



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

**CONCENTRAÇÃO DE ÂNIONS NO PERFIL DE SOLO TRATADO SUCESSIVAMENTE
COM LODO DE ESGOTO**

Victor Luis Ferez de **Siqueira**^{1a}; Victor Sanches **Ribeirinho**^{1c}; Guilherme Rueda **Camargo**^{1c},
Adriana Marlene Moreno **Pires**^{1b}; Cristiano Alberto **Andrade**^{1c}

¹ Embrapa Meio Ambiente

Nº 13410

RESUMO - Uma das preocupações quanto ao uso agrícola de lodo de esgoto é a lixiviação de ânions no perfil do solo, principalmente o nitrato, que podem atingir o lençol freático e contaminar as coleções hídricas após aplicações sucessivas do resíduo. O objetivo foi avaliar a concentração de nitrato, nitrito e sulfato no perfil do solo de 1 a 5 metros de profundidade após seis aplicações anuais de doses superestimadas de lodo de esgoto, seguidas de dez anos de cultivo sem adição do resíduo em poço escavado em uma área experimental. Observaram-se o acúmulo de sulfato até 2 metros de profundidade e as maiores concentrações de nitrato a 4 e 5 metros de profundidade, indicando maior movimentação deste ânion em relação aos demais.

Palavras-chaves: nitrato, nitrito, sulfato, biossólido, percolação.

^a Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia Florestal, vitin_siqueira@hotmail.com, ^bOrientador, ^c Colaborador



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

ABSTRACT- *One concern about using sewage sludge in agriculture is the leaching of anions through the soil profile, particularly nitrate, which could contaminate groundwater after successive residue applications. IN this study, anions concentrations were evaluated through the soil profile (1 to 5 m of depth) after six annual applications of superdoses of sewage sludge followed by 10 years of cultivation without adding the residue using a well excavated at an experimental area. Sulfate accumulation was observed until 2m of depth and mayor nitrate concentrations at 4 and 5m of depth, indicating more intense leaching of this anion.*

Key-words: nitrate, nitrite, sulfate, biosolid, percolation

1 INTRODUÇÃO

Para tentar reverter ou ao menos amenizar o problema de saneamento básico no Brasil, foram criadas políticas de incentivo à instalação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) nas cidades, para que as águas residuárias sejam coletadas e tratadas devidamente antes da devolução aos mananciais. Com a instalação das ETEs, um novo problema ambiental é gerado: a disposição do lodo de esgoto, resíduo produzido durante o processo de tratamento das águas residuárias. As alternativas usuais para o aproveitamento ou disposição final do lodo de esgoto são: disposição em aterro sanitário, reuso industrial, incineração, conversão em óleo combustível, recuperação de solos e uso agrícola. Entre essas alternativas, o uso agrícola destaca-se, pois, como o lodo é rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes para as plantas, é recomendada sua aplicação como condicionador de solo e/ou fertilizante (Camargo et al., 2008).

No Brasil, a disposição final do lodo geralmente é o aterro sanitário. Além do alto custo, que pode chegar a 50% do custo operacional de uma ETE, a disposição de um resíduo com elevada carga orgânica em aterros, agrava ainda mais o problema com o manejo do lixo urbano. O uso deste resíduo como fertilizante parece ser a melhor opção sob o ponto de vista econômico e ambiental, uma vez que apresenta o menor custo e promove a reciclagem de matéria orgânica e de nutrientes (Berton & Camargo, 2004). No Brasil, há trabalhos técnicos que relatam aumento de produtividade em diversas culturas e, ou, sistemas de produção com o uso agrícola de lodo de esgoto (Boeira, 2009), entretanto a provável presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos orgânicos persistentes são fatores que podem provocar impactos



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

ambientais negativos (Pires, 2003). O nitrato também representa um problema devido à falta de sincronismo entre a mineralização do nitrogênio e a absorção pelas plantas, resultando em risco de contaminação do lençol freático (Oliveira, 2000).

Uma das rotas de potenciais contaminantes de contaminantes adicionados ao solo é a lixiviação. O contaminante mais estudado em termos de lixiviação é o nitrato, devido à sua alta mobilidade. Entretanto, existem ainda poucas informações sobre os efeitos da adição de lodo de esgoto em longo prazo na mobilidade de possíveis contaminantes. Na Embrapa Meio Ambiente há um experimento para avaliação do uso agrícola de lodo de esgoto há 13 anos. O presente estudo refere-se à avaliação da lixiviação de ânions de um dos tratamentos do referido experimento, no qual foram aplicadas doses superestimadas de lodo de esgoto por 6 anos seguidos de 10 anos de pousio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização e histórico da área experimental

O experimento foi instalado em Jaguariúna-SP, em um Latossolo Vermelho. Seu início foi em 1999 e, até o ano de 2003, foram efetuadas seis aplicações sucessivas de lodo de esgoto. Desde então são realizadas avaliações de efeito residual. O lodo utilizado foi gerado na ETE de Barueri-SP. Devido à região onde está localizada esta ETE (grande São Paulo), a água residuária recebida é uma mistura de esgotos domiciliares e industriais (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos dos lotes de lodo de esgoto provenientes da ETE Barueri, utilizados nos seis cultivos do milho, entre 1999 e 2003*.

Cultivos de milho	Dose de Lodo (t ha ⁻¹)	pH	Umidade (%)	N Total C Orgânico S		
				-----	g kg ⁻¹	-----
1º	64	6,6	66	21	248	13
2º	32	6,4	80	50	271	11
3º	43	6,4	71	42	293	17
4º	43	8,5	80	51	354	12
5º	26	8,0	79	80	534	15
6º	32	8,3	81	44	312	13

*Determinados com base na matéria seca do lodo de esgoto, exceto para os valores de N total e umidade que foram determinados na amostra sob condição original. Adaptado de Domingues (2013)



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

A dose de lodo recomendada foi calculada com base na disponibilidade de N, conforme indicado por norma técnica da Cetesb P4.230 (Cetesb, 1999). Neste estudo foi utilizada uma repetição do tratamento que corresponde a oito vezes (8N) a dose recomendada.

A planta teste utilizada foi o milho (cultivo de verão) e a adição de lodo foi realizada antes de cada plantio em área total e depois se procedeu a incorporação do resíduo (0-20cm). Não foi realizado cultivo de safrinha, ou seja, a área experimental permaneceu em pousio no inverno.

2.2 Monitoramento de ânions lixiviados no perfil do solo

O sistema de monitoramento existente na área experimental consiste de poço escavado de 5 m de profundidade e revestido com anéis de concreto, onde estão instalados lisímetros de sucção ao longo de sua parede, nas profundidades 1, 2, 3, 4 e 5 m (Borba et al, 2007). O poço está instalado em uma repetição do tratamento 8N do experimento original. Os lisímetros de sucção estão instalados no poço tendo uma inclinação de 45° em relação à parede do revestimento do poço, sendo que as cápsulas porosas situam-se no interior do material escavado, distando cerca de 1 m da parede do revestimento do poço. Há três lisímetros a cada metro de profundidade (Figura 1).

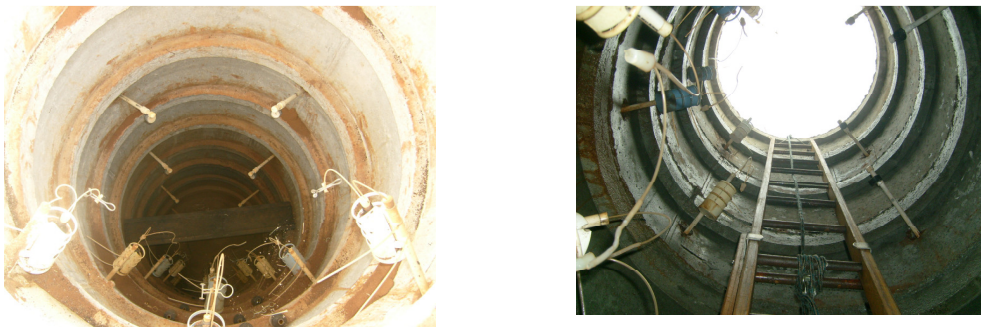


Figura 1. Fotos do poço de coleta de amostras da solução do solo.

As amostras de água (solução do solo) foram obtidas nos lisímetros de sucção e foram retiradas quinzenalmente na época de maior pluviosidade e recarga da água subterrânea, no período de 30 de janeiro a 15 de abril de 2013, totalizando 6 amostragens. As datas das coletas foram: 30 de janeiro, 15 de fevereiro, 03 de março, 20 de março, 04 de abril e 15 de abril. Na apresentação dos dados, a primeira coleta foi identificada como dia 01, a segunda como dia 17 e assim sucessivamente conforme o número de dias passados após a primeira coleta.

Em cada coleta de solução do solo foram obtidas três amostras por profundidade. Em cada amostra foram analisados os teores de nitrato, nitrito e sulfato em HPLC (Hautman & Munch, 1997) e medidos parâmetros físico-químicos (pH e condutividade elétrica) (Embrapa, 1997).



2.3 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância, usando-se o Sistema de Análise de Variância (Sisvar) (Ferreira, 2010) ajustado para aplicação do teste Tukey de comparação de médias para os efeitos profundidade e tempo (data de coleta), a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis pH, condutividade elétrica, teor de nitrito e de sulfato apenas o fator profundidade foi significativo (Figura 2). Para o nitrato houve efeito da interação entre tempo e profundidade. Os resultados do desdobramento de profundidade dentro de cada tempo e do tempo na profundidade de 5 m (nas demais o efeito tempo não foi significativo a 5% de probabilidade) são apresentados nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

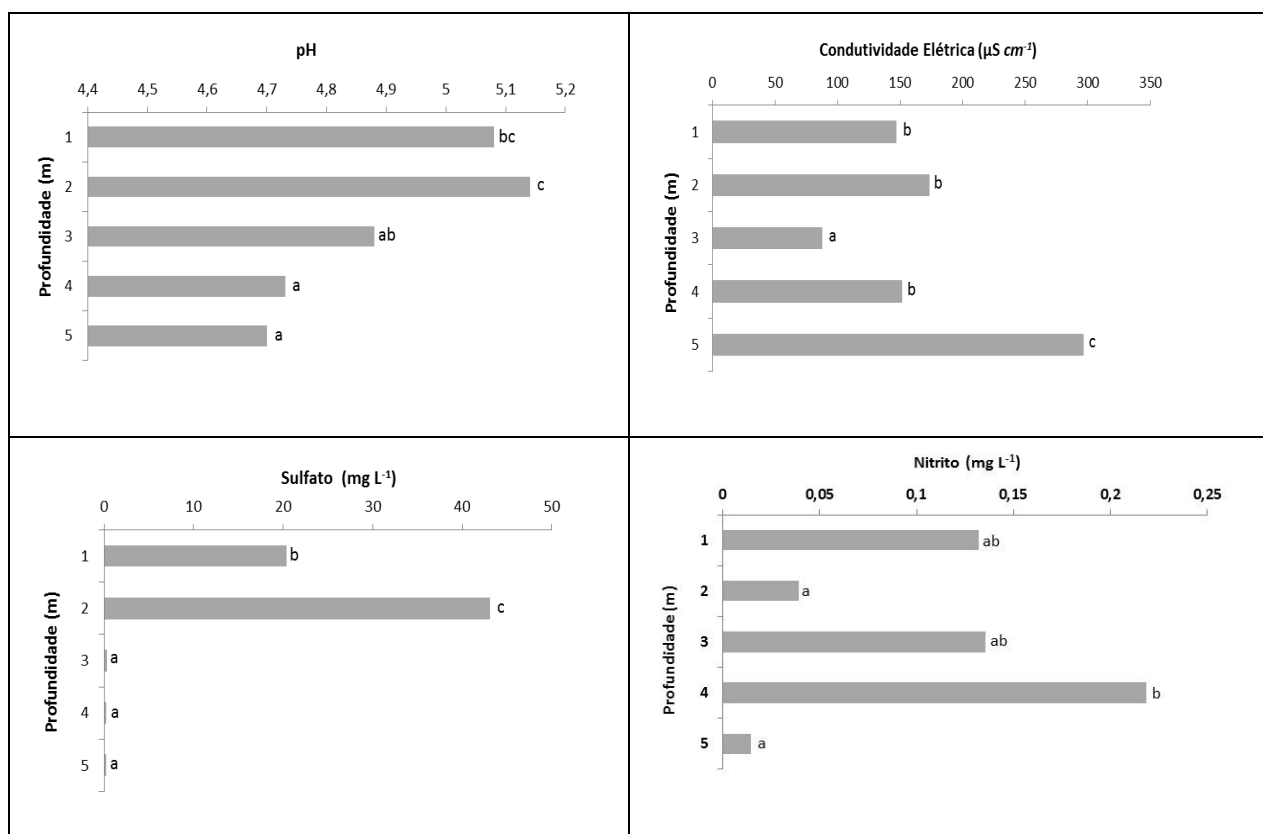


Figura 2. Valores de pH, condutividade elétrica e teores de nitrito e de sulfato no perfil de solo tratado sucessivamente com doses superestimadas de lodo de esgoto.

Os valores de pH diminuíram com o aumento da profundidade, o que era esperado uma vez que foram realizadas correções da acidez do solo via aplicação de calcário. A condutividade elétrica (CE) é a variável mais empregada para se avaliar a concentração de sais solúveis na água



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

de irrigação e no solo, a qual corresponde à medida da capacidade dos íons presentes na água conduzirem eletricidade e cresce proporcionalmente ao aumento da concentração de sais (Ribeiro et al., 2005). Nesse estudo foram observados os maiores valores de condutividade elétrica na profundidade de 5 m, indicando um possível caminhamento de íons da superfície em direção ao lençol freático. Vale ressaltar que nesta profundidade a umidade é menor, influenciando a passagem da corrente de eletricidade durante a medida e a concentração final de íons.

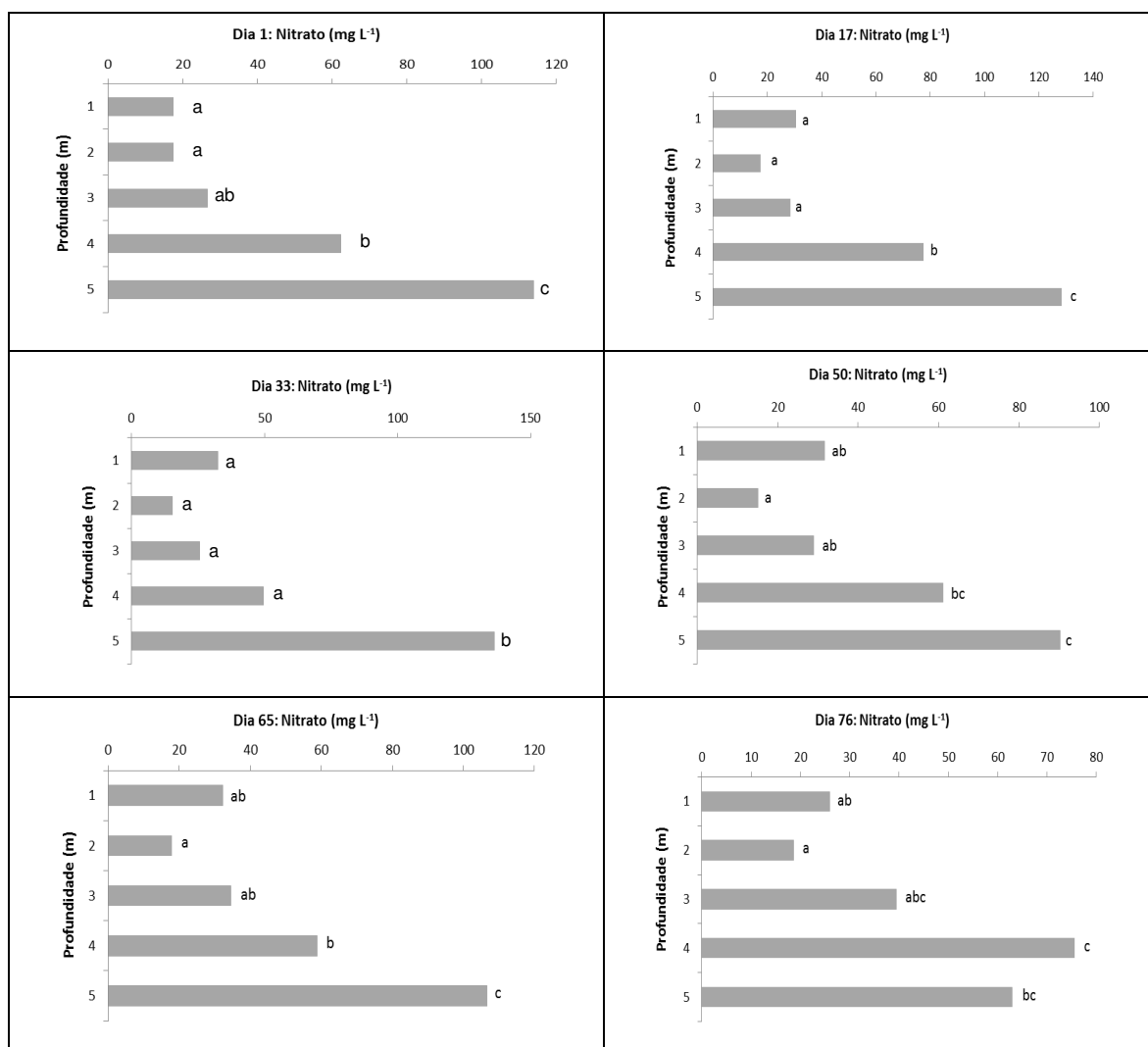


Figura 3. Teores de nitrato no perfil de solo tratado sucessivamente com doses superestimadas de lodo de esgoto para cada tempo de coleta.

O ânion sulfato encontra-se acumulado nas profundidades de 1 a 2 m. Borba et al. (2007) também encontraram acúmulo de sulfato nestas profundidades. Este resultado indica a baixa mobilidade do ânion no perfil do solo, pois este permaneceu nas mesmas profundidades mesmo após seis anos.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

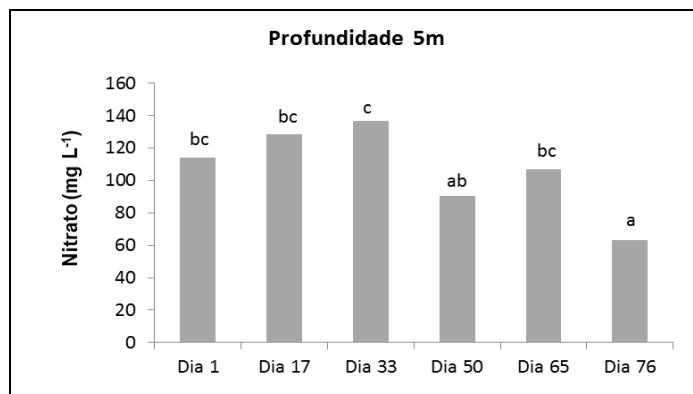


Figura 4. Teor de nitrato a 5 m de profundidade em solo tratado sucessivamente com doses superestimadas de lodo de esgoto em diferentes tempos de coleta.

Ao ser adicionado ao solo, o nitrogênio na forma orgânica (como o encontrado no lodo de esgoto) não é disponível para as plantas e praticamente não se movimenta no perfil do solo. Após o processo de mineralização, o nitrogênio é transformado em formas disponíveis para as plantas (amônio e nitrato). Se a quantidade de nitrogênio mineralizada for maior que o potencial da planta em absorvê-lo, ocorrerá acúmulo deste elemento no solo e possível percolação (Cantarella et al., 2008).

A maior concentração de nitrato observada é pelo menos 10 vezes inferior que a menor de nitrato. Como o nitrito é uma forma de N intermediária do processo de mineralização e raramente se acumula no solo, este resultado era esperado.

Os teores de nitrato encontrados nas coletas de diferentes datas indicam que houve acúmulo nas maiores profundidades avaliadas. Borba et al. (2007) observaram deslocamento de nitrato até 4 m de profundidade no período de 2003 a 2007. Neste estudo foram encontradas maiores concentrações já aos 5 m. Este resultado indica a movimentação do nitrato no perfil do solo, entretanto esta percolação pode estar ocorrendo de maneira mais lenta devido à predominância de cargas positivas nesta profundidade (Borba et al. 2007) e menor umidade. A variação do nitrato em função da data de coleta a 5 metros de profundidade (Figura 4) provavelmente ocorreu em função de alteração na umidade do solo e conseqüentemente, alterações na concentração do ânion.

4 CONCLUSÕES

Dez anos após cessarem seis aplicações anuais de doses superestimadas de lodo de esgoto, o ânion nitrato movimentou-se no perfil do solo até 5 metros de profundidade, indicando maior risco ambiental do que o sulfato que permaneceu localizado na faixa compreendida até 2 metros de profundidade.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq por ter concedido a bolsa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTON, R.S. & CAMARGO, O.A. Uso agrícola do lodo de esgoto, da matéria orgânica do lixo urbano e de resíduos industriais. **Agrônomo**, 56:5-8, 2004.

BOEIRA, Rita Carla. Lixiviação de nitrogênio em latossolo incubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.4, pp. 947-958, 2009.

BORBA, R. P.; CAMARGO, O. A.; BETTIOL, W.; COSCIONE, A. R.; KIRA, C. S.; SAKUMA, A.; COSTA, V. L. Lixiviação de nitrato e sulfato ao longo do perfil de um Latossolo Vermelho que recebeu lodo de esgoto para fins agrícolas. In: **XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2007, GRAMADO - RS. CD rom. 2007

CAMARGO, O.A.; PIRES, A. M. M.; BETTIOL, W.. Lodo na agricultura. **Ciência Hoje**, v. 42, p. 68-70, 2008.

CANTARELLA, H.; ANDRADE, C. A.; MATTOS JR, D. . Matéria orgânica do solo e disponibilidade de N para as culturas.. In: Santos, G.A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O.. (Org.). Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais.. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 581-596.

CETESB. Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critérios para projeto e operação: Manual técnico, norma P 4230, agosto, 1999. São Paulo: CETESB, 1999. 32p.

DOMINGUES, R.R. Estabilidade da matéria orgânica e disponibilidade de metais em solo tratado sucessivamente com lodo de esgoto. Campinas, 2013. 103p. Dissertação (Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo de Campinas.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA -CNPS, 1997. 211p.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG:UFLA, 2010

HAUTMAN, D. P.; MUNCH, D. J. Method 300.1 - Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography, U.S. Environmental Protection Agency / Ohio, 1997.

OLIVEIRA, F.C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo VermelhoAmarelo cultivado com cana de açúcar**. Piracicaba, 2000. 247p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Esalq/USP.

PIRES, A.M.M. **Ácidos Orgânicos da rizosfera: aspectos qualitativos e quantitativos e fitodisponibilidade de metais pesados originários de biossólidos**. Piracicaba, 2003. 94p. Tese (Doutor em Solos e Nutrição de Plantas). Esalq/USP.

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, n. 01, p. 15-22, 2005.