

# ESTOQUES DE CARBONO ORGÂNICO E DE NITROGÊNIO EM SOLO TRATADO COM TRÊS APLICAÇÕES SUCESSIVAS DE LODOS DE ESGOTO

Rita Carla Boeira<sup>2</sup>

## RESUMO

A prática de utilização de lodo de esgoto na agricultura não pode ser considerada como uma simples alternativa de disposição deste resíduo, devendo-se considerar vários aspectos ambientais quando de sua adoção. Os lodos podem afetar diversos atributos de solo, de corpos de água e da atmosfera, com efeitos poluentes potenciais. Neste trabalho, verificaram-se alterações em algumas propriedades do solo, com impactos tanto positivos quanto negativos sobre seu potencial produtivo. Avaliaram-se os estoques de carbono e de nitrogênio, a acidificação e a densidade do solo após três cultivos de milho e três aplicações de doses crescentes de dois tipos de lodos de esgoto incorporados em Latossolo. O aumento das doses aplicadas do lodo da Estação de Tratamento de Esgotos de Franca/SP, de origem urbana, causou crescimento significativo dos estoques de C orgânico e de N na camada de 0-10cm de profundidade do solo. Para o lodo oriundo de Barueri/SP, produzido a partir de esgotos urbanos e industriais, estes estoques foram menos influenciados pelas doses aplicadas, apesar de se ter incorporado 14% a mais de carbono ao solo via lodo de Barueri, em relação ao lodo de Franca. A densidade e o pH do solo diminuíram significativamente com o aumento das doses dos dois lodos. Houve necessidade de duas calagens do solo no decorrer do período avaliado (após a segunda e após a terceira aplicação dos resíduos).

**Palavras-chave:** lodo de esgoto, reciclagem agrícola, acidificação do solo.

---

<sup>2</sup> Engenheira agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente; e-mail: rcboeira@cnpma.embrapa.br

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a prática de coleta e tratamento de esgoto vem-se tornando sistemática (Page & Chang, 1995), inclusive no Brasil, com a conseqüente necessidade de disposição do resíduo gerado (lodo de esgoto). A aplicação de lodo de esgoto ao solo, como outros resíduos ricos em matéria orgânica, vem sendo estudada com o fim de otimizar a produção de alimentos, minimizando a poluição ambiental (por meio da redução da carga orgânica dos resíduos) e podendo melhorar a qualidade do solo.

Segundo Marciano (1999), o descarte de resíduos urbanos em solos tem diversas limitações químicas; porém, pode ser uma prática agrícola viável em nossas condições, desde que se disponha de informações básicas sobre as propriedades adquiridas pelo solo ao interagir com os resíduos, principalmente em condições tropicais, onde os estudos ainda são escassos. Os solos tropicais são caracterizados por um estágio avançado de evolução, sendo altamente intemperizados, apresentando um complexo adsorvente formado por argilas de baixa atividade (argilas 1:1 e gibsitá, minerais já na escala final do intemperismo, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e pouco potencial de liberação de nutrientes para as plantas) e são, em geral, pobres em matéria orgânica (Fassbender, 1975). Nesses solos, a matéria orgânica constitui-se em um dos principais componentes da CTC, liberando nutrientes às plantas durante a sua mineralização.

Os lodos de esgotos possuem em sua composição 40 a 60% de matéria orgânica. Ao serem incorporados ao solo, considera-se que parte do carbono orgânico presente seja resistente à degradação (liberação para a atmosfera como CO<sub>2</sub>), durante tempos variáveis. Este acúmulo de matéria orgânica pode afetar diversas propriedades do solo, sejam elas mecânicas, hidrológicas ou térmicas (Lal, 1999), influenciando diferentes processos como mineralização da matéria orgânica, atividade microbiana, desnitrificação, biodiversificação e trocas gasosas entre solo e atmosfera. Indiretamente, a matéria orgânica também condiciona a dinâmica das soluções no interior do solo. Assim, os principais efeitos químicos e físico-químicos provocados pela adição de lodo de esgoto em solos estão relacionados à incorporação de grandes quantidades de matéria orgânica (Bernardes, 1982).

Embora os lodos de esgoto possuam um teor relativamente alto de carbono orgânico (variável entre 23 e 37% nos lodos utilizados no presente trabalho), após sua aplicação há um expressivo consumo de matéria orgânica no solo, até que seja alcançado novo equilíbrio da relação C:N (Rowell et al., 2001). Estima-se que toda a matéria orgânica contida no lodo seja consumida na reação, o que indica que o lodo, na grande maioria dos casos, não se constitui como fonte de matéria orgânica em si. O resultado do equilíbrio no solo e na produção de biomassa que será incorporada ao solo, principalmente raízes, é que efetivamente promovem o aumento da matéria orgânica, portanto, via ciclagem de nutrientes. Hue et al. (1988) verificaram aumento dos teores de carbono no solo com adição de lodo de esgoto, enquanto que Ros (1993) e Melo (1994) observaram que, mesmo com o aumento do teor de carbono, o seu tempo de residência no solo foi muito curto, em razão da rápida decomposição. Martins (2001) não observou efeitos de lodo nos teores de matéria orgânica do solo, após quatro anos. Dados de Oliveira et al. (2002) mostram que duas aplicações sucessivas de lodo de esgoto promoveram aumentos imediatos nos teores de C orgânico, devidos às elevadas doses utilizadas (33, 66 e 99 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de Barueri), com decréscimo do elemento no decorrer de dois anos agrícolas. Houve

redução na taxa de decréscimo, por ocasião da segunda aplicação de lodo, evidenciando o acúmulo relativo de C-orgânico no solo, decorrente das aplicações sucessivas do resíduo. Cegarra (1983) também cita aumentos de carbono com aplicações de doses elevadas, na ordem de 90 Mg ha<sup>-1</sup>.

Por ser um elemento presente em grande quantidade no solo, as variações nos estoques de carbono são lentas e difíceis de quantificar em curto prazo, pois são pequenas em relação à grande quantidade presente e variabilidade natural do solo. Mesmo aplicando-se grandes quantidades de matéria orgânica, obtém-se pequenas variações de carbono orgânico no solo. Por exemplo, para se obter um incremento próximo a 1% no teor de carbono do solo, seriam necessários aproximadamente 50 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo seco (utilizando-se no cálculo os seguintes valores: densidade do solo: 1,27 kg dm<sup>-3</sup>; teor de C no lodo: 30%; fração de degradação de carbono do lodo: 15%). Tal dose de lodo, no entanto, disponibilizaria nitrogênio no solo em quantidades muito superiores às necessidades de uma cultura anual, tornando-se fonte potencial de contaminação ambiental, por lixiviação, por volatilização ou por desnitrificação. Este último processo pode ser intensificado com aplicações de doses elevadas de matéria orgânica ao solo, especialmente em solos tropicais, em que se tem elevado teor de água no solo associado, em geral, a elevadas temperaturas (Craswell, 1978).

O objetivo deste trabalho é apresentar resultados obtidos na avaliação em campo quanto ao acúmulo de C e N após três cultivos de milho e três aplicações de dois lodos de esgoto em Latossolo, um de origem urbana (lodo de Franca/SP) e outro de origem urbano-industrial (lodo de Barueri/SP).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna, SP, em área de Latossolo Vermelho distroférico textura argilosa (Typic Haplustox). As avaliações iniciaram-se em março de 1999, com plantio de milho safrinha variedade AL30, seguido de dois cultivos de milho cultivar Savana. As amostras de solo foram coletadas em 1999, antes da primeira aplicação de lodo, e em 2001, após três aplicações de lodo e três cultivos de milho. Os lodos de esgoto utilizados são provenientes das Estações de Tratamento de Esgotos sanitários das cidades de Franca (de origem doméstica) e de Barueri (de origem urbano-industrial), ambas no Estado de São Paulo. O sistema de tratamento utilizado nas duas estações é a digestão anaeróbia dos lodos ativados. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados; os dois fatores estudados, tipo de lodo de esgoto e dose, foram arranjados em cada bloco em parcelas subdivididas, com três repetições. Os tipos de lodo constituíram as parcelas e as doses constituíram as subparcelas. Os tratamentos constituíram-se na incorporação dos dois lodos úmidos ao solo, antes de cada safra, nas doses: zero de nitrogênio (0N), 1N, 2N, 4N e 8N. No tratamento 0N não foi aplicado lodo; o tratamento 1N representa a dose de lodo de esgoto calculada visando-se aplicar a quantidade de nitrogênio disponível recomendada para a cultura (Rajj et al., 1996) (Tabela 1). Os cálculos da dose 1N de lodo foram realizados em função do nitrogênio de acordo com as recomendações da Norma P4230 da CETESB (CETESB, 1999), com dados de Boeira et al (2002). Os tratamentos 2N, 4N e 8N representam duas, quatro e oito vezes a dose 1N, respectivamente. As amostragens de solo para determinação de C e N foram efetuadas em duas profundidades: de 0 a 10cm, em um ponto amostral no centro da parcela, em 1999, e em cinco pontos amostrais por parcela, em 2001; de 20-40cm,

em um ponto amostral, no centro da parcela, nos dois anos. As amostras foram secadas ao ar e passadas em peneira com malhas de 2mm. Em 1999, a densidade do solo foi obtida em seis trincheiras abertas em torno à área experimental, pois o solo das parcelas fora revolvido. Os valores assim obtidos foram 1,27 e 1,24 kg dm<sup>-3</sup> para as profundidades de 0-10 e de 20-40 cm, respectivamente. Em 2001, para a profundidade de 20-40cm, também utilizaram-se os valores obtidos nas trincheiras, que foi de 1,26 kg dm<sup>-3</sup>; para a profundidade de 0-10cm, a avaliação foi feita em cada subparcela. Os teores de carbono orgânico, de N-Kjeldahl e de N-mineral (N-[NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>]) foram determinados segundo Tedesco et al. (1995), e os resultados obtidos foram expressos em [g dm<sup>-3</sup>] utilizando-se os valores medidos da densidade do solo; o pH foi determinado em relação solo:água 1:2,5 (Camargo et al., 1986). A densidade do solo, razão entre a massa de sólidos e o volume total da amostra indeformada, foi determinada pelo método do anel volumétrico. O incremento de carbono no solo foi calculado pela diferença entre o teor em cada tratamento e o teor na testemunha, em 2001. Foi feita análise de variância dos dados e, havendo interação significativa entre o tipo de lodo e as doses aplicadas ao solo, fez-se análise de regressão linear das médias das variáveis dentro das doses aplicadas, a 5% de probabilidade. Foi feita, ainda, análise de correlação linear simples entre variáveis. Os dados de carbono e de N-Kjeldahl foram transformados em logaritmo neperiano.

Tabela 1. Quantidades de lodos de esgoto (base seca) oriundos das Estações de Tratamento de Esgoto de Franca, SP e de Barueri, SP, aplicadas seqüencialmente ao Latossolo no tratamento 1N, antes de cada um de três cultivos, e quantidades calculadas de carbono orgânico, de nitrogênio orgânico (N-orgânico) e de nitrogênio mineral (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-[NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup>]), aplicadas ao solo via lodos.

Origem do lodo	Dose aplicada em cada cultivo no tratamento 1N <sup>(1)</sup>							
	Franca				Barueri			
Ano aplicação	1999	1999	2000	Total	1999	1999	2000	Total
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----							
Lodo	3.014	3.504	3.766	<b>10.284</b>	8.095	3.995	5.315	<b>17.405</b>
Carbono	1.074	1.310	1.995	<b>4.379</b>	1.863	1.083	2.038	<b>4.984</b>
N-orgânico	156	204	218	<b>578</b>	159	160	183	<b>502</b>
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	14	32,6	38,6	<b>85,2</b>	11,3	38,2	41	<b>90,5</b>
N-(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,1	0,4	0,4	<b>0,9</b>	2,5	0,7	0,5	<b>3,7</b>

<sup>(1)</sup>1N: Tratamento correspondente à aplicação da dose de N disponível recomendada para o milho em cada safra.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em campo, antes de ser iniciado o experimento (1999), as parcelas experimentais mostraram-se uniformes nas duas profundidades avaliadas, não tendo ocorrido diferenças significativas entre os parâmetros em estudo (Tabela 2).

Em 2001, após três aplicações de lodo, a densidade do solo na camada 0-10cm diminuiu significativamente com o aumento das doses, com os dois lodos (Figura 1). Khaleel et al. (1981), analisando dados de 12 estudos sobre efeitos a curto e longo prazo da aplicação de resíduos; Gupta et al. (1977), após dois anos de

aplicação de lodo de esgoto em solo arenoso, e Wei et al. (1985), em solo argiloso, também obtiveram diminuição linear da densidade do solo em função do conteúdo de matéria orgânica.

As quantidades totais de carbono aplicadas ao solo via lodo de Barueri, em três aplicações, foram 14% superiores às quantidades aplicadas via lodo de Franca (Tabela 1). Mesmo assim, utilizando-se o lodo de Barueri, as doses de lodo não afetaram os estoques de C do solo, enquanto que utilizando-se o lodo de Franca, as doses tiveram efeito crescente significativo sobre os estoques de carbono no solo (Figura 2). Em cada dose estudada, encontraram-se diferenças significativas entre os tipos de lodo para o teor de carbono no solo. A adição de compostos orgânicos ao solo aumenta, em geral, seu conteúdo de carbono (Gupta et al, 1977; Khaleel et al, 1981; Cegarra, 1983). Os efeitos indiretos da matéria orgânica, melhorando atributos físicos do solo, podem, também, propiciar maior desenvolvimento vegetativo do cultivo, formando-se maior quantidade de biomassa no solo, e em consequência, afetar os estoques de carbono orgânico.

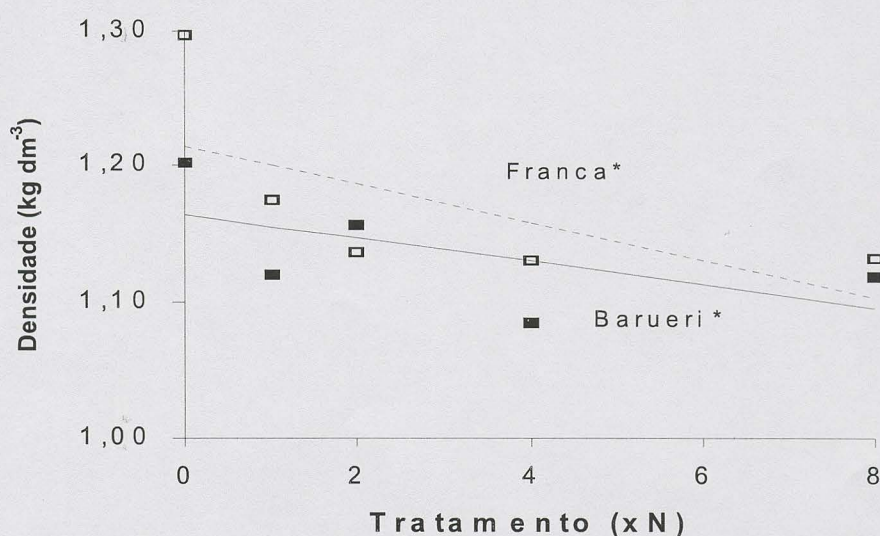


Figura 1. Densidade do solo na camada de 0-10cm de profundidade em Latossolo tratado com três aplicações sucessivas de doses de lodos de esgoto das Estações de Tratamento de Esgoto de Franca, SP (□) e de Barueri, SP (■), após o terceiro cultivo de milho (2001). \* indica regressão linear significativa ( $P \leq 0,05$ ) pelo F-teste. 1N: tratamento correspondente à aplicação da dose de N disponível recomendada para o milho em cada safra; 0N, 2N, 4N e 8N representam múltiplos desse tratamento.

A estabilização dos teores de carbono do lodo de Barueri concorda com as observações de Melo (1994) e de Ros (1993) a respeito do tempo curto de permanência de materiais orgânicos em solos, demonstrando a dificuldade de elevação e manutenção de maiores teores de matéria orgânica em solos sob condições de clima tropical e subtropical. Ressalte-se ainda o possível efeito da

calagem efetuada ao final do segundo cultivo, neste experimento, acelerando a decomposição da matéria orgânica. Este comportamento fez com que, em 2001, os incrementos de carbono no solo tenham variado entre 0,06% no tratamento Franca 1N e 0,8% (Franca 8N; aplicação total de 82.000 kg ha<sup>-1</sup> de lodo, base seca). Para o lodo de Barueri, este incremento foi de apenas 0,1%, em média, e foi independente da dose aplicada ao solo.

As alterações nos estoques de carbono no solo encontradas podem estar relacionadas a diferenças de produção de matéria seca radicular, se estas tiverem sido afetadas pelas doses de lodo de esgoto (variável não avaliada no experimento; a parte aérea foi retirada sistematicamente da área experimental, após cada colheita), pois carbono pode ser adicionado à matéria orgânica do solo através da degradação de raízes. Por outro lado, a origem distinta dos dois lodos, sendo o de Barueri acrescido de dejetos industriais, pode estar alterando as microzonas do solo, e poderia também estar afetando os processos de decomposição dos dois lodos.

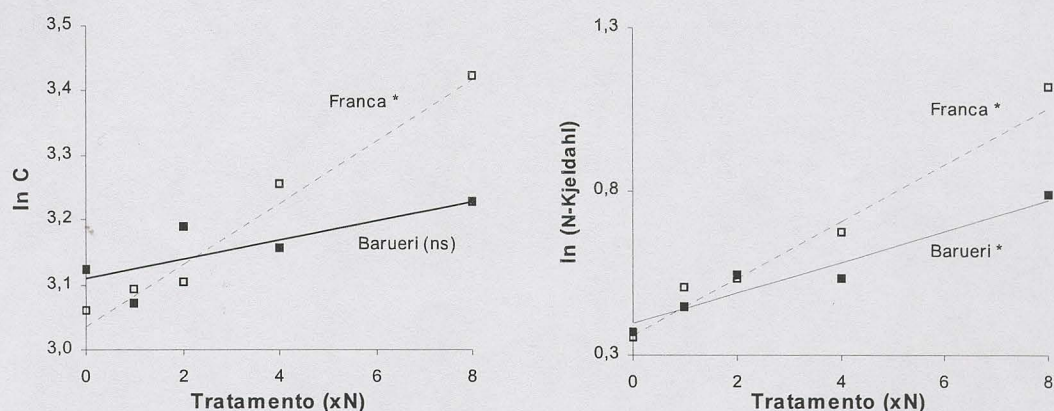


Figura 2. Logaritmo neperiano dos teores de carbono e de N-Kjeldahl na camada de 0-10 cm de profundidade em Latossolo tratado com três aplicações sucessivas de doses de lodos de esgoto das Estações de Tratamento de Esgoto de Franca, SP (□) e de Barueri, SP (■), após o terceiro cultivo de milho (2001). ns indica regressão linear não significativa e \* indica regressão linear significativa ( $P \leq 0,05$ ) pelo F-teste. Dose 1N: tratamento correspondente à aplicação da dose de N disponível recomendada para o milho em cada safra; 0N, 2N, 4N e 8N representam múltiplos desse tratamento.

Os dados obtidos para carbono mostram que a matéria orgânica não foi afetada na camada entre 20 e 40cm (Tabela 2), com qualquer um dos lodos; assim, não parece ter ocorrido lixiviação de compostos orgânicos carbonados oriundos da degradação dos lodos, para esta profundidade.

As doses aplicadas dos dois tipos de lodo aumentaram os estoques de N na camada 0-10cm do solo (Figura 2). Houve associação significativa entre os estoques de carbono e de nitrogênio no solo com a aplicação de lodo de Franca ( $r=0,93$ ), o que não foi observado com o lodo de Barueri. Em cada dose de lodo, as diferenças entre as médias de N no solo do lodo de Barueri foram significativamente diferentes

das médias do lodo de Franca. O estoque de nitrogênio no solo é afetado por diversos processos e transformações do elemento, tais como mineralização, lixiviação, desnitrificação, volatilização, armazenamento de N inorgânico no solo e absorção pelas plantas. O potencial de mineralização obtido em laboratório para estes lodos é intenso, cerca de 30% (Boeira et al., 2002), e a lixiviação de nitrato em campo está sendo avaliada anualmente, no perfil do solo até 320 cm, constatando-se maiores perdas, através desse processo, nas doses 4N e 8N do lodo de Franca em relação às mesmas doses de lodo de Barueri (Dyňa & Boeira, 2000). No entanto, nessas doses, está havendo maior acúmulo de N no solo tratado com lodo de Franca (Figura 2). Estes resultados sugerem que outros mecanismos, além da lixiviação, estão afetando os estoques de N no solo. A desnitrificação pode ter sido favorecida nesses tratamentos, especialmente no primeiro cultivo (1999), quando aplicou-se 73% a mais de carbono no solo via lodo de Barueri do que via lodo de Franca. O lodo de Barueri também tem causado alterações em propriedades físicas do solo, que vem apresentando taxa constante de infiltração de água (condutividade hidráulica do solo saturado) menor que nos tratamentos com o lodo de Franca, o que teoricamente pode interferir na lixiviação de nitrato. O excesso de matéria orgânica no solo, ao ser oxidado, pode diminuir a pressão parcial de oxigênio em microzonas e conferir ao potencial redox do solo valores favoráveis a processos anaeróbios, incluindo a desnitrificação, com perda de N na forma de gases (óxido nitroso -  $N_2O$ , e N molecular -  $N_2$ ). O intervalo de tempo para que isso ocorra depende de diversos fatores ecológicos, entre eles a maior ou menor disponibilidade dos componentes da matéria orgânica adicionada (Manucharova et al., 2001). Outros processos que afetam os estoques de nitrogênio no solo, além da lixiviação, não foram ainda avaliados no experimento.

Para N mineral no solo, com os dois lodos e nas duas profundidades, houve regressão linear significativa, com aumento dos teores proporcionais aos aumentos nas doses aplicadas, em função da proporcionalidade entre quantidades mineralizadas e quantidades de lodo aplicadas, e em função da lixiviação, que está ocorrendo de forma acentuada em alguns tratamentos.

O pH do solo diminuiu significativamente com o aumento das doses dos dois lodos, nas duas camadas de solo avaliadas (Tabela 2). Houve associação positiva entre pH e teores de N mineral, e negativa entre pH e carbono no solo, nessas camadas, indicando uma possível predominância de processos como a nitrificação, seguida de percolação de nitrato, sobre a acidificação do solo.

Tabela 2. Teores de carbono orgânico (C) e de N-Kjeldahl, valores de pH e de densidade do solo e teores de N mineral em duas profundidades, em Latossolo tratado com cinco doses de lodos de esgoto das Estações de Tratamento de Esgoto de Franca, SP e de Barueri, SP, antes da primeira aplicação (1999) e após três aplicações sucessivas (2001).

Tratamento <sup>(1)</sup>	Prof. cm	Carbono		N-Kjeldahl		pH		Densidade	N-Mineral
		1999	2001	1999	2001	1999	2001	2001	2001
		g dm <sup>-3</sup>						kg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>
Franca									
0N		18,0	21,4	1,55	1,42	4,8	5,5	1,30	0,013
1N		19,6	22,1	1,56	1,66	5,1	5,1	1,17	0,039
2N	0-10	21,1	22,3	1,68	1,70	5,0	5,0	1,14	0,032
4N		21,2	26,0	1,69	1,96	5,3	4,6	1,13	0,050
8N		18,9	30,7	1,51	3,06	4,7	4,6	1,13	0,080
		ns <sup>(2)</sup>	*	ns	*	ns	*	*	*
Barueri									
0N		19,7	22,7	1,64	1,45	4,7	5,3	1,20	0,012
1N		20,0	21,6	1,57	1,57	5,3	5,5	1,12	0,025
2N	0-10	22,2	24,3	1,02	1,72	5,1	5,0	1,16	0,043
4N		21,7	23,5	1,63	1,70	5,3	5,0	1,08	0,037
8N		18,5	25,2	1,67	2,20	4,7	4,9	1,12	0,083
		ns	ns	ns	*	ns	*	*	*
Franca									
0N		15,3	16,4	1,05	1,14	4,8	4,7	1,26	0,012
1N		15,1	15,0	1,23	1,11	4,6	4,6	1,26	0,019
2N	20-40	17,2	15,3	1,19	1,16	4,8	4,6	1,26	0,032
4N		16,9	18,7	1,15	1,26	4,6	4,4	1,26	0,058
8N		16,0	15,0	1,23	1,18	4,6	4,2	1,26	0,080
		ns	ns	ns	ns	ns	*		*
Barueri									
0N		15,7	16,6	1,31	1,16	4,8	4,5	1,26	0,017
1N		16,0	15,7	1,20	1,18	4,8	4,6	1,26	0,016
2N	20-40	15,4	16,5	1,20	1,19	4,7	4,3	1,26	0,032
4N		16,1	16,7	1,30	1,18	4,7	4,3	1,26	0,058
8N		15,0	17,2	1,28	1,30	4,6	4,1	1,26	0,064
		ns	ns	ns	ns	ns	*		*

<sup>(1)</sup> 1N: Tratamento correspondente à aplicação da dose de N disponível recomendada para o milho em cada cultivo; 0N, 2N, 4N e 8N representam múltiplos desse tratamento.

<sup>(2)</sup> ns indica que as médias na coluna não apresentam diferenças significativas e \* indica que a regressão linear é significativa pelo F-teste ( $P \leq 0,05$ ).



## CONCLUSÕES

O uso agrícola de lodo de esgoto não pode ser considerado como uma simples alternativa de disposição ambiental deste resíduo, pois é uma prática agrícola em que muitos e complexos aspectos devem ser considerados, como os diversos atributos de solo que eles afetam, com efeitos poluentes potenciais de solos, de corpos de água e da atmosfera.

Neste trabalho, houve influência da origem do lodo de esgoto (urbano ou urbano-industrial) sobre o comportamento do solo. Verificaram-se alterações em propriedades do solo diretamente relacionadas ao seu potencial produtivo, como o estoque de carbono e de nitrogênio, a acidificação e a densidade do solo.

O volume de lodo necessário para elevação do estoque de matéria orgânica no solo foi bastante elevado. Obteve-se incremento máximo de 0,8% no teor de carbono do solo com aplicação de mais de 80 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de Franca, divididos em três aplicações anuais. No entanto, doses elevadas de lodo não são recomendadas para uso agrônômico, devido às grandes quantidades de nitrato geradas em sua decomposição, com potencial poluente de corpos de água e da atmosfera, e devido à acidificação do solo, inclusive em profundidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDES, L. F. Efeitos da aplicação do lodo de esgoto nas propriedades físicas do solo. Jaboticabal: UNESP/FCAV, 1982. 50 p.
- BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, nov. 2002. v. 37, n. 11, p. 1639-1647, 2002.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas: Instituto Agrônômico (Boletim Técnico, 106), 1986. 95 p.
- CEGARRA, J. Utilização e manejo de lodos de águas residuais urbanas con fines agrícolas: solos ecuatoriales, materia orgánica do solo. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo, Bogota, v. 12, n. 1, p. 151-173, 1983.
- CETESB. Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - critérios para projeto e operação. São Paulo: CETESB, 1999. 32 p. (CETESB. Manual Técnico, P 4.230).
- CRASWELL, E. T. Some factors influencing denitrification and nitrogen immobilization in a clay soil. Soil Biology and Biochemistry, Elmsford, v. 10, p. 214-245, 1978.
- DYNIA, J. F.; BOEIRA, R. C. Implicações do uso do lodo de esgoto como fertilizante em culturas anuais: nitrato no solo. Comunicado Técnico. 4. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna-SP. novembro. 2000.
- FASSBENDER, H.W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 1975. IICA, Costa Rica. 397p.
- GUPTA, S.C.; DOWDE, R.H.; LARSON, W.E. Hydraulic and thermal properties of a sandy soil as influenced by incorporation of sewage sludge. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 41, p. 601-605, 1977.

- HUE, N. V.; SILVA, J. A.; ARIFIN, R. Sewage sludge-soil interactions as measured by plant and soil chemical composition. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 17, n. 3, p. 384-390, 1988.
- KHALEEL, R.; REDDE, K. R.; OVERCASH, M. R. Changes in soil physical properties due to waste applications: a review. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 10, p. 133-141, 1981.
- LAL, R. Métodos para a avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 03). 1999. 97 p.
- MANUCHAROVA, N. A.; STEPANOV, A. L.; UMAROV, M. M. Microbial transformation of nitrogen in water-stable aggregates of various soil types. *Eurasian Soil Science*, New York, v. 34, n. 10, p. 1125-1131, 2001.
- MARCIANO, C.R. Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. Piracicaba, 1999. 93p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MARTINS, A. L. C. Fitodisponibilidade de metais pesados em um latossolo vermelho tratado com lodo de esgoto e calcário. 2001. 118 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2001.
- MELO, W. J. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, p. 449-455, 1994.
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETTO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um latossolo amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 505-519, 2002.
- PAGE, A.L.; CHANG, A.C. Overview of the past 25 years: technical and perspective. In: CLAPP, C.E.; LARSON, W.E.; DOW DE, R.H. *Sewage sludge: land utilization and the environmental*. Madison: ASA, 1995. p.3-5.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo : Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- ROS, C. O. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, n. 2, p. 257-261, 1993.
- ROWELL, D. M.; PRESCOTT, C. E.; PRESTON, C. M. Decomposition and nitrogen mineralization from biosolids and other organic materials: relationship with initial chemistry. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 30, n. 4, p. 1401-1410, 2001.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS-Departamento de Solos, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).
- WEI, Q. F.; LOWERY, B.; PETERSON, A. E. Effect of sludge application on physical properties of a silty clay loam soil. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 14, p. 178-180, 1985.

## **ABSTRACT**

The practical use of sewage sludge in agriculture cannot be considered a simple alternative to dispose such residue in the nature without considering several environmental issues regarding its uses and applications. The use of sewage sludge in agriculture could affect several properties of the soil, water and atmosphere in function of its pollution potential. This work has evaluated the effects of sewage sludge application in some properties of the soil and its positive and negative impacts over the productive potential of soil. The amounts of carbon and nitrogen, acidity and soil bulk density were evaluated by three crops of corn that received consecutive doses of increased applications of two types of sewage sludge mixture into a latossol. The increased doses of the urban sludge caused a significant accumulation of carbon and nitrogen in the upper (0-10 cm) layer of soil. Although the application doses of a mixture composed by urban and industrial sludge were 14% higher in C content in comparison to the other treatment, the accumulation of carbon and nitrogen in the soils were not significantly affected. It was observed that bulk density and soil pH had significantly decreased due to the crescent doses of sludge application for the two sewage sludges. Such effects on soil pH has implied in the necessity to correct soil acidity by application of agriculture lime two times during these experiment.

**Key-words:** sewage sludge, agricultural recycling, soil acidification.