, 2003. (CDROM).

MENEZES, J.F.S.; SILVA, G.P.; CAMPOS, W.J. & ALVARENGA, R.C. Teores de metais pesados (Cu e Zn) no milho cultivado em solo adubado com dejetos líquidos de suínos e fertilizante químico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29, **Anais**. Ribeirão Preto, SP, SBCS, 2003. (CDROM).

MOREIRA, E. B. Efeito fertilizante de dejetos suíno aplicado em lavoura sob plantio direto. **Dissertação de Mestrado**. UDESC/CAV, Lages, 2004.

PERDOMO, C.C.; OLIVEIRA, P.A.V.; KUNZ, A. Sistemas de tratamento de dejetos suínos: **inventário tecnológico**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003. 83p. (Documentos, 85).

PURIN, S. Fungos micorrízicos arbusculares: atividades, diversidade e aspectos funcionais em sistemas de produção de maçã. **Dissertação de Mestrado**. UDESC/CAV, Lages, 2005.

QUADRO, M.S.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; SILVA, D.G. & BRISILARA, C.V. Alterações microbiológicas no solo induzidas pela aplicação de dejetos de suínos e calcário. **Fertbio, Anais**. Lages, SC, 2004.(CDROM).

SEGANFREDO, M.A. Viabilidade econômico-ambiental do uso de dejetos animais e lodos de esgoto como fertilizante. **Palestra apresentada na Fertbio 2006**. Bonito, MS, 2006.(CDROM)

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2ª Ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 215p. **Boletim Técnico de Solos, 5**.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.703-707, 1987.

4. Capítulo 2

Estimativa de dose máxima de dejetos suínos em um Latossolo Vermelho Distroférico com sistema de semeadura direta de milho, com base em indicadores microbiológicos e químicos.

Resumo:

O Estado de Santa Catarina é um dos maiores produtores de suínos do país e conta com um rebanho efetivo de 5,8 milhões de suíno no estado. Contudo a suinocultura é uma atividade potencialmente poluidora, devido à grande quantidade de dejetos que são produzidos no sistema de criação de confinamento. A utilização dos dejetos como fertilizante é comum entre os produtores e deve ser realizada de forma racional para se evitar a poluição do solo. O objetivo deste trabalho foi com base na análise de regressão dos indicadores estudados, determinar a dose máxima de dejetos suínos que pode ser utilizada para a fertilização do solo, de forma a minimizar a poluição ambiental e os impactos negativos à qualidade de solo. Com este objetivo vem sendo conduzido um experimento a campo, iniciado em novembro de 2001, com a aplicação de doses de dejetos suíno (0, 25, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹), além dos tratamentos adubação solúvel e combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹. O experimento foi realizado no município de Campos Novos, SC, sobre um Latossolo Vermelho Distroférico. Foram cultivados milho (*Zea mays*) e aveia (*Avena sativa*) em sucessão e sob o sistema de semeadura direta. Foram determinados os indicadores nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic), nitrogênio total (Nt) e a relação com o Nmic, bem como os teores de cobre e zinco do solo, nas duas épocas de amostragem de solo, janeiro e outubro, nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06. Foi utilizada a análise de regressão para os indicadores, sendo estimadas as curvas e equações para cada uma das características, em função das doses de dejetos aplicadas, para cada época amostrada. Os fatores de variação tratamentos, época e ano de amostragem apresentaram inteirações triplas. A análise de regressão mostrou que doses até 30 m³ ha⁻¹ de dejetos suínos favorecem os teores de Nmic e da relação Nmic:Nt, e que doses mais elevadas podem provocar redução da biomassa microbiana do solo, segundo os resultados do ano agrícola de 2004/05. Os teores de Nt, Cu e Zn aumentaram com a aplicação do dejetos suíno. Para o Nt os aumentos foram observados até a dose estimada de 150 m³ ha⁻¹ nas três primeiras amostragens, para o Cu e Zn os aumentos foram observados até as doses estimadas de 156 e 165 m³ ha⁻¹, respectivamente, na amostragem de janeiro de 2006.

Palavras chave: dejetos suíno, N microbiano, Cu e Zn, análise de regressão.

Abstract

The state of Santa Catarina is one of the greatest producers of swine in Brazil counting on approximately 5.8 millions swine heads. However swine production is a potentially polluting activity due to the great amount of waste that is produced. The use of swine waste as soil fertilizer is common among swine producers and it must be done in appropriate doses to prevent soil pollution. The objective of this work was determining the maximum dose of swine waste that must be used in soil fertilizing minimizing pollution and negative impacts in soil quality. It was lead a field experiment, start to November of 2001, with application of increasing doses of swine waste (0, 25, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹), besides regular treatments soluble manuring and combination soluble manuring and 12.5 m³ ha⁻¹ swine waste. The experiment was accomplished in the municipal district of Campos Novos, SC, on a Latossolo Vermelho Distroférico. Corn (*Zea mays*) and oats (*Avena sativa*) were cultivated in succession and under the system of no tillage. The soil characteristics had been determined in two different epochs of soil sampling collected in the agricultural years of 2004/05 and 2005/06 including content of nitrogen of the soil microbial biomass (Nmic); total nitrogen (Nt) and its relationship with of the soil microbial biomass; and content of copper and zinc of the soil. It was done the analysis of regression for the characteristics studied esteeming curves and equations for each characteristic studied and each studied sample epoch relating them to doses of swine waste used. The analysis of regression showed that swine waste doses of until 30 m³ ha⁻¹ benefit Nmic contents and the relation Nmic:Nt and higher doses can provoke a reduction of the soil microbial biomass, causing damages in soil biological quality, according to results in the agricultural years of 2004/05. The contents of Nt, Cu and Zn have increased with the increase of doses of swine waste used in the soil. Thus, for Nt contents the increase happened until the dose of 150 m³ ha⁻¹ in the three first samples and for Cu and Zn contents the increase happened until the doses of 156 e 165 m³ ha⁻¹ respectively in the sample of January of 2006.

Key words: swine waste; N microbial, Cu and Zn, analysis of regression

4.1. Introdução

O estado de Santa Catarina é um dos maiores produtores de suínos do país e contava com um rebanho efetivo de 5,8 milhões cabeças de suíno no estado (IBGE, 2006). O principal sistema de criação de suínos utilizado atualmente é o de confinamento, onde uma grande quantidade de suínos é concentrada em cada unidade produtiva, sendo gerados grandes volumes de dejetos, é estimada uma produção diária de 9,0 litros de dejetos por cabeça na fase de terminação (Dartora et al., 1998). Os compostos com potencial contaminante existentes nos dejetos animais constituem uma importante fonte de degradação do ar, do solo e dos recursos hídricos, exigindo a fixação de indicadores de emissão cada vez mais rigorosos para a preservação do ambiente, do conforto e da saúde da população (Perdomo & Cazzaré, 2001).

O uso de dejetos suínos como fertilizante para culturas agrícolas é comum entre os agricultores do estado, e se constitui em uma forma de reduzir o custo de produção das culturas e amenizar os problemas de poluição ambiental, desde que utilizada uma dose apropriada. Moreira (2004), em estudo com aplicação de dejetos suínos concluiu que, com doses de dejetos suínos de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, os rendimentos de culturas como milho e aveia são equivalentes aos obtidos com adubação solúvel recomendada a partir da análise do solo. Cerretta et al. (2005a), concluiu que a maior eficiência técnica para a produtividade de grãos de milho e para a produção de matéria seca de aveia preta ocorreu na dose $85 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos suínos.

O solo é um ambiente complexo e heterogêneo e o manejo aplicado a ele provoca diversas alterações físicas, químicas e biológicas. As características que são utilizadas para avaliar a qualidade do solo e as alterações provocadas por formas de adubação ou manejo, devem ser analisados para uma avaliação do impacto no solo do uso de dejetos suínos como fertilizante. Portanto, além dos aspectos relacionados com a produtividade das culturas a ser adubada com dejetos suínos, a dose de dejetos a ser aplicada ao solo como fertilizante devem levar em consideração aspectos relacionados à qualidade do solo e à poluição ambiental, com o objetivo de se evitar a degradação e poluição do solo.

O objetivo deste trabalho foi estimar a capacidade de suporte do solo e determinar a dose máxima de dejetos suínos que pode ser aplicada como fertilizante do solo, de forma a

minimizar a poluição ambiental e os impactos negativos à qualidade de solo, utilizando como base os indicadores definidos como indicadores no capítulo anterior e a análise de regressão entre esses indicadores.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Área experimental

O presente estudo foi realizado em um experimento implantado na propriedade rural de um produtor de suínos afiliado à Cooperativa regional de Campos Novos (Coopercampos), localizada no município de Campos Novos no estado de Santa Catarina, com altitude média de 863 m e as seguintes coordenadas geográficas do ponto central da área do experimento: W 51° 21' 47'' e S 27° 23' 34,5'' (Figura 1). O experimento foi instalado em outubro de 2001, sobre um Latossolo Vermelho Distroférico, para estudo dos efeitos da adição continuada (de longo prazo) de doses de dejetos suíno na qualidade do solo, em sistema de semeadura direta de milho. Foram testados os seguintes tratamentos: adubação solúvel (AS), conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), combinação da adubação solúvel com dejetos suíno na dose de 12,5 m³ ha⁻¹ (AS+D) e adubação orgânica nas doses de 0, 25, 50, 100, 200 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno (D0, D25, D50, D100 e D200, respectivamente). Antes da implantação do experimento a área era utilizada para cultivo de plantas de lavoura (milho, soja, feijão, trigo e aveia) e manejada em sistema de semeadura direta. Na safra de 2000/2001, no ano anterior à aplicação dos tratamentos, o agricultor realizou uma adubação com dejetos suíno em toda área, com a dose de 20 m³ ha⁻¹.

Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, dispostas em blocos casualizados, totalizando 28 parcelas com área total de 75,6 m² (12 m x 6,3 m). As bordaduras das parcelas foram de 1 metro nas cabeceiras e 0,7 m nas laterais, resultando em área útil de 45 m². Foi cultivado milho (*Zea mays*) e aveia (*Avena sativa*) em sucessão, manejado em sistema de semeadura direta. Os tratamentos foram aplicados antes da semeadura do milho. Para o tratamento AS, foram utilizados 140 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sendo 40 kg ha⁻¹ na base e 100 kg ha⁻¹ em cobertura, 70 kg ha⁻¹ de fósforo e 100 kg ha⁻¹ de

potássio. No tratamento com adubação AS+D foram utilizados, além do dejetos suíno, e 70 kg ha⁻¹ de potássio aplicado na base e 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado em cobertura.

4.2.2. Amostragem e análises microbiológicas e químicas do solo

Foram realizadas amostragens para avaliação de indicadores microbiológicos e químicos do solo nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06. Nos três anos agrícolas anteriores (2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004), foram estudados indicadores químicos do solo e rendimento das culturas.

As coletas de amostras de solo foram realizadas em duas épocas em cada ano agrícola: na primeira quinzena de outubro, um ano após a última aplicação de dejetos suíno e antes da próxima aplicação, e na primeira quinzena de janeiro, três meses após a última aplicação de dejetos suíno e com a cultura do milho em pleno desenvolvimento. Em cada parcela experimental foram coletadas três amostras compostas por 12 subamostras (pontos de coleta). As amostras foram coletadas utilizando trado do tipo Holandês, na camada de 0 a 10 cm. Para as análises microbiológicas foram coletadas duas amostras compostas por parcela, enquanto que para as análises químicas foi coletada uma amostra composta por parcela.

Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas em caixa térmicas para o laboratório, as amostras destinadas às análises microbiológicas foram armazenadas em geladeira durante o período de análise e as amostras para análises químicas foram secas, peneiradas e armazenadas para as determinações.

A determinação do teor de nitrogênio da biomassa microbiana (N_{mic}) nas amostras de solo foi realizada utilizando o método da fumigação-extração descrito por De-polli e Guerra (1999). O teor de nitrogênio total no solo (N_t) foi determinado por destilação baseado no método de Kjeldahl, os teores de cobre (Cu) e zinco no solo (Zn) foram determinados por espectrofotometria de absorção, estes indicadores químicos foram determinados segundo metodologias descritas em Tedesco et al. (1995). Com base nos teores de N_{mic} e N_t foi calculada a relação N_{mic}:N_t.

O dejetos de suíno líquido usado para aplicação foi coletado da esterqueira da granja

de suínos com animais em fase de terminação, em sistema de confinamento, localizada na propriedade onde a área experimental foi implantada. Este material ficou armazenado em esterqueiras por aproximadamente 40 dias antes da aplicação. Os teores de matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre e zinco no dejetos suíno, para os dois anos de experimento, são apresentados na Tabelas 1. Foram determinadas as seguintes características químicas do dejetos suíno: carbono, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre e zinco do dejetos referente ao ano de 2004/05 e o carbono referente ao ano de 2005/06, segundo metodologias descritas por Tedesco et al. (1995), os outros dados foram cedidos por Cassol (2006). O dejetos foi distribuído a lança, com mangueira conectada a um distribuidor de lançamento de dejetos líquido. A vazão do distribuidor foi calculada a campo antes da aplicação do dejetos. Os demais tratamentos também foram aplicados a lança em superfície.

4.2.3. Análises estatísticas

Os dados dos indicadores submetidos à análise de regressão foram aqueles considerados como discriminantes e que contribuíram na diferenciação dos tratamentos no capítulo anterior (Nmic, Nmic:Nt, Nt, Cu, Zn) em função da dose de dejetos suíno aplicado, e que apresentaram interação tripla entre as doses de dejetos suíno, os anos agrícolas e as épocas de amostragem do solo (Tabelas 2 e 7). Foram considerados os fatores de variação: doses de dejetos suíno, blocos, anos e épocas de amostragem. Os indicadores do solo que foram analisados são: Nt, cobre (Cu), zinco (Zn), Nmic e a relação Nmic:Nt.

4.3. Resultados e discussão

Os indicadores do solo utilizados na análise de regressão foram selecionados com o auxílio da análise multivariada. Os indicadores microbiológicos do solo são o Nmic e a relação Nmic:Nt e para os indicadores químicos do solo o Nt, Cu e Zn, que são importantes do ponto de vista ambiental porque em altas concentrações no solo ou na água se tornam poluentes e causam desequilíbrios ao meio ambiente.

4.3.1. Nitrogênio microbiano do solo (Nmic)

A análise de regressão demonstrou as diferenças existentes nos teores de Nmic entre as épocas e os anos em que o solo foi amostrado, e no seu comportamento em relação à dose de dejetos suíno aplicada como fertilizante do solo. Na primeira amostragem, realizada em outubro de 2004, um ano após a última aplicação de dejetos suíno, o maior teor de Nmic estimado foi de 93,06 mg kg⁻¹ de solo para a dose de 121 m³ ha⁻¹. Com doses maiores o teor de Nmic tende a diminuir. Na segunda amostragem realizada em janeiro de 2005, três meses após a última aplicação de dejetos suíno, a curva de regressão mostrou que a dose de 48 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno obteve-se o maior teor de Nmic com valor de 63,22 mg kg⁻¹, com doses maiores o teor de Nmic tende a diminuir. A aplicação de dejetos suíno reduziu a dose de dejetos que proporciona o maior teor de Nmic e reduziu o teor médio de Nmic, quando comparamos os valores de Nmic obtidos nas amostragens realizadas em outubro de 2004 e janeiro de 2005. Na terceira amostragem realizada em outubro de 2005 o maior teor de Nmic foi encontrado na dose 0 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno, com valor estimado de 220,70 mg kg⁻¹, este valor foi decrescendo significativamente com o aumento da dose de dejetos. O comportamento e os valores do Nmic se diferenciaram das duas primeiras amostragens, os teores da terceira amostragem foram mais de duas vezes superiores aos encontrados na primeira e segunda amostragem. A quarta amostragem realizada em janeiro de 2006 apresentou o maior valor de Nmic no tratamento sem aplicação de adubação, sendo este de 140,62 mg kg⁻¹, as doses mais elevadas proporcionaram redução dos teores de Nmic (Figura 4). Da mesma que ocorreu com a segunda amostragem em relação à primeira, os teores da quarta amostragem foram inferiores aos da terceira amostragem, o que indica que a aplicação de dejetos suíno não favoreceu o Nmic. O comportamento da curva de regressão indica que doses de 48 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno podem favorecer o teor de Nmic do solo e que doses maiores poderão ter efeitos negativos nos teores de Nmic. O comportamento do Nmic foi diferente entre os anos agrícolas. No ano de 2004/05 os valores de Nmic foram inferiores aos encontrados no ano de 2005/06 e no ano de 2005/06 as curvas de regressão mostraram a tendência de redução dos teores de Nmic com qualquer dose de dejetos aplicada, o que não ocorre no ano de 2004/05.

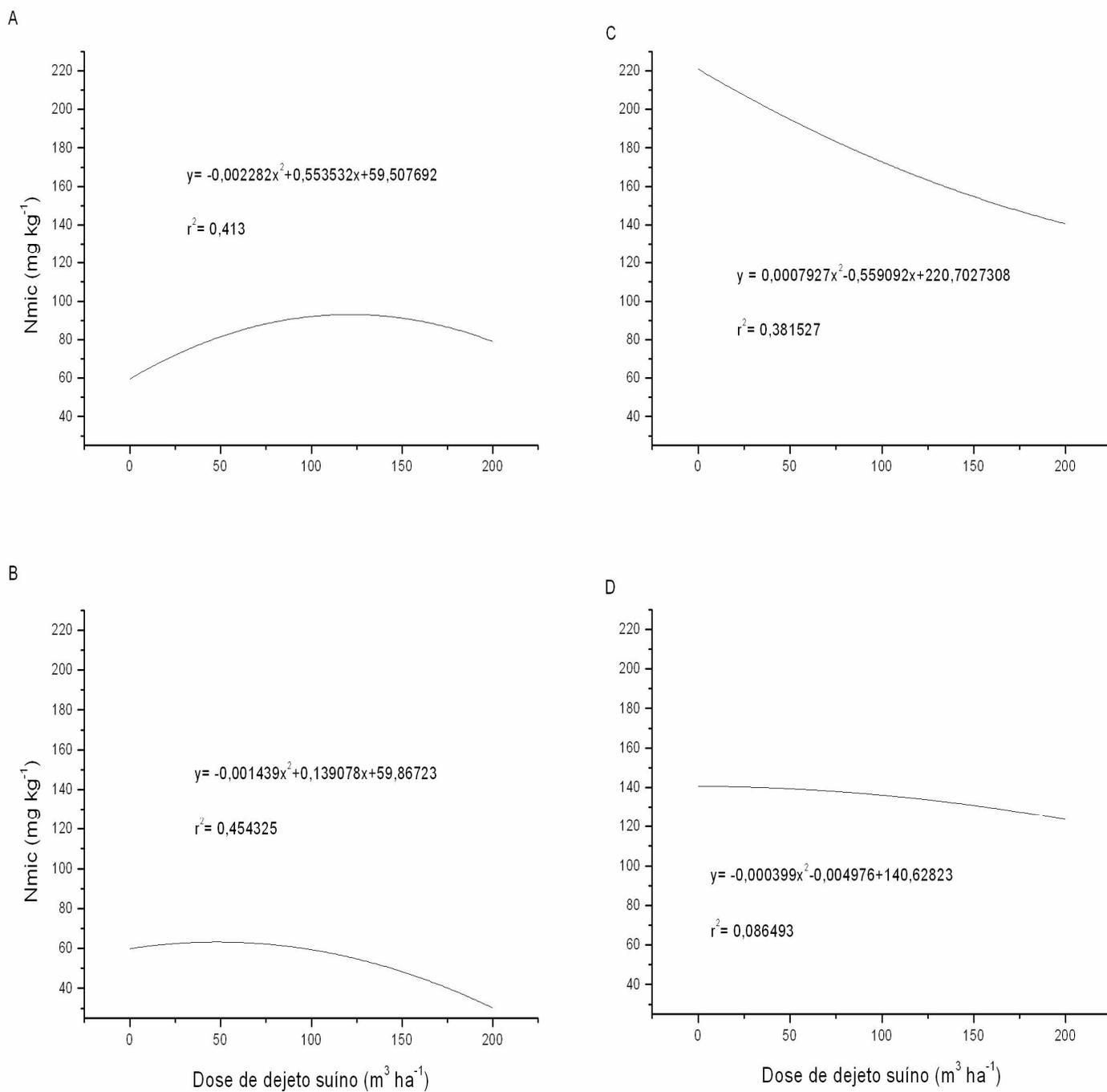


Figura 4. Nitrogênio microbiano do solo (Nmic) em mg kg⁻¹ e dose de dejetos suíno para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).

4.3.2. Relação Nmic:Nt

O comportamento da relação Nmic:Nt foi diferente entre os anos agrícolas, ocorrendo comportamento semelhante ao observado para o Nmic, as diferenças entre os anos agrícolas analisados podem estar relacionadas a um efeito negativo provocado pela adição continuada dos dejetos suínos ou pelos fatores climáticos que foram diferentes de um ano para o outro, como a pluviometria. A curva de regressão da relação Nmic:Nt para a amostragem de outubro de 2004, um ano após a última aplicação de dejetos suínos, mostra que a aplicação de dejetos suínos favoreceu a relação até a dose de $118 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, decrescendo a partir desta dose. A maior relação Nmic:Nt observada no solo pode representar uma maior capacidade da microbiota em armazenar frações significativas do N em sua biomassa microbiana, representando uma fração lábil deste nutriente para o agrossistema. O valor máximo da relação Nmic:Nt encontrado foi de 6,71%. Na amostragem realizada em janeiro de 2005, três meses após a aplicação de dejetos suínos, os valores da relação Nmic:Nt foram menores do que os encontrados na amostragem de outubro de 2004. A dose de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ foi a que proporcionou o maior valor da relação sendo este de 4,5% (Figura 5). Na amostragem realizada em outubro de 2005 e janeiro de 2006 os valores da relação Nmic:Nt foram superiores aos encontrados nas duas primeiras amostragens, da mesma forma como ocorreu com o Nmic. A maior relação foi encontrada na dose de $0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ para as duas últimas amostragens, com valores de 16,87 e 10,97%, respectivamente para a amostragem de outubro de 2005 e janeiro de 2006 (Figura 5). Estes resultados indicam que doses maiores que $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ poderão resultar em redução nos valores da relação Nmic:Nt e, conseqüentemente, poderão estar prejudicando a biomassa microbiana do solo. Os valores da relação Nmic:Nt e foram elevados quando comparamos com outros valores encontrados na bibliografia consultada. Essas diferenças entre os anos agrícolas analisados podem estar relacionadas a um efeito negativo provocado pela adição continuada dos dejetos suínos ou pelos fatores climáticos que foram diferentes de um ano para o outro, como a pluviometria.

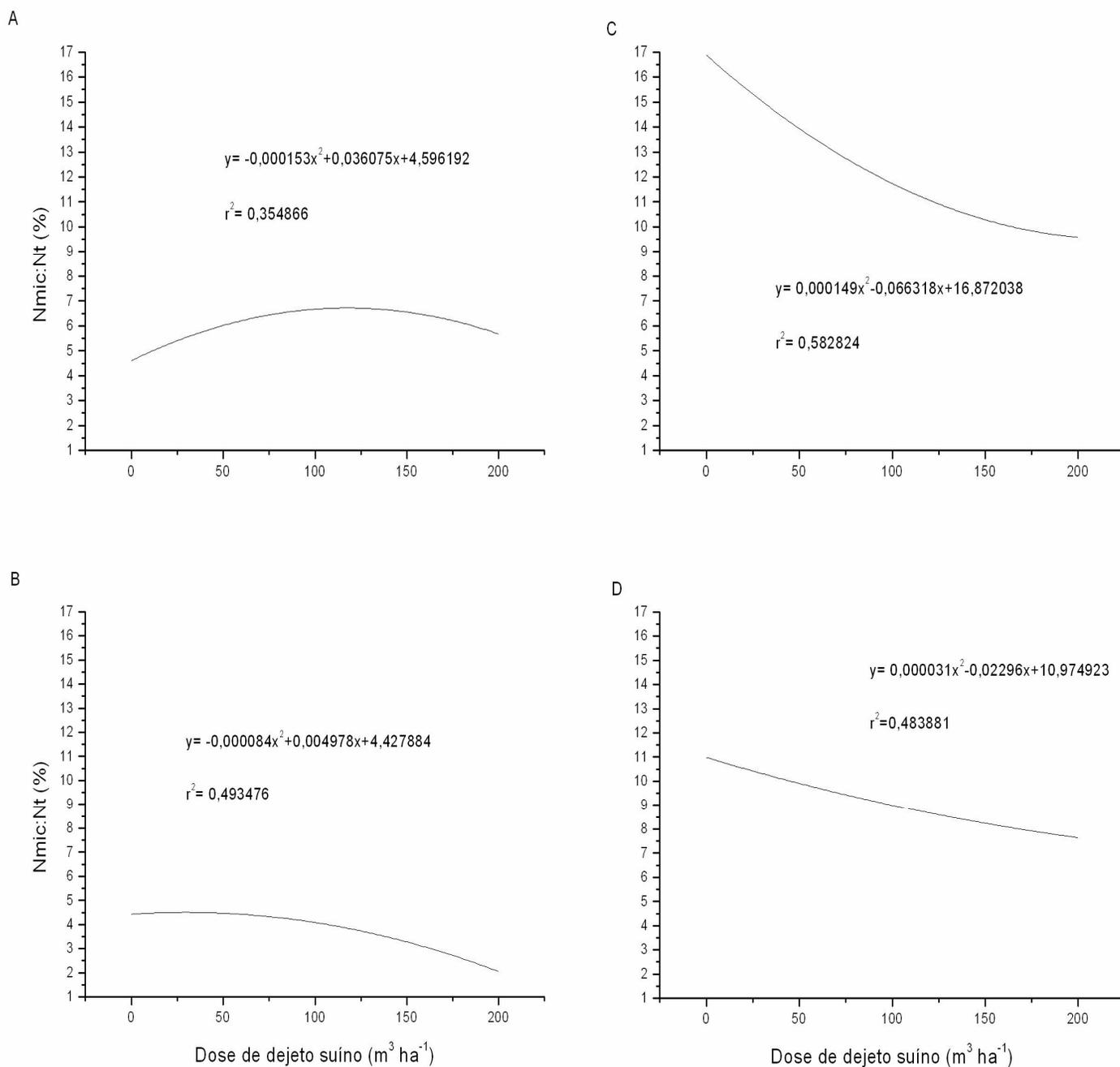


Figura 5. Relação Nmic:Nt e dose de dejetos suíno para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).

4.3.3. Nitrogênio total do solo (Nt)

O comportamento do Nt do solo foi semelhante nas três primeiras amostragens, o teor de Nt aumentou até a dose estimada de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suíno e decresceu com as doses maiores. Os valores máximos encontrados de Nt foram de $1,40 \text{ g kg}^{-1}$ para a amostragem realizada em outubro de 2004 e de $1,48 \text{ g kg}^{-1}$ para as amostragens de janeiro e outubro de 2005 (Figura 6). Na última amostragem, efetuada em janeiro de 2006, o teor de Nt aumentou até a dose máxima testada de dejetos suíno ($200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), com valor de $1,61 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 6).

Segundo Castamann et al. (2005) os dejetos líquidos de suínos quando usados como fertilizantes aumentam os teores de nitrogênio total e mineral, sendo esse efeito proporcional às doses aplicadas. Neste estudo o autor observou que a dose equivalente a $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ possibilitou um incremento de 443 mg kg^{-1} de N em relação à testemunha, e de 370 mg kg^{-1} de N em relação à dose equivalente a $31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

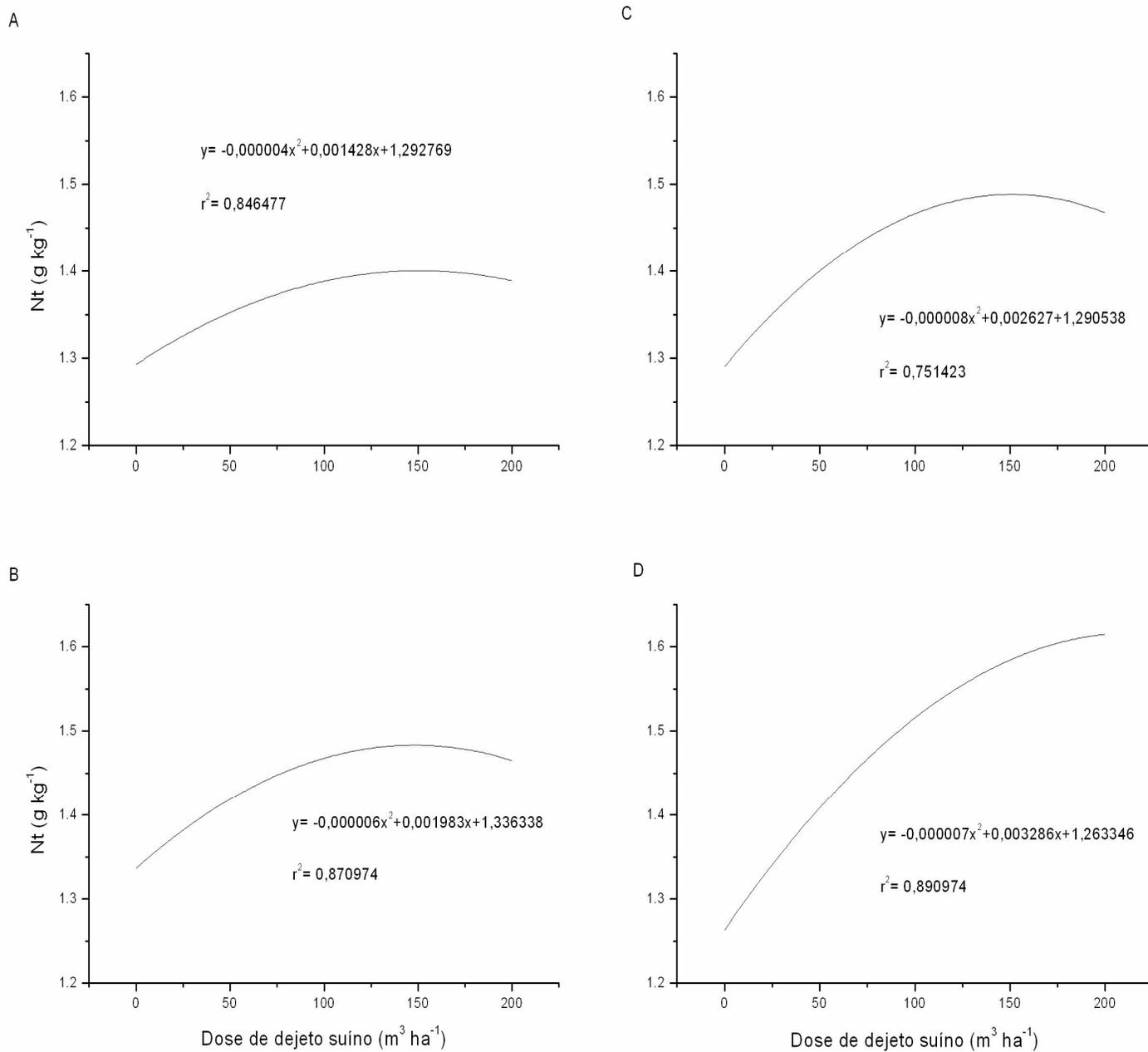


Figura 6. Nitrogênio total no solo (Nt) e dose de dejetos suíno para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).

4.3.4. Cobre (Cu) e Zinco (Zn)

O teor de Cu do solo aumentou com as doses de dejetos suínos aplicada nas três primeiras amostragens, e o comportamento das curvas de regressão foi linear. Na última amostragem o teor de Cu aumentou até a dose estimada de $156 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, com teor máximo de Cu de $4,87 \text{ mg kg}^{-1}$, e decresceu a partir desta dose, sendo que o comportamento da curva de regressão foi quadrático (Figura 7). O Cu apresentou tendência de aumentar as concentrações no solo com o aumento das doses aplicadas e com a continuidade das aplicações, o que é preocupante do ponto de vista ambiental. Outros estudos considerando a saturação e adsorção no solo e a absorção de Cu pelas plantas, com a aplicação de dejetos suínos como fertilizante do solo, devem ser realizados com o objetivo de evitar a poluição por acúmulo deste elemento no solo. Os maiores teores de Cu encontrados por Moreira (2004) nesta mesma área experimental foram de $10,00 \text{ mg kg}^{-1}$ no tratamento com adubação solúvel. Konzen (2003) relatou aumentos dos teores de Cu do solo proporcional ao aumento das doses de dejetos suínos aplicado no solo, os valores de Cu encontrados foram de $11,7$, $17,4$ e $21,8 \text{ mg kg}^{-1}$ para as doses de 45 , 90 e $135 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ respectivamente.

O comportamento do Zn do solo foi semelhante ao do Cu, o teor de Zn aumentou com o aumento das doses de dejetos suínos aplicada, para as três primeiras amostragens. Na última amostragem o Zn aumentou até a dose estimada de $165 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suínos, o teor encontrado neste ponto foi de $6,16 \text{ mg kg}^{-1}$, e o comportamento da curva de regressão foi quadrático (Figura 8). O Zn, da mesma forma que o Cu, pode provocar poluição do solo em altas concentrações, portanto devemos controlar o uso contínuo, a dose de dejetos suínos aplicada e a concentração deste elemento no solo. Os maiores teores de Zn encontrados por Moreira (2004) nesta mesma área experimental foram $4,32 \text{ mg kg}^{-1}$ no tratamento com $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suínos. Segundo estudo realizado por Mattias et al. (2003), os teores de Zn biodisponível aumentaram linearmente com as doses de dejetos suínos aplicada, passando de $31,0$ para $57,2$ e $91,6 \text{ mg L}^{-1}$ para as doses de 40 e $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Os valores de Zn encontrados por esse autor foram superiores aos encontrados neste experimento, mas o comportamento dos teores de Zn foi o mesmo, aumentando conforme a dose aplicada. Konzen (2003) relatou aumentos dos teores de Zn do solo proporcional ao aumento das doses de dejetos suínos aplicado, os valores de Zn encontrados foram de $1,3$, $2,6$ e $2,8 \text{ mg kg}^{-1}$ para as doses de 45 , 90 e $135 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente.

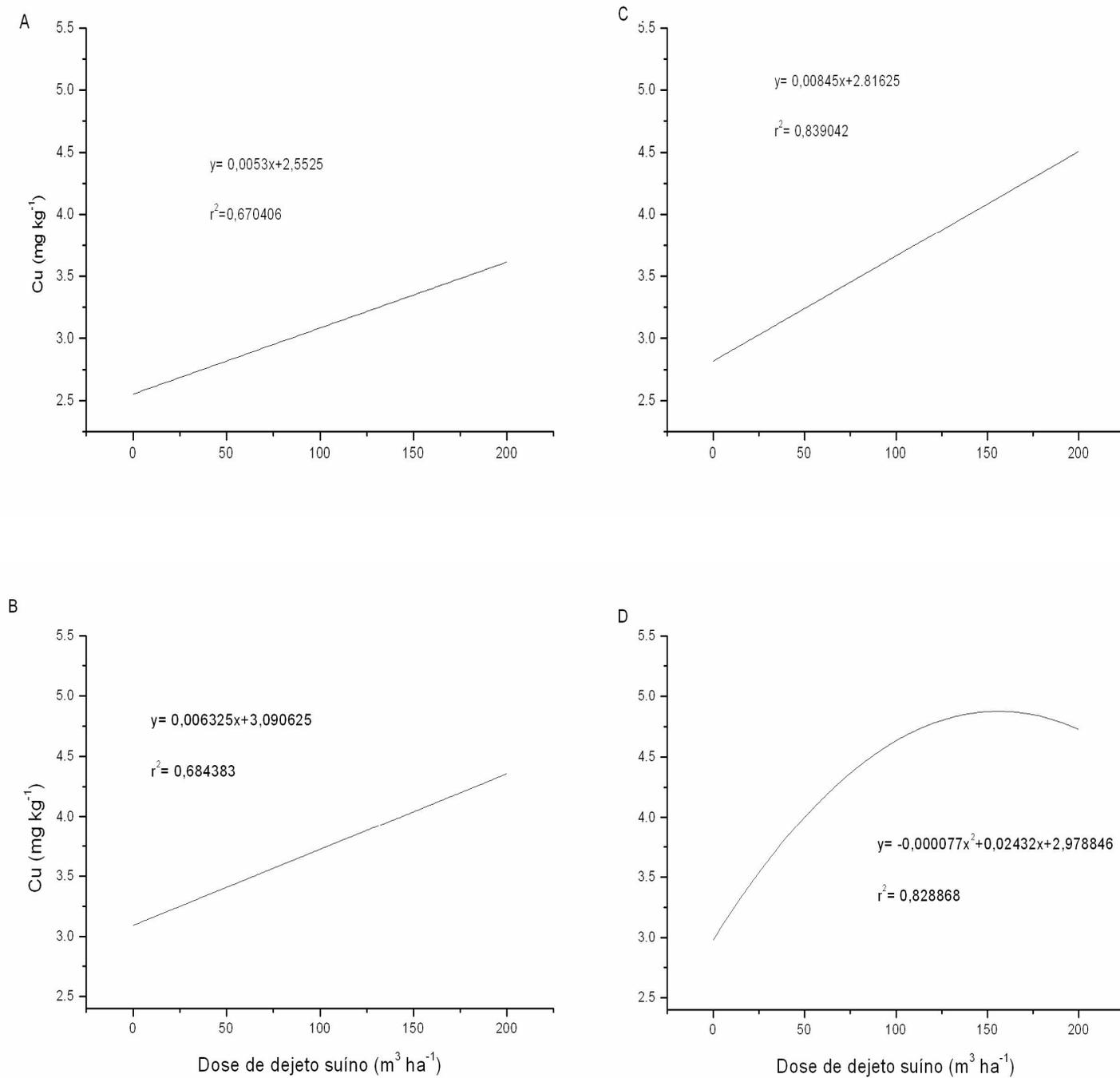


Figura 7. Cobre no solo (Cu) e dose de dejetos suíno para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).

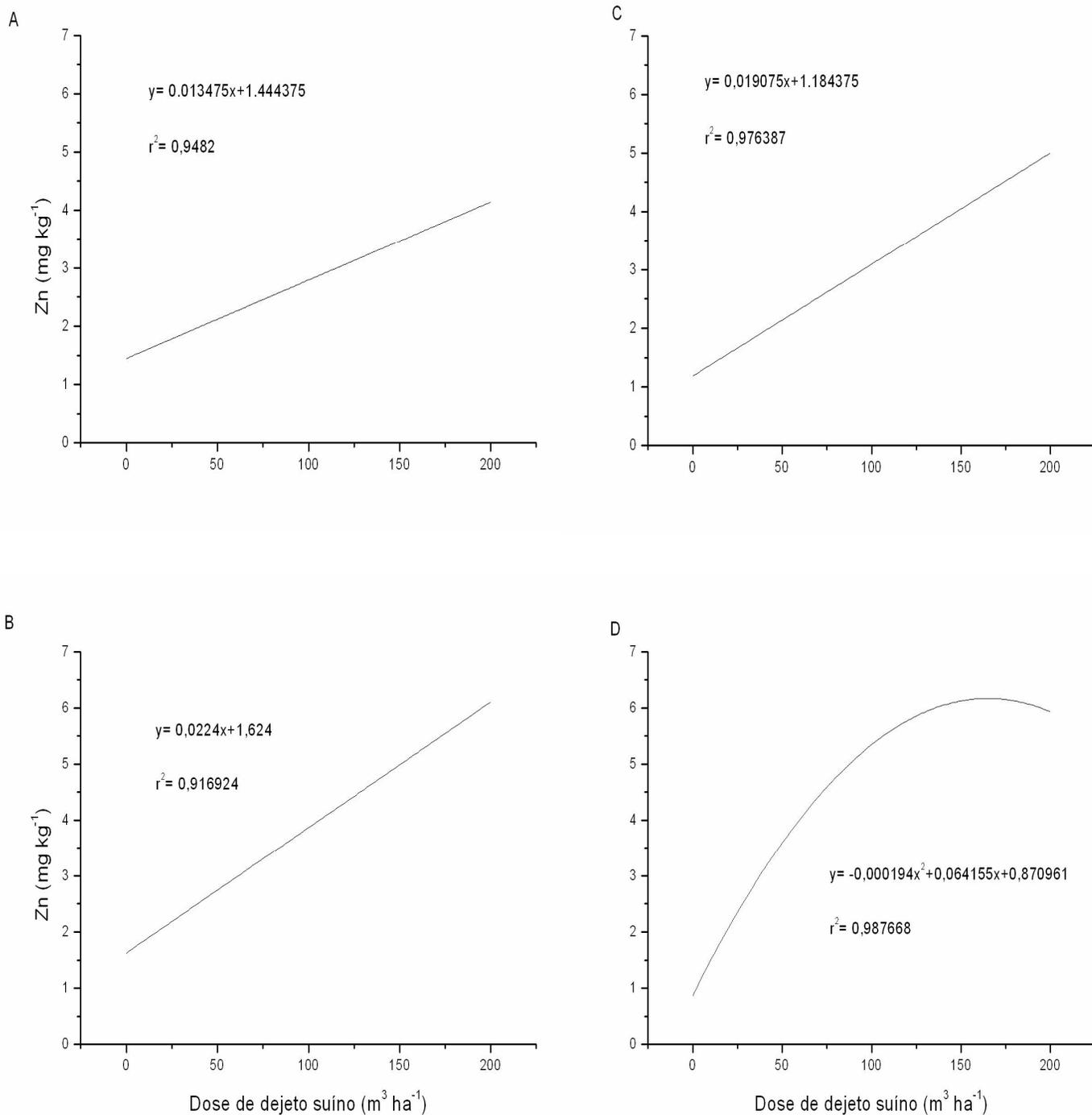


Figura 8. Zinco no solo (Zn) e dose de dejetos suíno para a amostragem realizada em outubro de 2004 (A), em janeiro de 2005 (B), outubro de 2005 (C) e janeiro de 2006 (D).

4.4. Conclusões

A análise de regressão mostrou que com a dose de 30 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno, aumentam os teores do nitrogênio microbiano do solo e sua relação com o nitrogênio total no solo, e que doses mais elevadas podem provocar redução da biomassa microbiana do solo, causando prejuízos à qualidade biológica.

Os teores de nitrogênio total, o cobre e o zinco no solo aumentaram com o aumento da dose de dejetos suíno aplicada como fertilizante. O teor de nitrogênio total no solo aumentou até a dose estimada de 150 m³ ha⁻¹ nas três primeiras amostragens e na última aumentou até a dose máxima. Os teores de cobre e zinco aumentaram até a dose máxima de dejetos suíno nas três primeiras amostragens e na última aumentaram até a dose estimada de 156 e 165 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno, respectivamente.

4.5. Referências bibliográficas

CASSOL, P.C.; J.E. DAL CASTEL. Efeito fertilizante e impacto ambiental da aplicação de dejetos de suínos em lavoura sob plantio direto. Relatório Técnico Científico. Lages, SC, 2006.

CASTAMANN, A.; ESCOTEGUY, P.A.V.; CALDEIRA, M. Nitrogênio total e mineral em Latossolo adubado com dejetos líquidos de suínos no sulco e cultivado com trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 30., **Anais**. Recife, SBCS, 2005. (CDROM).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC – **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do sul e santa Catarina**. NRS/SBCS, Porto Alegre, 2004.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. Manejo de dejetos suínos. **Boletim informativo de pesquisa – BIPERS nº 11**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 1998.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.389-411.

IBGE, **Produção da Pecuária Municipal 2004**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 06 de out. de 2006.

KONZEN, E.A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos suínos e cama de aves. **V Seminário Técnico da Cultura do Milho**. Videira, SC. Agosto de 2003.

MATOS, M.A.; Indicadores químicos e microbiológicos do solo após aplicação de resíduos de suínos em sistema de plantio direto. **Dissertação de Mestrado**, Londrina, 2006.

MATTIAS, J.A.; PAVINATO, P.S.; PANDOLFO, C.M.; RHEINHEIMER, D.S.; FERREIRA, F.P.; STRECK, C.A.; CHIAPINOTTO, I. & BASSO, C.J. Cobre, zinco e manganês no solo com aplicação de dejetos suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29, **Anais**. Ribeirão Preto, SP, SBCS, 2003. (CDROM).

MOREIRA, E. B. Efeito fertilizante de dejetos suíno aplicado em lavoura sob plantio direto. **Dissertação de Mestrado**. UDESC/CAV, Lages, 2004.

PERDOMO, C. C.; CAZZARÉ, M. Sistema Dalquim de tratamento de Resíduos animais. **Comunicado Técnico**. (EMBRAPA - CNPSA). Concórdia - SC, 2001.

PERDOMO, C.C. & LIMA, G.J.M.M. **Dejetos de Suinocultura**. 2006. Disponível em <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em 06 de out. de 2006.

QUADRO, M.S.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; SILVA, D.G. & BRISILARA, C.V. Alterações microbiológicas no solo induzidas pela aplicação de dejetos de suínos e calcário. **Fertbio, Anais**. Lages, SC, 2004.(CDROM).

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2ª Ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 215p. **Boletim Técnico de Solos**, 5.

5. CONCLUSÃO GERAL E RECOMENDAÇÕES

O uso da análise estatística multivariada e o teste de contraste permitiram observar que existem efeitos entre os tratamentos de adubação, os anos agrícolas e as épocas de amostragem. Também possibilita observar o comportamento e selecionar os indicadores do solo que foram discriminantes na separação dos tratamentos, que são o nitrogênio da biomassa microbiana do solo e sua relação com o nitrogênio total no solo, para os indicadores microbiológicos. Para os indicadores químicos do solo foram o nitrogênio total no solo, o cobre, o carbono orgânico no solo e o zinco. Estes são considerados como os melhores indicadores das alterações na qualidade biológica e química do solo, provocadas pela adição continuada de dejetos suínos.

A análise dos contrastes demonstrou que os tratamentos com doses de dejetos superior a $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e inferiores a $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, influenciou negativamente nos indicadores microbiológicos estudados. A análise de regressão mostrou que com a dose de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos suínos aumentam os teores de N_{mic} e da relação N_{mic}/N_t e que doses mais elevadas podem provocar redução da biomassa microbiana do solo, causando prejuízos à qualidade biológica do solo. Com esses resultados podemos concluir que a dose máxima de dejetos suínos a ser aplicada no solo como fertilizante deve ser de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, para o solo estudado, para as características químicas do dejetos suínos aplicado e utilizando como critério os indicadores microbiológicos selecionados como indicadores.

A análise de regressão dos teores do nitrogênio total do solo, o cobre e o zinco mostrou que os teores aumentam com o aumento das doses de dejetos suínos aplicada no solo. Este comportamento é preocupante do ponto de vista ambiental, já que em altas

concentrações esses elementos causam poluição, contaminação e degradação do solo e fontes de água.

A continuidade deste estudo e a implantação de novos estudos de longa duração, com a aplicação continuada de dejetos suíno no solo, devem ser realizados para que possamos evitar a poluição e degradação da qualidade do solo provocada pelo uso excessivo de dejetos suíno como fertilizante. Outros tipos de solos, dejetos com outras características químicas e indicadores microbiológicos diferentes devem continuar a ser estudados, para que possamos alcançar os objetivos de se estabelecer indicadores de qualidade do solo confiáveis e doses de dejetos suíno adequadas.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC)

Sei, Fernando Bonafé

Indicadores microbiológicos e químicos de um
latossolo submetido à adição de dejetos suínos. / Fernando
Bonafé Sei. - Lages, 2006.

82 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UEDESC.

1. Suíno - Esterco. 2. Carbono. 3. Nitrogênio.
4. Análise multivariada. I. Título.