

# NITROGÊNIO RESIDUAL NO SOLO APÓS QUATRO APLICAÇÕES DE LODOS DE ESGOTO

Rita Carla Boeira<sup>1</sup>; Viviane Cristina Bettanin Maximiliano

**INTRODUÇÃO** - Pesquisas em países desenvolvidos têm apontado para a viabilidade da disposição de lodos de esgoto em áreas agrícolas, com vantagens como ciclagem de nutrientes e incorporação de matéria orgânica ao solo. Paralelamente, problemas podem surgir pela adição ao solo de nitrogênio em quantidades excessivas, prejudiciais aos recursos naturais, além de patógenos, metais pesados e diversas substâncias orgânicas poluentes. O nitrogênio contido nos lodos de esgoto encontra-se predominantemente na forma orgânica, da qual cerca de um terço são potencialmente mineralizáveis durante um cultivo agrícola. Segundo Pratt et al. (1973), a liberação de N diminui para 10% no segundo ano, 6% no terceiro ano e 5% no quarto ano. Isto ocorre porque no solo, a fração residual pode ser imobilizada e/ou incorporada na matéria orgânica, em formas mais resistentes à biodegradação (Ryan et al., 1973), o que pode reduzir as perdas, os riscos de lixiviação e determinar efeitos residuais positivos nos anos subseqüentes à aplicação do lodo. Neste trabalho, teve-se por objetivo quantificar o efeito residual de quatro aplicações anuais de lodos de esgoto sobre a disponibilidade de nitrogênio mineral em solo cultivado com milho.

**PALAVRAS-CHAVE** – nitrogênio orgânico, mineralização, nitrogênio potencialmente mineralizável, solo tropical, lodo de esgoto anaeróbio

**MATERIAL E MÉTODOS** - Os solos foram obtidos em parcelas de experimento em que avaliam-se cinco doses de dois lodos de esgoto, reaplicadas a cada cultivo, em área de Latossolo Vermelho distroférrico textura argilosa, com os tratamentos culturais padrões utilizados para milho, retirando-se restos culturais antes da re-aplicação dos lodos. Os resíduos foram provenientes das estações de tratamento de esgotos das cidades de Franca (de origem doméstica) e de Barueri (de origem urbano-industrial), no Estado de São Paulo. Avaliam-se naquele ensaio as doses 0N, 1N, 2N, 4N e 8N de cada lodo de esgoto. No tratamento 0N (zero de nitrogênio) não foi aplicado lodo; a dose 1N dos lodos foi calculada visando-se aplicar a quantidade de nitrogênio recomendada para a cultura (Raij et al, 1997) e calculada em função do nitrogênio potencialmente disponível nos lodos (Cetesb, 1999) (Tabela 1); as demais representam múltiplos da dose 1N. Os lodos

---

<sup>1</sup> Embrapa Meio Ambiente - Caixa Postal 69, Jaguariúna (SP), CEP: 13820-000 – e-mail: rcboeira@cnpma.embrapa.br.

úmidos foram distribuídos a lanço, na área total das parcelas experimentais, e incorporados a 20 cm de profundidade com enxada rotativa, três a quatro dias antes de cada semeadura. Antes da aplicação dos lodos para o terceiro e quarto cultivos foram feitas calagens, em cada parcela individualmente, tendo como base curvas de neutralização obtidas após incubação dos solos, em laboratório, com calcário dolomítico. Após o quarto cultivo, selecionaram-se as parcelas experimentais que apresentavam pH em água acima de 5,5. Nessas parcelas, coletaram-se amostras de solo para este trabalho, compostas por 10 subamostras (0-20cm), correspondentes aos tratamentos com as quatro doses (1N, 2N, 4N e 8N) dos dois lodos (Franca e Barueri), e ao tratamento testemunha (0N) (Tabela 2). As amostras de solo foram peneiradas a 5mm, e mantidas em capacidade de campo até o início do experimento em laboratório.

**TABELA 1.** Quantidade de lodos de esgoto aplicada ao solo na dose 1N<sup>(1)</sup> e quantidade calculada de nitrogênio orgânico (N-orgânico) e de nitrogênio mineral (N-mineral) aplicada ao solo via lodos em quatro cultivos de milho.

Origem do lodo de esgoto:	Franca <sup>(2)</sup>				Barueri <sup>(3)</sup>			
	Cultivo:	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----							
Lodo	3.014	3.504	3.766	4.432	8.095	3.995	5.315	5.295
N-orgânico	156	204	218	175	159	160	183	241
N-mineral	14	33	39	46	14	39	42	29

<sup>(1)</sup>1N: Tratamento correspondente à aplicação, via lodo, da dose de N disponível recomendada para o milho em cada safra. <sup>(2)</sup>Lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos de Franca (SP). <sup>(3)</sup>Lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri (SP).

O experimento de incubação aeróbia foi conduzido à temperatura ambiente (média de 23°C) durante 105 dias, utilizando-se microcosmos com 500 g de solo, com três repetições, mantidos em capacidade de campo. Avaliou-se o teor de N mineral [N-(NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) + N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>] por destilação a vapor (Tedesco et al., 1995), em amostras coletadas após homogeneização do solo, em sete épocas: 0, 14, 28, 42, 63, 84 e 105 dias. Estes dados foram ajustados ao modelo proposto por Stanford & Smith (1972), descrito pela equação:  $N_m = N_o(1 - e^{-kt})$ , em que  $N_m$  (mg N kg<sup>-1</sup> de solo) representa o valor estimado de N mineral acumulado em um dado tempo  $t$  (dia) e  $k$  representa a constante de primeira ordem da taxa de mineralização de N orgânico (dia<sup>-1</sup>). O parâmetro  $N_o$  (N orgânico potencialmente mineralizável no solo; mg N kg<sup>-1</sup> de solo) foi estimado por análise de regressão não-linear (Smith et al., 1980).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO** - Na Tabela 2 apresentam-se os teores de N mineral no solo no início da incubação e as estimativas do potencial de mineralização do N orgânico (No) remanescente nos solos das áreas experimentais amostradas em campo. Avaliando-se o teor de N orgânico nos solos, pode-se observar uma tendência de aumento com as doses, porém apenas nos tratamentos 8N houve acúmulo significativo em relação à testemunha. Para avaliação do efeito residual das aplicações anteriores de lodos nos solos das áreas escolhidas, foram comparados o teor de N mineral no início da incubação e o potencial de mineralização de N orgânico presente no solo (No), em relação à testemunha. No início da incubação (t = 0), em doses superiores a 1N, o teor de N prontamente disponível [N-(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) + N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>] foi significativamente superior à testemunha, alcançando valores de até 125 mg kg<sup>-1</sup>. Nesses tratamentos, o nitrato foi a forma mineral predominante no tempo zero, predispondo estas áreas à lixiviação intensiva do íon, com risco de contaminação ambiental. Considerando-se a origem dos lodos, industrial ou urbana, não houve influência nos solos tratados com as doses 1N mas, em doses maiores, o lodo de Barueri apresentou maior disponibilidade inicial de N mineral no solo do que o lodo de Franca.

**TABELA 2.** Teores de N-mineral e N-orgânico no início da incubação, em solos previamente tratados com lodos de esgoto, e de nitrogênio potencialmente mineralizável estimado com ajuste dos dados ao modelo exponencial simples (Stanford & Smith, 1972) após 105 dias de incubação.

Área <sup>(1)</sup>	t = 0 dia <sup>(2)</sup>			N potencialmente mineralizável (No)	R <sup>2</sup> <sup>(3)</sup>
	N-(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	N-(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	N orgânico		
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
0N (testemunha)	3 a	11 a <sup>(4)</sup>	1029 a	27,5	84
Franca <sup>(5)</sup> 1N <sup>(6)</sup>	2 a	21 ab	1116 a	31,1	95
Barueri <sup>(7)</sup> 1N	5 a	21 ab	1142 ab	40,7	95
Franca 2N	6 a	32 b	1262 ab	44,1	97
Barueri 2N	3 a	47 c	1294 ab	63,3	92
Franca 4N	10 a	62 d	1410 ab	88,8	98
Barueri 4N	11 a	76 e	1592 b	94,1	97
Franca 8N	7 a	87 e	2286 c	103,9	88
Barueri 8N	7 a	118 f	2407 c	112,6	92

<sup>(1)</sup> Parcelas de experimento em campo tratadas com quatro aplicações de lodos de esgoto, em quatro cultivos de milho. <sup>(2)</sup> t = tempo. <sup>(3)</sup> Coeficiente de determinação. <sup>(4)</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (1%). <sup>(5)</sup> Lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos de Franca, SP. <sup>(6)</sup> 1N: Tratamento correspondente à aplicação, via lodo, da dose de N disponível recomendada para o milho em cada safra; os tratamentos 2N, 4N e 8N representam duas, quatro e oito vezes a dose 1N, respectivamente. <sup>(7)</sup> Lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, SP.

A contínua mineralização dos compostos orgânicos do solo resultou também em efeito crescente das doses aplicadas de lodos sobre a disponibilidade potencial de N mineralizável (No) (Tabela 2), evidenciando a persistência no solo de frações de N orgânico de fácil mineralização. Os solos tratados com lodo de Barueri apresentaram

potencial de mineralização superior aos tratados com o lodo de Franca, em todas as doses, embora as quantidades totais de N orgânico aplicadas com os dois lodos, nos quatro cultivos, sejam semelhantes (cerca de 750 kg ha<sup>-1</sup> na dose 1N; Tabela 1). Os valores estimados de N<sub>o</sub> foram 13% (Franca) e 48% (Barueri) superiores à testemunha, na dose 1N. Estes resultados indicam que mesmo com a aplicação de doses adequadas de lodos de esgoto (área tratada com a dose 1N de lodo), aplicações sucessivas na mesma área, por vários anos, causam grande aumento na capacidade de suprimento de N do solo, podendo superar as necessidades das plantas, com risco de lixiviação do elemento no perfil do solo. No tratamento testemunha, estimou-se em 3% a fração potencial de mineralização do N orgânico presente no solo, valor freqüentemente observado em frações de N orgânico estáveis em solos (Estados Unidos, 1995). Para solos tratados com o lodo de Franca na dose 1N, estimou-se em 4% a fração potencial de mineralização de N orgânico residual, com tendência de aumento com as doses aplicadas até 4N. Para o lodo de Barueri, a fração de mineralização dos resíduos de lodo foi em torno de 12% nas doses até 4N. Nas doses elevadas (8N) para os dois lodos, a fração de mineralização foi menor (6%), muito embora as quantidades de N orgânico detectadas no solo tenham sido mais elevadas (Tabela 2).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CETESB. Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação. São Paulo, 1999. 32 p. (Manual Técnico, P4230).
- ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Process design manual: land application of sewage sludge and domestic septage. Washington, 1995. 290 p.
- PRATT, P. F.; BROADBENT, F. E.; MARTIN, J. P. Using organic wastes as nitrogen fertilizer. *California Agriculture*, Berkeley, 27:10-13, 1973.
- RAIJ, B. v.; 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, Boletim técnico, 100. 1997. 285 p.
- RYAN, J. A.; KEENEY, D. R.; WALSH, L. M. Nitrogen transformations and availability of anaerobically digested sewage sludge in soil. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 2:240-273, 1973.
- SMITH, J. L.; SCHNABEL, R. R.; MCNEAL, B. L.; CAMPBELL, G. S. Potential errors in the first-order model for estimating soil nitrogen mineralization potentials. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 44, n. 5, p. 996-1000, 1980.
- STANFORD, G.; SMITH, S. J. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 36:465-471, 1972.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5)