

Quantificação de microorganismos amonificadores e nitrificadores no solo tratado com lodo de esgoto

QUANTIFICATION OF AMMONIFYING AND NITRIFYING MICROORGANISMS IN SOIL TREATED WITH SEWAGE SLUDGE

Paulo Fortes Neto
Edmundo Pacheco
Vinicius de Moraes Ferrari
Nara Lúcia Perondi Fortes
Agronomia e Ciências Ambientais - UNITAU

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar as alterações na comunidade de microorganismos amonificadores e nitrificadores do solo após a adição de doses de lodo de esgoto. As parcelas foram distribuídas em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições e cinco tratamentos (sem adição de lodo e com lodo em base seca nas doses de 12, 24, 36 e 48 Mg ha⁻¹), perfazendo, assim, um total de 20 unidades experimentais. O lodo de esgoto utilizado foi produzido via processo aeróbio na Estação de Tratamento de Efluentes da KODAK do Brasil, situada no município de São José dos Campos / SP. As amostras de solo foram coletadas em todas as unidades experimentais, antes da incorporação do lodo de esgoto, indicando o tempo 0, e 30 dias após a aplicação do lodo no solo. As determinações microbiológicas e as formas de nitrogênio (N-N-NH₄ e N-NO₃) foram realizadas no mesmo dia da coleta e depois submetidas a análises. Os dados foram submetidos à análise de regressão e correlação. Pôde-se concluir que os microorganismos amonificantes e nitrificantes não foram inibidos pelas doses de lodo de esgoto aplicadas no solo.

PALAVRAS-CHAVE

Amonificantes. Nitrificantes. Lodo de esgoto.

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um resíduo resultante do sistema de tratamento biológico das águas residuárias provenientes das residências, estabelecimentos comerciais, agroindustriais e industriais, que pode ser utilizado na agricultura (SÃO PAULO, 1999). Atualmente, nas estações de tratamento de esgoto, o lodo, depois

de desaguado e desidratado, é enviado para ser depositado em aterros sanitários, porém tem sido verificado que essa operação tem proporcionado aumento expressivo no custo operacional da disposição e também reduz a vida útil do aterro. Nesse aspecto, entre as alternativas recomendadas para desviar o lodo do aterro, está a sua utilização em solos agrícolas e florestais (TSUTYA, 1999), onde ele atuará como um fertilizante organo-mineral.

A utilização de lodo para fins agrícolas e florestais é uma alternativa que vem sendo adotada nos Estados Unidos e na Europa Ocidental, onde diariamente cerca de 25 e 37%, respectivamente, do total de lodo gerado pelas estações de tratamento de esgoto são aproveitados na agricultura (SABESP, 1998). No Brasil, recentes trabalhos realizados pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), no Estado do Paraná, confirmaram que a reciclagem agrícola é uma opção para a destinação do lodo, quando os teores de metais pesados e a presença de microorganismos patogênicos estiverem dentro dos limites propostos pela legislação (FERNANDES et al., 1996).

Devido à composição química do lodo, a sua aplicação ao solo altera seus parâmetros físicos, químicos e biológicos. Nesse sentido, o uso agrícola de lodo vem sendo estudado com relação às alterações na porosidade, na infiltração da água no solo, no aumento da resistência contra a erosão (JORGE et al., 1991; MARCIANO et al., 2001); no aumento da fertilidade do solo, pela elevação do pH, redução da toxidez do alumínio, aumento do carbono orgânico e pelo fornecimento de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio para o solo e a planta (BERTON et al., 1989; OLIVEIRA, 1995; SILVA et al., 1998); nos fatores que contribuem para o aumento da produtividade de

culturas agrícolas e florestais (LOURENÇO et al., 1996; GONÇALVES et al., 1999); e na liberação de metais pesados no solo e na água (MATTIAZZO-PREZOTTO, 1994; BERTOCINI; MATTIAZZO, 1999).

Verifica-se que a maioria dos trabalhos relata sobre os efeitos do lodo sobre composição química e física dos solos e tem sido dada ênfase à liberação de metais pesados no solo. Contudo, são poucos os trabalhos desenvolvidos em condições de solos tropicais e a campo que se propõe avaliar as alterações que ocorrem na dinâmica da comunidade de microrganismos e na atividade microbiana do solo após a aplicação de lodo de esgoto.

Os microrganismos estão diretamente envolvidos nos ciclos dos nutrientes no solo e a quantificação de grupos importantes dá a indicação de como os processos estão ocorrendo. A amonificação ou degradação dos compostos nitrogenados orgânicos é o passo limitante da mineralização feita por uma grande diversidade de microrganismos amonificantes. Sua quantificação nos solos fornece um indicativo do processo de mineralização do nitrogênio e do ciclo deste elemento no solo.

Com base no exposto, o presente projeto teve como objetivo quantificar os microrganismos amonificadores e nitrificadores no solo tratado com lodo de esgoto.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em condições de campo, em uma área localizada nas dependências da Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté, no município de Taubaté – SP.

As análises química e microbiológica do solo foram realizadas nos Laboratórios de Fertilidade do Solo e de Microbiologia Agrícola e Fitopatologia.

3.1. Unidade experimental

A unidade experimental foi constituída por um recipiente metálico de forma circular e fechado na base com as seguintes dimensões: 1,2m de altura e 0,5 m de diâmetro. Na base foi conectada uma torneira para coletar a água percolada pelo perfil do solo. O recipiente foi preenchido na base com uma camada de 0,2 m de brita e depois sobre a brita foi colocada

uma camada de 0,4 m de solo referente ao horizonte B e acima dessa uma outra camada de 0,4 m de solo referente ao horizonte A.

3.2. Solo

O solo da área foi caracterizado como latossolo vermelho amarelo distrófico e apresentou as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) = 4,1; M.O = 18,3 g dm⁻³; P = 5 mg dm⁻³; K = 2,3, Ca = 17, Mg = 9 mmol_c dm⁻³; Cu = 0,75 e Zn = 1,9 mg kg⁻³

3.3. Lodo de esgoto

O lodo de esgoto utilizado foi produzido via processo aeróbio na Estação de Tratamento de Efluentes da KODAK do Brasil, situada no município de São José dos Campos / SP. A composição química e as quantidades de elementos químicos adicionados ao solo pela aplicação das doses de lodo estão apresentados na Tabela 1.

3.4. Implantação do experimento

As parcelas foram distribuídas em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições e cinco tratamentos (sem adição de lodo e com lodo nas doses de 12, 24, 36 e 48 Mg ha⁻¹), perfazendo, assim, um total de 20 unidades experimentais.

3.5. Coleta e preparo de amostras

As amostras de terra foram coletadas aleatoriamente em cada parcela experimental, com o auxílio de um trado de aço introduzido até a camada de 10cm de profundidade.

As amostras compostas de cada tratamento foram constituídas da coleta e da homogeneização de 5 sub-amostras. Após a homogeneização, as amostras de solo foram enviadas no mesmo dia ao laboratório para dar início às análises químicas e microbiológicas.

As amostras de solo foram coletadas em todas as unidades experimentais, antes da incorporação do lodo de esgoto, indicando o tempo 0 e 30 após a aplicação do lodo no solo.

As determinações microbiológicas e as formas de nitrogênio (N-N-NH₄ e N-NO₃) foram realizadas nas amostras no dia da coleta.

Tabela 1. Composição química do lodo de esgoto usado no experimento e quantidades de macro e micronutrientes (base seca) aplicados via doses de lodo no solo.

Atributo	Concentração	Quantidade em função das doses			
		—————(Mg ha ⁻¹)—————			
		12	24	36	48
	————(mg kg ⁻¹)————	—————(kg ha ⁻¹)—————			
Arsênio	< 0,10	-	-	-	-
Cádmio	< 0,10	-	-	-	-
Chumbo	< 0,10	-	-	-	-
Cobre	33	0,39	0,78	1,17	1,56
Cromo total	< 0,10	-	-	-	-
Fósforo total	386	4,63	9,26	13,89	18,52
Mercúrio	< 0,01	-	-	-	-
Molibdênio	< 2,0	-	-	-	-
Níquel	< 1,0	-	-	-	-
N-NH ₃	442	5,30	10,6	15,9	21,2
N-NO ₃	16,80	0,20	0,40	0,60	0,80
N-NO ₂	8,55	0,10	0,20	0,30	0,40
N-total	1688	20,25	40,5	60,75	81,0
Prata	833	10,0	20,0	30,0	40,0
Selênio	< 0,10	-	-	-	-
Sódio	229	2,75	5,50	8,25	11,0
Zinco	23	0,27	0,54	0,81	1,08
	————(%)————				
Carbono orgânico	6,33	759	1518	2277	3036
Umidade	83,78	-	-	-	-
Sólidos totais	16,22	1946	3892	5838	7784
Sólidos totais voláteis	14,43	1731	3462	5193	6924
Sólidos fixos	1,79	1,79	3,58	5,37	7,16
	————(NMP)————				
Coliformes fecais	Ausente	-	-	-	-
Salmonella sp	Ausente	-	-	-	-

3.6. Determinações microbiológicas no solo

3.6.1. Microrganismos amonificantes

A quantificação do número de amonificadores foi realizada em 10g de amostras de terra misturadas em solução tampão de fosfato 1mM e preparada a partir da diluição 10^{-1} sucessivamente até 10^{-7} . Depois, 1mL de cada diluição foi transferida para tubo de ensaio contendo meio de cultura específico para amonificadores (arginina, extrato de levedura, K_2HPO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, fenol vermelho e água) (SARATHCHANDRA, 1978), cuja única fonte de nitrogênio era a arginina. Para cada diluição, foram utilizados três tubos de ensaio com capacidade de 15mL, contendo 4mL de meio de cultura e autoclavados a $121^\circ C \pm 2$ (1atm), por um período de 20 minutos. Os tubos, depois de receberem 1 ml das suspensões de solo, foram mantidos, por 6 dias, em sala climatizada ($28^\circ C$). A presença de amonificadores foi determinada pela mudança na coloração (da cor laranja para rosa), que foram anotados como positivos (presença) e os sem alteração na coloração como negativos (ausência) de microrganismos amonificadores. A determinação do Número Mais Provável (NMP) foi realizada pela contagem dos tubos que apresentarem a ocorrência de amônia, e o cálculo foi efetuado pela utilização da Tabela de probabilidade de ocorrência e os resultados expressos com base em solo seco em estufa.

3.6.2. Microrganismos nitrificantes

A quantificação do número de nitrificadores foi realizada em 10g de amostras de terra misturadas em solução tampão de fosfato 1mM, e preparada a partir da diluição 10^{-1} sucessivamente até 10^{-7} . Depois, 1mL de cada diluição foi transferida para tubo de ensaio contendo meio de cultura líquido específico para Oxidantes do Amônio ($(NH_4)_2SO_4$, KH_2PO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, NaCl, $FeSO_4$ e EDTA-Na), e para os Oxidantes de Nitrito ($NaNO_2$, K_2HPO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $CaCO_3$, NaCl, $FeSO_4$, EDTA-Na e $NaMoO_4 \cdot H_2O$) (SAAD; CONRAD, 1993). Para cada diluição, foram utilizados três tubos de ensaio com capacidade de 15mL, contendo 4mL de meio de cultura e autoclavados a $121^\circ C \pm 2$ (1atm), por um período de 20 minutos. Os tubos, depois de receberem 1 ml das suspensões de solo, foram mantidos, por 4 semanas, em sala climatizada ($28^\circ C$). A presença de oxidantes do amônio foi determinada pela formação de uma coloração rosa com a adição de gotas de reagentes Griess-Ilosvay em uma alíquota de 0,1 ml do meio de cultura inoculado. Não ocorrendo a

coloração rosa, o tubo foi anotado como negativo (ausência de bactérias oxidantes de amônio). Após, realizaram-se os testes para avaliar os microrganismos oxidantes do nitrito ou seja, a transformação de NO_2 em NO_3 . Para isso, foram adicionados gotas de reagentes Griess-Ilosvay em uma alíquota de 0,1ml do meio de cultura inoculado. Não ocorrendo mudança na coloração, os tubos foram anotados como positivo (presença de bactérias oxidantes de NO_2) e nos casos em que ocorreu mudança para a coloração rosa, o que indicava presença de NO_2 os tubos foram anotados como negativos (ausência de oxidantes de NO_2).

A determinação do Número Mais Provável (NMP) foi realizada pela contagem dos tubos que apresentarem a ocorrência de nitrito (oxidantes de amônia) e nitrato (oxidantes de nitrito), e o cálculo foi efetuado pela utilização da Tabela de probabilidade de ocorrência.

3.7. Formas nitrogenadas no solo

3.7.1. Determinações de $N-NH_4^+$ e $N-NO_2^- + N-NO_3^-$ no solo

As formas de N inorgânico no solo ($N-NH_4^+$ e $N-NO_2^- + N-NO_3^-$) foram realizadas a partir da extração com a adição de 50 ml de KCl 1 N, em 5 g de amostras da terra úmida, e submetidas à agitação por 1 hora e, depois de filtrada; alíquotas dos extratos foram destilados, com a adição de 0,2 g de MgO e depois 0,2 g de liga Devarda. As concentrações de $N-NH_4^+$ e $N-NO_2^- + N-NO_3^-$ foram determinadas em seguida, pela titulação dos destilados, com H_2SO_4 0,050 N (BREMNER, 1965).

3.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de regressão entre amonificantes e nitrificantes x doses de lodo de esgoto e $N-NH_4^+$ e $N-NO_2^- + N-NO_3^-$ x doses de lodo de esgoto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Microrganismos amonificantes

A contagem do número mais provável de microrganismos amonificantes por grama de solo variou de $2,3 \times 10^{-7}$ para a parcela sem adição de lodo a $14,9 \times 10^{-7}$ para a parcela com 48 Mg ha^{-1} de lodo (Figura 1), esses valores estão de acordo com os observados por Alexander (1982) em solos de áreas naturais. Observa-se também que o aumento no número de amonificantes foi proporcional ao aumento nas doses de lodo aplicadas no solo, esta resposta provavelmente se deve ao fato da elevada quantidade de compostos nitrogenados

Incorporados ao solo via lodo, estes compostos forneceram energia e carbono para a multiplicação e crescimento dos amonificantes no solo (VICTORIA et al., 1992; JAHNEL, 1997).

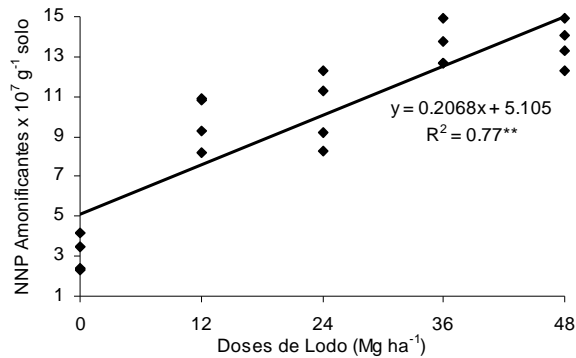


Figura 1. Número mais provável de amonificantes x 10⁷ g⁻¹ solo, em solo tratado com doses de lodo de esgoto

O aumento no número de microrganismos amonificantes nas parcelas tratadas com lodo, também pode ser explicada pelo fato de que o processo de amonificação não depende de microrganismos específicos, o que possibilita a reação de amonificação mesmo em condições adversas do solo.

Pelos resultados apresentados na Figura 1, nota-se que os elementos químicos presentes na composição do lodo não afetaram a comunidade de microrganismos amonificantes no solo, isto ocorreu possivelmente por dois motivos: o primeiro pelo fato de que a microbiota que atua na amonificação é bastante diversificada, incluído variados grupos de microrganismos (ALEXANDER, 1982) e o segundo, talvez, porque a concentração dos elementos químicos não atingiu o ponto de provocar uma inibição na comunidade de amonificantes no solo.

4.2 Microrganismos nitrificantes

4.2.1 Oxidantes de amônio

O número de oxidantes de amônio determinados no solo, 30 dias após a adição de doses de lodo está apresentado na Figura 2, verifica-se que diferentemente dos microrganismos amonificantes, os resultados revelam que não ocorreu uma resposta linear dos microrganismos oxidantes de amônio em respostas às doses de lodo incorporadas no solo. Observa-se que o número de microrganismo apresenta um aumento acentuado até a dose de 24 Mg ha⁻¹ e depois tende a se estabilizar até a dose de 48 Mg ha⁻¹. Esta resposta de estabilidade dos microrganismos ao lodo possivelmente ocorreu devido ao aumento de NH₄⁺, disponibilizado ao solo durante o processo da amonificação.

O número reduzido dos oxidantes de amônio no solo se explica pelas condições adversas do solo aos microrganismos oxidantes de amônio. Isso porque esse processo exige a ação de microrganismos específicos, geralmente bactérias do gênero Nitrossomonas, que se desenvolvem em faixas de pH entre 5,8 a 9,0, ou seja, são sensíveis a solo com pH igual a 4,1, conforme foi determinado no presente estudo. Segundo Rosolem et al. (2003), a taxa de nitrificação decresce abaixo de pH 6,0 e praticamente é insignificante abaixo de pH 4,5.

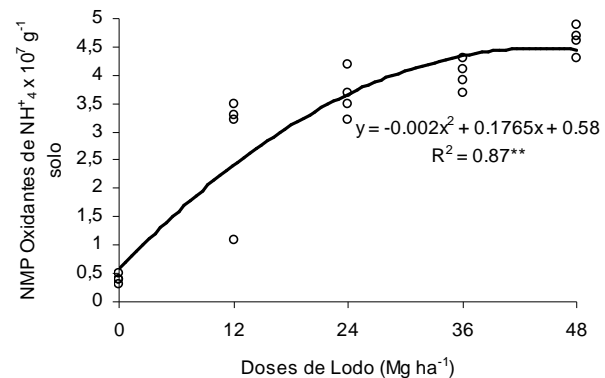


Figura 2. Número mais provável de oxidantes de amônio x 10⁷ g⁻¹ solo, em solo tratado com doses de lodo de esgoto

4.2.2 Oxidantes de nitrito

No processo de oxidação do nitrito a nitrato, pode-se observar novamente uma resposta positiva dos microrganismos oxidantes do nitrito em função das doses de lodo aplicadas no solo. A escala reduzida desses microrganismos no solo, também pode ser explicada devido à especificidade dos microrganismos nesse processo. Geralmente, as bactérias do gênero Nitrobacter são responsáveis pela transformação do nitrito em nitrato, e estas são sensíveis a pH inferior a 5,7.

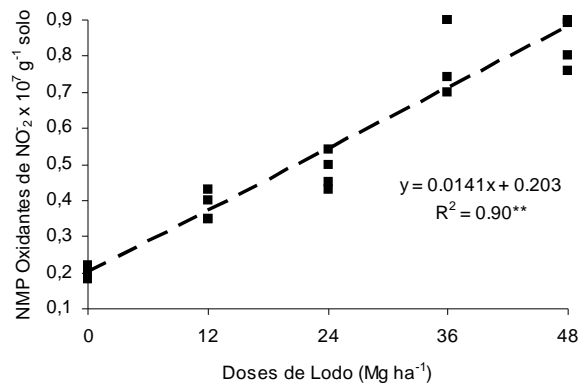


Figura 3. Número mais provável de oxidantes de nitrito x 10⁷ g⁻¹ solo, em solo tratado com doses de lodo de esgoto

4.3. Formas nitrogenadas no solo

4.3.1. Nitrogênio Mineral (NH_4^+ e $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) no solo

A mineralização do nitrogênio orgânico, fornecido pela adição de doses de lodo, até amônio no solo, esta retratada na Figura 4, percebe-se que os teores de amônio aumentam no solo na mesma proporção em que se elevam as doses de lodo adicionadas no solo. Segundo Linderman et al. (1989) e Serna e Pomares (1991), isso ocorre porque a quantidade de nitrogênio mineralizável no solo é praticamente proporcional ao conteúdo de nitrogênio orgânico existente no lodo.

Comparando a variação dos microrganismos amonificantes e nitrificantes apresentados nas Figuras 1, 2 e 3 com os teores de amônio e nitrato no solo das Figuras 4, verifica-se que as quantidades de amônio liberadas no solo com as doses de lodo correspondem a um incremento no número de amonificantes e nitrificantes.

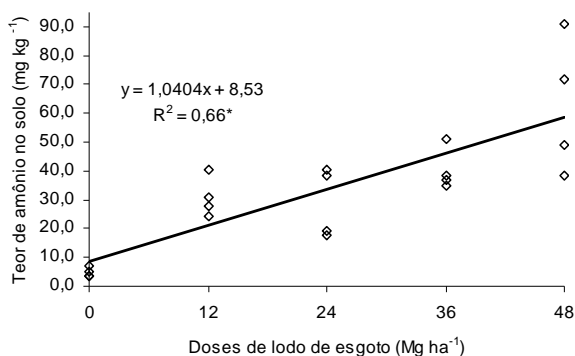


Figura 4. Variação do teor de amônio no solo tratado com doses de lodo de esgoto.

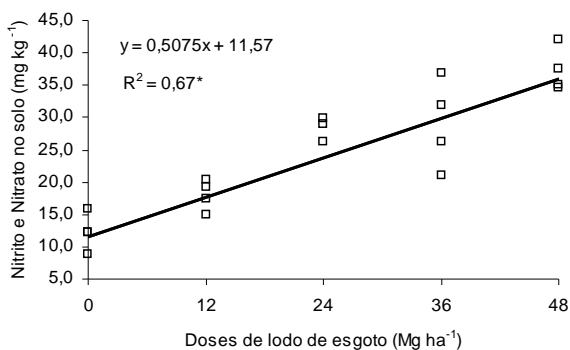


Figura 5. Teores de nitrato e nitrito no solo tratado com doses de lodo de esgoto.

CONCLUSÕES

1. Os microrganismos amonificantes não foram inibidos pelas doses de lodo de esgoto.
2. Doses superiores a 12 Mg ha⁻¹ não proporcionaram incremento nos microrganismos oxidantes de amônio e nos teores de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$.
3. A amonificação e oxidação de amônio foram predominantes em relação à oxidação de nitrito.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the changes in the community of ammonifying and nitrifying microorganisms in the soil after adding doses of sewage sludge. The parcels were randomly distributed into an experimental outline of blocks, with four repetitions and five treatments (without adding sludge and with sludge in drying basis in doses of 12, 24, 36 and 48 Mg ha⁻¹), totalizing 20 experimental unities. The sewage sludge used was produced by means of aerobic process in the Effluent Treatment Station of Kodak do Brasil, in São José dos Campos, state of São Paulo. The soil samples were collected in all the experimental unities, before sewage sludge embodiment incorporation, indicating time 0, and 30 days after the application of the sludge in the soil. The microbiological determinations and the nitrogen forms (N-N-NH₄ and N-NO₃) were accomplished in the same day of the collection and lately submitted to analysis. The data were subjected to regression and correlation analysis. The results have showed that the ammonifying and nitrifying microorganisms were not inhibited by sewage sludge doses applied into the soil.

KEY-WORDS

Ammonifying and nitrifying microorganisms. Sewage sludge.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. 2.ed. New York: J. Willer, 1982. 467p.

BERTOCINI, I. E.; MATTIAZO, M. E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 3, p. 737-744, 1999.

- BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A. de; VALADARES, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.13, n. 2, p.187-192, 1989.
- BREMMER, J. M. Total Nitrogen. In: BLACK, C. A. et al. *Ed Methods of Soil Analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.1149 - 1178.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DE SÃO PAULO. Projeto Tiête. *Revista Engenharia*, n. 527, p. 82-90, 1998.
- FERNANDES, F.; ANDRAUS, S.; ANDREOLI, C. V. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETE-Belém com vista a seu uso agrícola. *Sanare*, v. 5, n. 5, p.46-58, 1996.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; POGGIANI, F. *Efeito do lodo de esgoto na fertilidade do solo e crescimento das árvores: subprojeto 3*. Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP-SABESP, 1999. 77p. (Relatório de pesquisa n. 6).
- JAHNEL, M. C. Método de plaqueamento por gotas e outros parâmetros microbiológicos na avaliação da degradação de lodo ativado de curtume em solos. 1997. 79f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- JORGE, J. A.; CAMARGO, O. A.; VALLADARES, J. M. A. S. Condição física de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 15, p. 237-240, 1991.
- LINDERMAM, W. C.; FRESQUEZ, P. R.; CARDENAS, M. Nitrogen mineralization in coal mine spoil and topsoil. *Biology and Fertility of Soils*, v. 7, n. 4, p. 318-324, 1989.
- LOURENÇO, R. S.; ANJOS, A. R. M. dos; LIBARDI, P. L. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção da bracinga. *Sanare*, v. 5, n. 5, p. 90-92, 1996.
- MARCIANO, C. R. *Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho-Amarelo*. 1999. 93f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- MATTIAZZO-PREZOTTO, M. E. *Comportamento de Cu, Cd, Cr, Ni e Zn adicionados a solos de clima tropical em diferentes valores de pH*. 1994. 197f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- OLIVEIRA, F. C. Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto. Piracicaba. 1995. 90f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. de. Nitrogen dynamics in soil as affected by liming and nitrogen fertilization, with straw on the soil surface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 2, p. 301-309, 2003.
- SAAD, O. A.; CONRAD, R. Temperature dependence of nitrification, denitrification, and turnover of nitric oxide in different soils. *Biology and Fertility of Soils*, v. 15, n. 1, p. 21-27, 1993.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. CETESB. *Sistema de aplicação de biossólidos e lodos de tratamentos biológicos em áreas de uso agrícola: critérios para projeto e operação*. São Paulo, 1999. 29p. (Norma P 4.230).
- SARATHCHANDRA, S. V. Nitrification activities and the changes in population of nitrifying bacteria in soil perfused with two different H-ion concentrations. *Plant and Soil*, v. 50, p. 99-111, 1978.
- SERNA, M. D.; POMARES, F. Nitrogen mineralization in soil amended with sewage sludge and fly ash. *Biology and Fertility of Soils*. v.12, n.3, p.199-201, 1991.
- SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S. et al. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo

de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, p.1-8, 1998.

TSUTYA, M. T. Tecnologias emergentes para a disposição final de biossólidos das estações de tratamento de esgotos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 10p.

VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.) *Microbiologia do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. Cap. 8, p. 105-119.

Paulo Fortes Neto

Estrada Municipal Dr. José Luis Cembranelli, 5000
Itaim - Taubaté
CEP - 12081-010
e-mail: paulo.fortes@unitau.br

TRAMITAÇÃO

Artigo recebido em: 19/04/2006
Aceito para publicação em: 24/01/2007