

# ALTERAÇÕES NA ATIVIDADE MICROBIANA E NA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO APÓS APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

## CHANGES IN SOIL MICROBIAL ACTIVITY AND ORGANIC MATTER AFTER APPLICATION OF SEWAGE SLUDGE

Joseany Andrade SANTOS<sup>1</sup>; Valdinar Bezerra dos SANTOS<sup>2</sup>;  
Ademir Sérgio Ferreira de ARAÚJO<sup>3</sup>

1. Aluna de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Piauí – UESP, Campus Parnaíba, Parnaíba, PI, Brasil. [santosvb@bol.com.br](mailto:santosvb@bol.com.br); 2. Professor, Doutor, Centro de Ciências Agrárias – UESP, Campus Parnaíba, Parnaíba, PI, Brasil.

3. Professor, Doutor, Centro de Ciências Agrárias – UESP Campus da Socopo, Teresina, PI, Brasil.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de lodo de esgoto (LE) ao solo sobre a atividade microbiana e o conteúdo de matéria orgânica. Os tratamentos consistiram de: T<sub>1</sub> - Solo (testemunha), T<sub>2</sub> - solo com 10 Mg ha<sup>-1</sup> de LE; T<sub>3</sub> - solo com 20 Mg ha<sup>-1</sup> de LE; T<sub>4</sub> - solo com 30 Mg ha<sup>-1</sup> de LE; T<sub>5</sub> - solo com 40 Mg ha<sup>-1</sup> de LE; T<sub>6</sub> - solo com 50 Mg ha<sup>-1</sup> de LE (base seca). As amostras foram incubadas durante 56 dias. A atividade microbiana foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado no processo de respiração microbiana. Os conteúdos de carbono orgânico total (COT) das frações ácido húmico (FAH) e fulvico (FAF) foram determinados aos 56 dias. Os resultados mostraram uma resposta quadrática da respiração do solo pela adição do lodo de esgoto, indicando um estímulo na atividade microbiana do solo até 31,32 Mg ha<sup>-1</sup>. Os conteúdos de COT e do carbono da FAH e da FAF apresentaram comportamento linear, quadrático e cúbico, respectivamente. O uso de lodo de esgoto em doses adequadas pode favorecer a atividade biológica e incrementar o conteúdo de matéria orgânica do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microrganismo. Biossólido. Condicionador de solo.

### INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem ocasionado uma série de problemas sociais e ambientais, dentre eles a geração de resíduos urbanos, tais como lodo de esgoto, cujo descarte no ambiente não tem sido feito de modo apropriado. O lodo de esgoto, conhecido por biossólido, proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE(s), é uma das fontes de matéria orgânica disponível em quantidades crescentes no mundo (ANDREOLI; PEGORINI, 2000). Devido ao seu alto conteúdo de nutrientes, o lodo de esgoto surge como uma alternativa para uso como condicionador de solo, aumentando o conteúdo de matéria orgânica do solo e incrementando a nutrição das plantas (DIAS, 2005).

Entretanto, a disposição adequada do lodo de esgoto é uma questão que tem causado divergência com os órgãos ambientais, que estipulam critérios ou índices permitidos, necessitando de maiores estudos a respeito das doses a serem aplicadas. O uso de indicadores de qualidade do solo, como a respiração basal (liberação de CO<sub>2</sub>), os estoques de carbono orgânico total e as frações da matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos), têm recebido atenção especial no monitoramento da poluição do solo, por serem indicadores dos efeitos da adição de resíduos orgânicos (CANELAS et al., 2001; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um dos principais produtos metabólicos dos microrganismos heterotróficos e a sua liberação do solo tem sido freqüentemente usada como uma medida da atividade microbiana (ALEF; NANNIPIERI, 1995). A matéria orgânica acrescentada ao solo causa um imediato aumento da respiração microbiana e a extensão do processo não depende somente do número e do tipo de organismos presentes, mas também da natureza e quantidade do carbono oxidável. A respiração pode ser usada como método de avaliação da atividade microbiana no solo, possibilitando quantificar a atividade respiratória dos microrganismos bem como a velocidade de degradação de um determinado substrato (KONRAD; CASTILHOS, 2000).

Além disso, a literatura é rica em trabalhos sobre os efeitos do lodo de esgoto no nível de fertilidade do solo, nas propriedades físicas e biológicas, na absorção de nutrientes e na produtividade das culturas (CANELAS et al., 2001; VAZ et al., 2002; ROCHA et al., 2004). Contudo, poucos são os trabalhos de pesquisa a respeito dos efeitos do lodo de esgoto sobre as frações da matéria orgânica do solo.

O lodo de esgoto é constituído por diferentes grupos orgânicos, entre eles, as substâncias húmicas, que são um grupo de substâncias quimicamente mais estáveis e de difícil degradação, o que pode representar uma reserva de

C no solo (YANG et al., 2004) uma vez que cerca de 90% do carbono orgânico nos solos minerais é constituído pelas substâncias húmicas. Desta forma, o uso agrícola de lodo pode favorecer um aumento do estoque de C no solo.

A matéria orgânica do solo é composta por diferentes frações, de acordo com sua solubilidade em meio ácido ou alcalino (CAMARGO et al., 2006). De modo geral, é aceita a distribuição das frações humidificadas em três categorias: humina, que apresenta a matéria orgânica intimamente ligada à fração mineral do solo, e por isso insolúvel; os ácidos fúlvicos, que apresentam grande quantidade de grupamentos funcionais oxigenados e são solúveis tanto em meio ácido como básico e os ácidos húmicos, insolúveis em meio fortemente ácido e representa a fração reativa mais estável da matéria orgânica (CANELAS et al., 2001). Segundo Maccalister e Chueien (2000), o conteúdo relativo de cada fração da matéria orgânica é um indicativo da qualidade do húmus do solo.

Pelo exposto, o objetivo da pesquisa foi verificar o impacto da aplicação de doses crescentes de lodo esgoto sobre a atividade microbiana do solo, carbono orgânico total do solo, além dos teores de carbono nas frações da matéria orgânica do solo.

**Tabela 1.** Composição química do lodo de esgoto.

pH	Umidade %	C/N	CO	N	P	K	Ca	Mg
-----g kg <sup>-1</sup> -----								
6,2	68,2	5	20,5	4,42	0,9	10,86	0,22	6,36

A atividade microbiana foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante 56 dias, conforme metodologia proposta por Alef e Nannipieri (1995). Para isso, 100 g de solo com as doses aplicadas de lodo esgoto foram colocadas em frascos respirométricos de vidro, herméticos com 0,575 L de capacidade, juntamente com um copo de polietileno de 50 mL contendo 20 mL de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, para captar o CO<sub>2</sub> liberado do solo. O CO<sub>2</sub> foi determinado em quatro coletas sucessivas, adicionando-se 5 mL de uma solução de BaCl<sub>2</sub> (25%) e 3 gotas de fenolftaleína (1%) em cada copo, titulando-se o excesso de NaOH com uma solução padronizada de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Após cada determinação, as soluções de NaOH foram trocadas por soluções recém-preparadas.

O carbono orgânico total do solo (COT) foi determinado, ao final do período de incubação, por oxidação do carbono por via úmida (Walkley Black), conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Para isso foi transferido 1 g de solo para erlenmeyer de 125 mL, adicionando 5 mL de dicromato de potássio 0,167 mol L<sup>-1</sup> e mais 10 mL

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Biociências da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Campus de Parnaíba. O lodo de esgoto (LE) utilizado no experimento foi proveniente da Estação de Tratamento de Água da AGESPISA (Agência de Águas e Esgotos do Piauí), pertencente ao município de Parnaíba, PI. O solo utilizado foi amostrado na profundidade de 0-20 cm e foi classificado como Neossolo Quartzarênico órtico típico (EMBRAPA, 1997) e apresentou as seguintes características químicas: pH, 6,3; M.O. 10,1 g dm<sup>-3</sup>; P, 1,7 mg dm<sup>-3</sup>; K, 0,6; Ca, 0,3; Mg, 0,5; CTC, 2,28 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente. A composição química do lodo de esgoto utilizado neste experimento está apresentada na Tabela 1.

Os tratamentos consistiram de: T<sub>1</sub> - Solo (testemunha), T<sub>2</sub> - solo com 10 Mg ha<sup>-1</sup> de LE; T<sub>3</sub> - solo com 20 Mg ha<sup>-1</sup> de LE; T<sub>4</sub> - solo com 30 Mg ha<sup>-1</sup> de LE; T<sub>5</sub> - solo com 40 Mg ha<sup>-1</sup> de LE; T<sub>6</sub> - solo com 50 Mg ha<sup>-1</sup> de LE, todos à base seca, dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições.

de ácido sulfúrico. A quantificação do COT foi obtida a partir da titulação do dicromato remanescente com a solução sulfato ferroso amoniacal 0,25 mol L<sup>-1</sup>

A matéria orgânica do solo foi fracionada com base na solubilidade em meio ácido e alcalino, obtendo-se as frações ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF). Para isso foram colocados 2,0 g de cada amostra em tubos de centrífuga de 15 mL com tampa e adicionado 10 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Em seguida foram agitados em agitador horizontal por 1 hora a 12 rpm. A solução foi deixada em repouso por 24 horas e depois centrifugada por 15 min a 2500 rpm. O sobrenadante foi transferido para um erlenmeyer de 125 mL e reservado. Esse procedimento foi repetido até que o sobrenadante ficasse incolor.

Em seqüência, o sobrenadante reservado (extrato alcalino pH = 13,0) foi ajustado para pH 2,0 com adição de gotas de solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 20%. O material foi deixado em repouso por 18 horas até a decantação do precipitado formado a fim de facilitar a separação das frações ácido fúlvico (FAF), que

permaneceu em solução, da fração ácido húmico (FAH) que precipitou. A separação das frações foi feita por filtração, em papel filtro analítico, onde o material filtrado teve o volume ajustado para 50 mL utilizando água destilada (fração AF). O material remanescente no papel filtro foi retirado mediante adição da solução NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> sobre o precipitado até a lavagem completa do papel filtro. A FAH foi rediluída em solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e teve o volume completado para 50 mL e reservado para quantificação. A determinação do carbono nas frações ácido húmico (FAH) e ácido fúlvico (FAF) foram realizados pelo mesmo princípio analítico descrito para a determinação do COT.

Os resultados das análises dos atributos estudados foram submetidos à análise de variância e ajustadas as equações de regressão para as doses de lodo.

**Tabela 2.** Quadro de Análise de variância dos dados referentes a liberação de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>); carbono orgânico total (COT), frações ácidos húmicos (FAH) e fúlvicos (FAF), aos 56 dias após a incubação do solo.

Fonte de Variação	Quadrado Médio			
	CO <sub>2</sub>	COT	FAH	FAF
Tratamentos	1172,82*	0,6223*	3,2753*	1,1996*
Resíduo	34,08	0,3948	0,956	0,9568
Total	1206,9	1,0171	4,2313	2,1565

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

A respiração do solo é a medida mais usual para determinar a atividade microbiana do solo (ALEF; NANNIPIERI, 1995). O resultado do efeito do LE sobre a respiração microbiana do solo está apresentando na Figura 1 e indicam que a aplicação do LE estimulou a atividade microbiana. Segundo Passionoto et al. (2001), quando um material orgânico é adicionado ao solo, este é utilizado pelos organismos como fonte de C e de energia, ocorrendo um aumento na atividade biológica com posterior liberação de CO<sub>2</sub>.

Os dados mostraram uma resposta quadrática da resposta da atividade microbiana às doses de LE aplicada no solo ( $y = -0,0182x^2 + 1,1399x + 23$ ;  $R^2 = 0,55$ ). A partir da derivação dessa equação observou-se que a maior atividade microbiana, pela aplicação de LE, foi obtida na dose 31,3 Mg ha<sup>-1</sup>. Em doses superiores a esta se observou uma diminuição da atividade microbiana do solo. Provavelmente, em doses elevadas de LE os elementos químicos contido neste resíduo tenham prejudicado o crescimento e o metabolismo microbiano, conforme observado por Rost et al. (2001). Além disso, a aplicação de altas doses de lodo de esgoto pode implicar em modificações na comunidade microbiana e alterações na sua

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

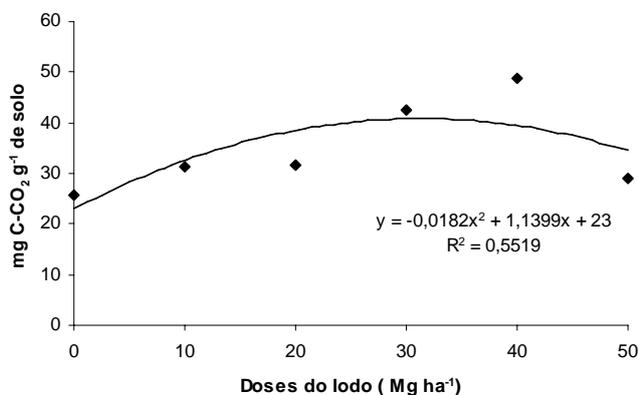
A análise de variância mostrou efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) para os tratamentos (Tabela 2), indicando que houve respostas das doses de LE aplicadas no solo sobre todas as variáveis avaliadas. Desta forma, o uso do LE ocasiona modificações nas propriedades químicas e biológicas do solo devido, principalmente ao conteúdo de C orgânico e outros nutrientes presentes (Tabela 2). Canelas et al. (2001), avaliando a aplicação de lodo de esgoto em dose única (80 Mg ha<sup>-1</sup>) em dois tipos de solos (Latosolo e Argissolo), verificaram efeito da adição de matéria orgânica na atividade biológica do solo. Resultados semelhantes foram observados por Vaz e Gonçalves (2002) e Rocha et al. (2004) utilizando doses crescentes de lodo de esgoto aplicados em um Latossolo cultivado com Eucalipto.

funcionalidade, podendo influenciar de modo negativo os vários processos que controlam a disponibilidade e a ciclagem de nutrientes no solo (LAMBASIS; SOUZA, 2000).

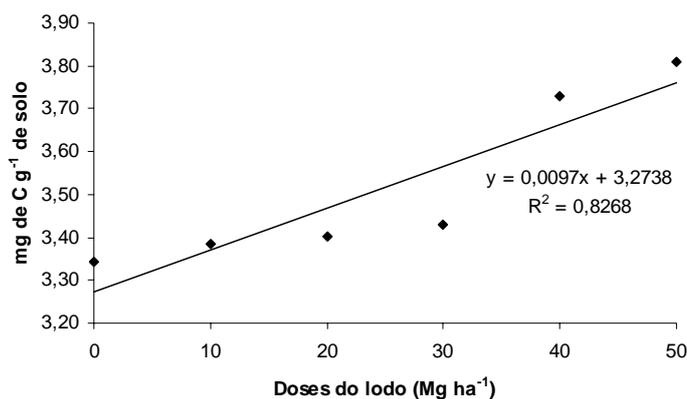
Os dados relativos às mudanças no carbono orgânico total (COT) devido à aplicação de doses de LE estão apresentados na Figura 2. Observou-se que adição de LE ocasionou uma resposta linear positiva ( $y = 0,0097x + 3,273$ ;  $R^2 = 0,82$ ) indicando um aumento no COT pelo uso do resíduo. Desta forma, com aplicações sucessivas de LE é possível manter ou aumentar os teores de carbono dos solos. Fernandes et al. (2005), verificaram que a aplicação por um longo período de tempo desse resíduo resultou em maior acúmulo de COT no solo, sendo esse incremento atribuído ao carbono oriundo do lodo de esgoto.

Rocha et al. (2004), avaliando os efeitos de doses crescentes de LE na fertilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, na cultura do eucalipto, observaram que, aos 32 meses após aplicação do lodo, houve aumento nos teores de COT com o acréscimo das doses de lodo usadas, em comparação com ao tratamento testemunha. Este incremento no COT é importante para solos arenosos, como os Neossolos, uma vez que a MOS

condiciona as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (SPARLING et al., 1992).



**Figura 1.** Liberação acumulada de C-CO<sub>2</sub> do solo após aplicação das doses de lodo de esgoto durante 56 dias de incubação.

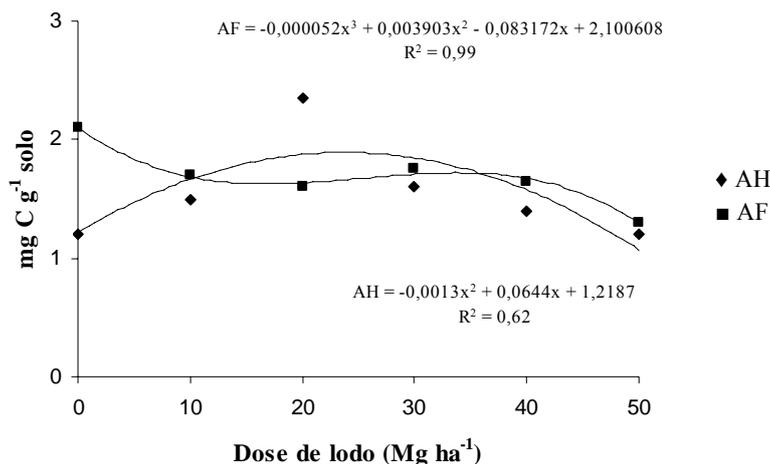


**Figura 2.** Carbono orgânico total após adição das doses do lodo de esgoto após 56 dias de incubação.

Os teores de carbono da fração ácido húmico (FAH) em função do uso de doses crescentes de LE, após 56 dias de incubação, estão apresentados na Figura 3. Os dados revelaram uma resposta quadrática ( $y = -0,0013x^2 + 0,0644x + 1,2187$ ;  $R^2 = 0,62$ ) do carbono da FAH em função das doses de LE utilizadas. A derivação desta equação mostrou uma resposta positiva, com o aumento do carbono da FAH, até a dose de 24,77 Mg ha<sup>-1</sup>. Este comportamento foi semelhante ao observado para a respiração do solo (Figura 1) e indica uma relação entre aumento do carbono da FAH e atividade microbiana.

Segundo Soares (2005), o aumento no conteúdo de carbono da FAH pode ser um indicador

de melhoria da qualidade do húmus ou do incremento da atividade biológica que promove a síntese das substâncias húmicas mais consensadas refletindo em maior aporte de húmus ao solo com a adição de LE. Estes resultados foram diferentes aos observados por Canelas et al. (2001) em um Latossolo Vermelho argiloso com aplicação de lodo de esgoto. Entretanto, o solo utilizado por estes autores apresentava um alto conteúdo de argila e proporcionou uma proteção da matéria orgânica à degradação microbiana, através da formação de complexos organo-minerais. Neste trabalho, o solo apresenta um alto conteúdo de areia, o que desfavorece esta proteção da matéria orgânica à degradação microbiana.



**Figura 3.** Carbono da fração ácido húmico (AH) e fúlvico (AF) após adição das doses do lodo de esgoto após 56 dias de incubação.

Os teores de carbono da fração ácido fúlvicos (FAF), em função das doses crescentes de LE, após 56 dias de incubação, estão apresentados na Figura 3. A equação de regressão revelou uma resposta cúbica ( $y = -0,000052x^3 + 0,003903x^2 - 0,083172x + 2,100608$ ;  $R^2 = 0,99$ ) dos teores de carbono da FAF em função das doses crescentes de LE. Através da derivação desta equação observou-se que até a dose de  $10,67 \text{ Mg ha}^{-1}$  houve uma redução do carbono da FAF, com uma pequena variação em doses superiores. Esta diminuição sugere um consumo do carbono da FAF pelos microrganismos do solo, uma vez que o C desta fração apresenta uma estrutura mais simples, se comparado aos ácidos húmicos. Segundo Konrad e Castilhos (2000) e Rosa et al. (2002), a FAF apresenta menor grau de condensação das moléculas do que a FAH, resultando em maior decomposição desta fração. Desta forma, o aumento na atividade microbiana, após a aplicação do LE (Figura 1) ocasionou uma

diminuição no carbono da FAF e sugere uma utilização deste C como fonte energia para degradação do material orgânico adicionado. Resultado semelhante foi observado por Yagi et al. (2001), que encontraram menores proporções de ácidos fúlvicos nos tratamentos que receberam adubação orgânica. A partir da dose de  $10,67 \text{ Mg ha}^{-1}$  a relação do carbono que estava sendo incorporado pelo resíduo e utilizado pelo microrganismo foi menor, sendo que até  $40 \text{ Mg ha}^{-1}$  não houve alteração no carbono da FAF.

## CONCLUSÃO

A adição do lodo de esgoto estimulou a atividade microbiana do solo. Entretanto, em doses elevadas ocorreu inibição na respiração microbiana. Além disso, o lodo de esgoto aumentou o conteúdo de carbono orgânico do solo, principalmente na fração ácido húmico.

**ABSTRACT:** The aim of this work was to evaluate the effects sewage sludge (SS) soil on microbial activity and organic matter content. The treatments consisted of: T<sub>1</sub> - Soil (control), T<sub>2</sub> - soil plus  $10 \text{ Mg ha}^{-1}$  of SS, T<sub>3</sub> - soil plus  $20 \text{ Mg ha}^{-1}$  of SS, T<sub>4</sub> - soil plus  $30 \text{ Mg ha}^{-1}$  of SS, T<sub>5</sub> - soil plus  $40 \text{ Mg ha}^{-1}$  of SS, T<sub>6</sub> - soil plus  $50 \text{ Mg ha}^{-1}$  of SS (dry base). The soil samples were incubated for 56 days. The microbial activity was measured by the quantification of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) evolved in the microbial respiration. The contents of total organic carbon (TOC) and carbon of humic (FAH) and fulvic (FAF) acid fractions were measured at 56 days. The results showed a quadratic response of soil respiration by application of sewage sludge, indicating an stimulate in the soil microbial activity at  $31,32 \text{ Mg ha}^{-1}$ . The TOC and carbon of FAH and FAF content presented linear, quadratic and cubic behavior, respectively. The use of sewage sludge, in appropriate doses, can favor the soil biological activity and increase the organic matter content.

**KEYWORDS:** Microorganism. Biosolid. Soil conditioner.

**REFERÊNCIAS**

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Londres: Academic Press, 1995. 576p.
- ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S. Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 281-312.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com a adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1529–1538, 2001.
- DIAS, B. O. **Caracterização da matéria orgânica de Latossolo sob aplicação continuada de lodo de esgoto**. Lavras, 2005. 68 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras.
- FERNANDES, S. A. P.; BETTIOL, W.; CERRI, C. C.; CAMARGO, P. Sewage sludge effects on gas fluxes at the soil- atmosphere interface, on soil <sup>13</sup>C and on total soil carbon and nitrogen. **Geoderma**, Oxford, v. 125, p. 49-57, 2005.
- KONRAD, E. E.; CASTILHOS, D. D. Atividade microbiana em planossolo submetido a aplicação de lodos de curtume. In: FERTBIO, 2000, Santa Maria. **Resumo expandido...** Santa Maria: SBCS, 2000.
- LAMBAIS, M. R.; SOUZA, A. G. Impactos de biossólidos nas comunidades microbianas dos solos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 269-279.
- MacCALLISTER, D. L.; CHUIEN, W. L. Organic carbon quantity and forms as influenced by tillage and cropping sequence. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 31, p. 465-479, 2000.
- PASSIANOTO, C. C.; CASTILHOS D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; LIMA, A. C. R.; LIMA, C. L. R. Atividade microbiana em solo sujeito a aplicação de dois diferentes lodos de curtume. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v. 6, p. 71-76, 2000.
- ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 623-639, 2004.
- ROSA, C. M.; CASTILHOS, R. M. V. E SANTOS, V. B. Alterações na matéria orgânica do solo decorrente da aplicação de resíduos de curtume. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4, 2002, Porto Alegre. **Resumo expandido...** Porto Alegre: SBCS, 2002, Cd room.
- ROST, U.; JOERGENSEN, R. G.; CHANDER, K. Effects of Zn enriched sewage sludge on activities and biomass in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, p. 633-638, 2001.
- SANTOS, V. B. **Matéria orgânica e biomassa microbiana de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo**. Pelotas, 2003. 80p. Dissertação (Mestrado em agronomia – Solos) Universidade Federal de Pelotas.
- SOARES, E. M. B. **Impacto de aplicações sucessivas de lodo de esgoto sobre os compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com milho**. Lavras, 2005. 84 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras.

SPARLING, G. P.; SHEPHERD, T. G.; KETTLES, H. A. Changes in soil organic C, microbial C and aggregate stability under continuous maize and cereal cropping, and after restoration to pasture in soil from the Manawatu region. **New Zealand of Soil Tillage**, Wellington, v. 24, p. 225-241, 1992.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BONHEN, H. **Análises de Solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.

VAZ, L. M. S.; GONÇALVES, J. L. M. Uso de biossólidos em povoamento de *Eucalyptus grandis*: Efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 747-758. 2002.

YAGI, R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Efeito de vermicomposto de esterco de curral e de sua matéria prima, associados à calagem, nas frações da matéria orgânica do solo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 4., Viçosa, 2001. **Anais...** Viçosa: IHSS, UFV, 2001. p. 237-239.

YANG, Z.; SINGHT, B. R.; SITAULA, B. K. Fractions of organic carbon in soils under different crop rotation, cover crop and fertilization practices. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, Amsterdam, v. 68, p. 1- 6, 2004