



Matéria Orgânica, Fósforo e pH em solo recuperado com lodo de esgoto

Lívia Mara Lima Goulart ⁽¹⁾; **Thiago Tássio de Sousa Silva** ⁽²⁾; **Marianne Fidalgo de Faria** ⁽³⁾; **Grasiela Spada** ⁽⁴⁾; **Iraê Amaral Guerrini** ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Doutoranda em Ciência Florestal na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo; liviamlgoulart@yahoo.com.br; ⁽²⁾ ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ Estudante de pós-graduação em Ciência Florestal na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo; ⁽⁵⁾ Professor Titular do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo. Bolsista do CNPq.

RESUMO: O lodo de esgoto tem apresentado alto potencial para recuperar áreas degradadas, pois possui elevados teores de matéria orgânica e nutrientes, essenciais para melhorar as características físicas e químicas do solo. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar os níveis de matéria orgânica (MO) e fósforo (P), bem como as variações de pH na camada superficial (0-20 cm) de um solo degradado, após 9 anos da aplicação de doses de lodo de esgoto e plantio de espécies nativas da Mata Atlântica. O experimento foi conduzido na Fazenda Entre-Rios, pertencente à empresa Suzano Papel e Celulose, na região de Itatinga-SP. O delineamento experimental adotado foi o casualizado em blocos, com quatro repetições, seis doses de lodo de esgoto (0; 2,5; 5; 10; 15 e 20 t ha⁻¹), adubação química convencional e uma apenas com aplicação de potássio, totalizando 8 tratamentos. Após 9 anos da instalação do experimento, verificou-se efeito significativo da aplicação do lodo de esgoto sobre a MO, P e pH do solo. Os níveis destes nutrientes se mantiveram altos mesmo depois de 9 anos de aplicação do lodo de esgoto, sendo que os maiores valores foram observados no solo que recebeu as doses de 15 e 20 t ha⁻¹ de lodo. O solo sofreu acidificação com a aplicação dos tratamentos, sendo este comportamento mais acentuado nas áreas que receberam o lodo de esgoto.

Termos de indexação: Resíduos urbanos, recuperação de áreas degradadas, adubo orgânico.

INTRODUÇÃO

A degradação de áreas florestais é caracterizada pela remoção da vegetação original e da camada superficial do solo, o que acarreta em perda de matéria orgânica, baixa disponibilidade de nutrientes, redução de atividade biológica e alterações nas propriedades físicas do solo (Ferreira et al. 2007). O processo de recuperação de áreas degradadas inicia-se pela sua revegetação com espécies nativas da região e também com manejo da matéria orgânica do solo, fundamental para o

sucesso da recuperação do sistema (Haridasan, 2000).

Devido ao seu elevado teor de MO e nutrientes, o uso do lodo de esgoto como adubo orgânico na recuperação de áreas degradadas e na fertilização de espécies arbóreas nativas representa uma alternativa para sua disposição final, podendo ser benéficamente reciclado em ambientes florestais sem que se torne um passivo ambiental (Guerrini & Trigueiro, 2004).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi verificar os níveis de matéria orgânica, fósforo e as variações de pH na camada superficial (0-20 cm) de um solo degradado, após 9 anos da aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto e plantio de espécies nativas da Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Entre-Rios, da Companhia Suzano Bahia Sul de Papel e Celulose, na região de Itatinga-SP. O relevo é plano e o solo original, um Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2006). A área apresentava-se degradada pela perda da camada superficial e com alto nível de compactação, por ter sido utilizada como depósito de madeira pela empresa. Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo para realização de análises químicas e físicas (**Tabela 1**).

Iniciou-se a instalação do experimento em março de 2005, quando foi realizada a raspagem do terreno para retirada da braquiária, e preparo do solo com subsolador de dupla haste até a profundidade de 0,50 m. Devido à compactação excessiva, houve necessidade de se fazer uma subsolagem cruzada. Fez-se a aplicação das doses do lodo de esgoto nas linhas do posterior plantio das espécies nativas da Mata Atlântica.

O delineamento experimental utilizado foi o casualizado em blocos com quatro repetições, em 32 parcelas de 384 m². Os tratamentos foram compostos por 6 doses de lodo de esgoto (0; 2,5; 5; 10; 15 e 20 t ha⁻¹), um com adubação mineral convencional utilizada pela empresa (NPK) e outro



apenas com a dose de complementação de potássio (K), totalizando 8 tratamentos. Calagem foi realizada antes da aplicação dos tratamentos nas parcelas que receberam adubação básica e somente complementação com K. Devido ao baixo teor de K no lodo de esgoto, foi realizada a complementação com o nutriente na forma de KCl (26 kg ha⁻¹ de K₂O), em todas as parcelas que receberam o resíduo. O lodo de esgoto utilizado foi proveniente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Jundiá-SP e sua caracterização química é apresentada na **tabela 2**.

Em outubro de 2014, 9 anos após a instalação do experimento, foram coletadas amostras compostas de solo da camada superficial de 0-20 cm, de cada parcela, para análise química.

Os resultados foram submetidos à análise estatística. As médias dos dados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %, quando o F apresentou valor significativo e as doses de lodo foram submetidos à análise de regressão, com escolha do modelo de melhor ajuste, quando significativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 9 anos da aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto em área degradada, observou-se efeito significativo sobre a MO, P e pH. As doses de lodo de esgoto proporcionaram efeito quadrático sobre os níveis de MO e P do solo. Os valores de pH não foram significativos para o ajuste da equação de regressão (**Tabela 3**). Efeito linear positivo sobre a MO e o P do solo foi observado em um Argissolo fertilizado com lodo de esgoto e cultivado com milho (Simonete et al. 2003).

Tabela 3 – Equações de regressão para matéria orgânica (M.O.), fósforo (P) e pH (CaCl₂), em função das doses de lodo de esgoto aplicadas, 9 anos após a instalação do experimento.

Parâmetro	Equações	R ²
M.O.	$\hat{Y} = -0,0122*x^2 + 0,6559*x + 13,756$	0,753
P	$\hat{Y} = 0,0365*x^2 - 0,31938*x + 5,1907$	0,913
pH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,99$	

R² Coeficiente de determinação ajustado; * significativo a 5% de probabilidade.

As médias dos valores da M.O., P e pH diferiram entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As maiores médias foram obtidas com a aplicação de 20 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, para a MO e o P. Nas áreas que receberam adubação química e K, o pH se manteve estável, e onde foi feita a aplicação do

lodo de esgoto, ocorreu a acidificação do solo (**Tabela 4**).

Tabela 4 - Matéria orgânica, fósforo e pH em solo recuperado com lodo de esgoto e espécies nativas da Mata Atlântica, 9 anos após a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos t ha ⁻¹	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	pH CaCl ₂
NPK	14,75 cd	5,25 bc	4,35 a
K	14,75 cd	5,00 c	4,35 a
0	12,75 d	4,75 c	4,00 b
2,5	16,25 cd	4,75 c	4,025 b
5	17,75 bc	5,00 c	3,975 b
10	18,00 bc	6,25 bc	3,975 b
15	20,75 ab	7,25 b	3,975 b
20	22,25 a	14,0 a	4,0 b

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

O aumento dos valores da MO do solo em função do aumento das doses de lodo de esgoto aplicadas também foi verificado por Simonete et al. (2003) e Barbosa et al. (2002), que estudaram o efeito da aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto nas propriedades químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo, cultivado com Eucaliptus sp., e um Latossolo Vermelho Eutroférico, cultivado com milho, respectivamente. Kitamura et al. (2008) obtiveram um incremento expressivo de MO em um Latossolo Vermelho degradado tratado com *Brachiaria decumbens* + lodo de esgoto, quando comparado com os demais tratamentos (adubos verdes e cultivo de uma espécie arbóreas nativas do Cerrado).

Os tratamentos com as maiores doses de lodo de esgoto (15 e 20 t ha⁻¹) proporcionaram os maiores valores de P no solo. Resultados semelhantes foram observados por Galdos et al. (2004), Kitamura et al. (2008), Barbosa et al. (2002) e Guedes et al. (2006).

A acidificação do solo com a aplicação de doses de lodo de esgoto pode ser explicada pelo fato do resíduo utilizado não ser tratado com cal e à presença de ácidos orgânicos produzidos durante a decomposição microbológica da matéria orgânica presente no lodo (Franchini et al., 2001; Brofas et al., 2000). Esta diminuição do pH do solo tratado com lodo de esgoto foi também descrito por Bezerra et al. (2006), Kitamura et al. (2008), Simonete et al. (2003) e Boeira & Souza (2007). Resíduos tratados com cal antes da sua utilização proporcionaram o aumento do pH do solo (Barbosa et al., 2002; Guedes et al., 2006).



CONCLUSÕES

A aplicação lodo de esgoto em solos degradados é útil na recuperação de suas características químicas, pois proporciona o aumento dos níveis de MO e do P do solo, sendo esta uma boa alternativa para o destino final deste resíduo.

As doses de lodo de esgoto recomendadas para aumentar os níveis de MO e P do solo são entre 15 a 20 t ha⁻¹.

A aplicação do resíduo, sem a realização prévia da calagem no solo, promove a acidificação do solo.

AGRADECIMENTOS

À Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo apoio financeiro e à empresa Suzano Papel e Celulose, por ceder a área experimental em sua sede.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, G. M. C.; FILHO, J. T. & FONSECA, I. C. B. Propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico após aplicação por dois anos consecutivos de lodo de esgoto. *Acta Scientiarum*, 24:1501-1505, 2002.

BEZERRA, F. B.; OLIVEIRA, M. A. C. L.; PEREZ, D. V. et al. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:469-476, 2006.

BOEIRA, R. C. & SOUZA, M. D. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio, pH e densidade de um Latossolo após três aplicações de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:581590, 2007.

BROFAS, G.; MICHOPoulos, P. & ALIFRAGIS, D. Sewage sludge as an amendment for calcareous bauxite mine spoils reclamation. *Journal of Environment Quality*, 29:811-816, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa-SPI/Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A. & DAVIDE, J. M. R. F. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. *Revista Árvore*, 31:177-185, 2007.

FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M. A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. *Plant Soil*, 231:55-63, 2001.

GALDOS, M. V.; DE MARIA, I. C. & CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:569-577, 2004.

GUEDES, C. M.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F. & MATTIAZZO, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:267-280, 2006.

GUERRINI, I. A. & TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:1069-1076, 2004.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia*, 12:54-64, 2000.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S. & GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:405-416, 2008.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A. & TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:1187-1195, 2003.



Tabela 1 – Análise química e física do solo na camada de 0-20 cm, antes da implantação do experimento.

Análise Química										
pH	M.O.	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	H+Al	CTC	V%	P _{resina}
CaCl ₂	g dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³							mg dm ⁻³	
4,4	9	4	0,43	4,3	1	5,73	23,3	29,03	18,5	4,3
Análise Física										
Areia Grossa		Areia Fina		Areia Total		Argila		Silte		Classe textural
g kg ⁻¹										
54		846		900		92		8		Arenosa

Fonte: Laboratório de Fertilidade e Física do solo da FCA/UNESP - campus de Botucatu (SP).

Tabela 2 - Caracterização química do lodo de esgoto utilizado no experimento.

N _{total}	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	Umid.	C/N
g kg ⁻¹								%
25	16,6	1,9	12,2	2,3	19,2	440	55	8
Cu	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	pH
mg kg ⁻¹								CaCl ₂
850	573	0,1	8,24	162,7	<0,1	37,8	164,4	5

Fonte: Laboratório de Fertilidade e Física do solo da FCA/UNESP - campus de Botucatu (SP).