



Acta Scientiarum. Agronomy

ISSN: 1679-9275

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Colodro, Gilberto; Espíndola, Carlos Roberto

Alterações na fertilidade de um latossolo degradado em resposta à aplicação de lodo de esgoto

Acta Scientiarum. Agronomy, vol. 28, núm. 1, enero-marzo, 2006, pp. 1-5

Universidade Estadual de Maringá

Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026568003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Alterações na fertilidade de um latossolo degradado em resposta à aplicação de lodo de esgoto

Gilberto Colodro\* e Carlos Roberto Espíndola

Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Passeio Curitiba, 321, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência: e-mail: gilbertocolodro@bol.com.br

**RESUMO.** A extração mineral e a retirada de espessas camadas de solo para obras diversas (áreas de empréstimos) costumam gerar superfícies de solos degradados, com fertilidade inferior à de um solo produtivo. O lodo de esgoto, por apresentar elevados teores de macronutrientes e de matéria orgânica, constitui uma alternativa na recuperação desses solos. Com a finalidade de se estudar os efeitos do lodo de esgoto na recuperação de um Latossolo Vermelho degradado, foi avaliada a sua fertilidade, como indicador de sua qualidade. O delineamento experimental foi definido como blocos casualizados, com 4 tratamentos e 4 repetições, sendo: testemunha, fertilizante mineral e doses de 30 e 60 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo à base seca. Para o tipo e condição do solo utilizado e dentro do período de estudo de 12 meses, pode-se afirmar que o lodo de esgoto promove um incremento na qualidade química do solo, observado pelo aumento significativo em fósforo, potássio, magnésio, matéria orgânica e CTC.

**Palavras-chave:** fertilidade do solo, degradação do solo, recuperação do solo.

## ABSTRACT. Fertility changes in a degraded latosol due to sewage sludge application.

The mineral extraction and the thick soil layers removal for several and diversified other purposes (loan areas) usually generate degraded soil surfaces with lower fertility when compared to a productive soil. The sewage sludge, which presents high concentrations of macronutrients and organic raw material, represents an alternative in the recuperation of these soils. Aiming at studying the effects of sewage sludge in a degraded dark red Latosol, its fertility was evaluated as an indicator of its quality. The experimental design was defined as randomized blocks, with 4 treatments and 4 repetitions, being as follows: attested, mineral fertilizer, 30 and 60 Mg ha<sup>-1</sup> of dry based sludge. According to the type and soil conditions studied during 12 months, it can be concluded that the sewage sludge promotes an increment in the soil chemical quality, being this fact observed by the significantly increase in phosphorus, potassium, magnesium, organic raw material and CEC.

**Key words:** soil fertility, soil degradation, soil recuperation.

## Introdução

Baixa capacidade de retenção de água e de íons constituem importante limitação à capacidade produtiva dos solos. O manejo adequado deve prever o enriquecimento e a manutenção, pelo maior tempo possível, da matéria orgânica no solo, o que pode ser conseguido com a aplicação de resíduos orgânicos e com a prática da adubação (Pereira *et al.*, 1992). Grande parte das principais áreas degradadas pela atuação antrópica decorre da inadequação das práticas de estabelecimento de mineração e de áreas remanescentes da construção de usinas hidrelétricas. Pela utilização indevida da paisagem e dos ecossistemas envolvidos, a degradação progride, alterando as características físicas, químicas e biológicas dos solos envolvidos (Melo, 1994). Em

muitos casos, essas áreas acabam sendo naturalmente recolonizadas, com a instalação de uma vegetação empobrecida e de forma lenta. Na recuperação de áreas degradadas, deve haver preocupação com o retorno delas a uma forma produtiva, tecnicamente compatível com os valores ambientais, culturais e sociais locais, de acordo com o Ibama (1990).

Na recuperação de um Latossolo Vermelho degradado, utilizando adubo verde, Alves (2000) observou melhora na qualidade do solo indicado por parâmetros físicos e químicos em um período de 4 anos, porém com uma redução no teor de matéria orgânica nos primeiros anos, vindo este a elevar-se no último ano de avaliação. Foi também observado um acréscimo nos valores de CTC do solo.

O uso de lodo de esgoto na agricultura constitui

uma alternativa viável e interessante, pois o resíduo é fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas (Ros *et al.*, 1991). O tempo de degradação da matéria orgânica contida no lodo determinará o seu efeito nas propriedades do solo. Melo *et al.* (1994) observaram um tempo de degradação muito curto da matéria orgânica do lodo de esgoto, quando comparado ao de outros materiais orgânicos. Rajj (1998) apresentou resultados do incremento de nitrogênio disponível e de fósforo no solo, pela adição de lodo de esgoto, na ordem de três vezes a quantidade máxima necessária recomendada para a maior parte das culturas de grãos para uma dosagem de 32 Mg ha<sup>-1</sup>. Este autor observou que, para essa mesma dosagem, ocorreu uma adição de 100 kg de N disponível, sendo que outros 170 kg foram inseridos na forma orgânica, contribuindo para aumentar ainda mais o N disponível ao longo do tempo.

Além disso, o uso do lodo de esgoto como fertilizante orgânico contribui para reduzir os gastos com fertilizantes, principalmente os fosfatados e nitrogenados (Carvalho e Barral, 1981). A vantagem do seu uso, em relação aos fertilizantes minerais, consiste em proporcionar, de forma contínua, a liberação de nutrientes para o solo e para o sistema radicular das árvores ao longo de vários anos, garantindo a manutenção do teor desse elemento nas folhas, com reflexo positivo na produtividade (Zabowski e Henry, 1994). A adição de lodo de esgoto em um Argissolo promoveu aumento nos teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e na CTC (Simonete *et al.*, 2003), com redução no pH, fato que também foi observado por Logan *et al.* (1997). Cabe observar que o lodo utilizado nestes estudos não sofreu calagem para redução de patógenos e que, portanto, não promoveu aumento no pH do solo, como observado por Berton *et al.* (1989) e Silva *et al.* (2001).

Tendo em vista alguns efeitos físicos positivos já observados por Colodro *et al.* (2004), na recuperação deste solo degradado, com o emprego de lodo de esgoto, no presente trabalho procurou-se estudar a influência desse resíduo nas suas propriedades químicas.

## Material e métodos

A área experimental está localizada no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, à margem direita do rio Paraná, nas coordenadas de 51° 22' de longitude a oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude sul, com altitude média de 327 m. A precipitação média anual é de 1370 mm e a temperatura média

anual de 23,5°C. A área apresenta-se degradada pela retirada, há 30 anos, de uma camada de solo de 6 m de espessura, para utilização na construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, Estado de São Paulo, totalizando 700 hectares de solo decapitado. O solo original da área de estudo era referido por Latossolo Vermelho-Escuro textura média (Demattê, 1980), passando a designar-se, pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), Latossolo Vermelho-distrófico, textura média.

Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições, totalizando 16 parcelas. Cada parcela ocupou uma área de 120 m<sup>2</sup> (12,0 m x 10,0 m), perfazendo um total de 1920 m<sup>2</sup> nas 16 parcelas. O espaçamento entre blocos foi de 7 m e a bordadura dos blocos de 10 m, com uma área total do experimento de 6923 m<sup>2</sup>. Os tratamentos foram definidos como: D<sub>0</sub> - dose de 0 Mg ha<sup>-1</sup> (Testemunha); D<sub>m</sub> - Dose mineral, sendo aplicado fertilizante mineral conforme análise de solo e a necessidade da cultura; D<sub>30</sub> – Dose de 30 Mg ha<sup>-1</sup> e D<sub>60</sub> – Dose de 60 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto, à base seca.

Para o preparo do solo, foram realizadas duas subsolagens subseqüentes, atingindo a profundidade de 0,40 m. O solo teve sua acidez corrigida pela distribuição e incorporação de calcário com grade leve, de modo a elevar sua saturação por bases a 60%. Em todas as parcelas, foi plantado eucalipto (*E. citriodora*), com espaçamento de 2,0 m x 1,5 m, totalizando 40 plantas por parcela e 640 plantas no experimento todo, e semeada gramínea Braquiária a lanço, em toda a superfície da parcela, com o objetivo de promover a absorção do excesso de nitrato promovido pela adição de altas dosagens de lodo de esgoto, além de contribuir com o aumento de matéria orgânica no solo. Não foi realizado nenhum corte na gramínea.

As amostras de lodo foram obtidas na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) da Saneear-Saneamento de Araçatuba S/A, no município de Araçatuba, Estado de São Paulo. O tratamento lá produzido é do tipo aeração prolongada, mediante oxigenação por equipamento eletromecânico, por 18 a 24 horas, com tempo de residência de 30 a 40 dias. Após a aeração, o efluente é desaguado por centrifuga, reduzindo sua umidade para um valor em torno de 80%.

Foi avaliada a fertilidade do solo a partir de amostras compostas de 5 amostras simples por parcela, nas 4 camadas estudadas: de 0,00 a 0,05 m, 0,05 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e de 0,20 a 0,40 m, coletadas em fevereiro de 2004, 12 meses após a

instalação do experimento. No laboratório, foram efetuadas as seguintes avaliações químicas: fósforo-resina ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3}$ ), índice de acidez ( $\text{pH CaCl}_2$ ), potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial ( $\text{H+Al}$ ) e alumínio ( $\text{Al}$ ), na unidade de  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , de acordo com os métodos descritos em Raji e Quaggio (1983).

Os dados foram processados estatisticamente pela análise de variância e contraste de médias entre os tratamentos, empregando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

### Composição do lodo de esgoto

A composição do lodo de esgoto (Tabela 1) foi determinada pelo Instituto Agronômico de Campinas – IAC, Estado de São Paulo. Os teores de componentes observados no lodo analisado revelaram valores bem inferiores aos limites estabelecidos pelas principais agências de fiscalização ambiental, em razão de ser oriundo de esgoto predominantemente doméstico, portanto adequado ao uso agrícola quanto aos atributos químicos.

**Tabela 1.** Composição do lodo de esgoto utilizado e limites máximos permitidos.

Característica <sup>(1)</sup>	Unidade <sup>(2)</sup>	Teor	Cetesb	IAP	USEPA
pH (in natura)		7,1			
Umidade	% $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	65,7			
Sólidos voláteis	% $\text{m m}^{-1}$	71,5			
Carbono orgânico	$\text{mg kg}^{-1}$	406059			
Nitrogênio amoniacal	$\text{mg kg}^{-1}$	8875			
Nitrogênio nitrato-nitrito	$\text{mg kg}^{-1}$	105,7			
Nitrogênio total	$\text{mg kg}^{-1}$	57054			
Alumínio	$\text{mg kg}^{-1}$	4968			
Arsênio	$\text{mg kg}^{-1}$	ND	75	-	41
Boro	$\text{mg kg}^{-1}$	10,7			
Cádmio	$\text{mg kg}^{-1}$	1,6	85	20	39
Cálcio	$\text{mg kg}^{-1}$	3894			
Chumbo	$\text{mg kg}^{-1}$	28,7	840	750	300
Cobre	$\text{mg kg}^{-1}$	159,8	4300	1000	1500
Cromo total	$\text{mg kg}^{-1}$	20,4	-	1000	1200
Enxofre	$\text{mg kg}^{-1}$	3512			
Ferro	$\text{mg kg}^{-1}$	7385			
Fósforo	$\text{mg kg}^{-1}$	12238			
Magnésio	$\text{mg kg}^{-1}$	3290			
Manganês	$\text{mg kg}^{-1}$	77,8			
Mercurício	$\text{mg kg}^{-1}$	ND	57	16	17
Molibdênio	$\text{mg kg}^{-1}$	ND	75	-	18
Níquel	$\text{mg kg}^{-1}$	18,1	420	300	420
Potássio	$\text{mg kg}^{-1}$	6957			
Selênio	$\text{mg kg}^{-1}$	ND	100	-	36
Sódio	$\text{mg kg}^{-1}$	1255			
Zinco	$\text{mg kg}^{-1}$	474,4	7500	2500	2800

<sup>(1)</sup>Método empregado para metais SW3051, EPA-USA, determinação por ICP-AES.

<sup>(2)</sup>Todos os valores de concentração são dados com base na matéria seca. Cetesb – Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (1999). IAP – Instituto Ambiental do Paraná (PR). US-EPA – Norma 40 CFR Part 503 (1993) com limites para lodo de qualidade excepcional. ND – Não-detectado.

O solo/substrato degradado (decapitado) mostrou baixos valores dos principais elementos nutrientes e

pH baixo, revelando um baixo grau de fertilidade (Tabela 2). Os baixos teores de nutrientes e, principalmente, de matéria orgânica constituem a principal razão pela incapacidade de esse substrato sustentar qualquer cultura, a julgar pela sua não-revegetação natural ao longo de 32 anos após a remoção do solo original.

**Tabela 2.** Características químicas do subsolo em estudo.

Camada m	P resina $\text{mg dm}^{-3}$	Mat. Org. $\text{g dm}^{-3}$	pH $\text{CaCl}_2$	K $\text{CaCl}_2$	Ca $\text{mmol dm}^{-3}$	Mg $\text{mmol dm}^{-3}$	H+Al $\text{mmol dm}^{-3}$	Al $\text{mmol dm}^{-3}$	SB	CTC	V %
0,00–0,05	1	5	4,5	0,6	4	2	15	1	6,6	21,6	31
0,05–0,10	1	4	4,6	0,1	4	2	15	1	6,1	21,1	29
0,10–0,20	2	3	4,7	0,1	4	2	15	1	6,1	21,1	29
0,20–0,40	2	3	4,5	0,1	3	2	15	1	5,1	20,1	25

As avaliações de P, MO, pH, K, Ca, Mg, CTC e V% encontram-se na Tabela 3.

Em todos os tratamentos, o teor de fósforo apresentou-se superior ao da testemunha, sendo mais evidente na camada de 0,00 a 0,05 m. Os maiores valores ocorreram nos tratamentos com lodo de esgoto, que podem ser considerados altos de acordo com Raji *et al.* (1997). O aumento significativo do fósforo no solo se deve à contribuição desse elemento com a adição do lodo de esgoto, uma vez, que nas doses de 30 e 60  $\text{Mg ha}^{-1}$ , foram adicionados cerca de 840 e 1680  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , respectivamente. Tendo em vista o seu elevado teor de matéria orgânica, o lodo reduz a fixação do fósforo por óxidos de ferro, pois os radicais orgânicos competem pelos sítios de absorção do P.

Na prática, apenas 5% a 20% de fósforo adicionados ao solo, como fertilizante mineral, são absorvidos pelas plantas; o restante é arrastado ou adsorvido ao solo (Malavolta, 1980). Além disso, 70% do fósforo adicionado como lodo de esgoto estarão disponíveis às plantas no primeiro ano de aplicação (Raji *et al.*, 1997). Assim, é de se esperar um incremento de 252 e 504  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para doses de 30 e 60  $\text{Mg ha}^{-1}$ . De fato, neste estudo, foi observado um teor de  $\text{P}_2\text{O}_5$  no solo, para a dose máxima de lodo utilizada, superior em 3,3 vezes ao do fertilizante mineral. Considerando ainda um restante de 30% de fósforo a ser mineralizado, devido ao resíduo de lodo remanescente do primeiro ano, tem-se, então, um total de 252 e 504  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  a serem acrescentados aos teores já existentes, nos tratamentos com doses de lodo de 30 e 60  $\text{Mg ha}^{-1}$ , respectivamente. Em profundidade, observa-se um maior teor do fósforo na camada de 0,00 a 0,10 m para todos os tratamentos, tendo em vista a sua relativa imobilidade no solo.

A adição do lodo de esgoto promoveu um aumento na matéria orgânica do solo, não tendo sido

observada diferença entre as duas doses utilizadas. Os valores para as parcelas com lodo foram superiores em 66% aos da testemunha; no entanto ainda são valores baixos quando se compara à condição natural desse solo, que deveria estar com 16 a 30 g dm<sup>-3</sup>, segundo Raij *et al.* (1997). Conquanto esses valores apresentem-se abaixo dos níveis adequados, pode-se observar que houve um importante incremento desse material para o solo em estudo. A diferença obtida em relação à testemunha evidencia o efeito desse resíduo. O aumento no teor de matéria orgânica com a adição de lodo foi superior ao observado por Alves (2000), na recuperação de uma área adjacente, utilizando adubação verde. Essa autora observou uma redução no teor de matéria orgânica de 7,0 para 5,30 mg dm<sup>-3</sup> em cinco anos de estudo, tendo atingido um valor duas vezes menor do que o obtido no presente estudo, em apenas um ano, para a maior dose de lodo utilizada (10,0 mg dm<sup>-3</sup>).

**Tabela 3.** Médias e probabilidades de F dos parâmetros determinados nas análises das características químicas do solo em função das doses utilizadas e dentro do perfil do solo estudado.

Causa da variação Prof(m)	P mgdm <sup>-3</sup>	MO gdm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	CTC	V %
0,05	D60	173a	10a	5,6	2,9a	13a	14a	44,9a
	D30	81b	10a	5,5	0,5b	10b	11b	34,5b
	DM	52c	4c	5,8	0,6b	13a	5d	31,1bc
	D0	1d	6b	6,0	0,4b	9b	8c	28,7c
0,10	D60	93a	9a	5,1	0,6a	7b	7ab	32,1a
	D30	50b	6b	5,1	0,3ab	6ab	6bc	28,3a
	DM	27c	3c	5,7	0,3ab	6ab	5c	22,3b
	D0	1d	6b	6,0	0,2b	9a	8a	28,4a
0,20	D60	31a	5a	5,0	0,5a	5b	5ab	26,3a
	D30	8b	3a	5,0	0,1b	4b	4b	20,6b
	DM	5b	3a	5,6	0,3ab	6ab	5ab	22,2ab
	D0	1b	4a	5,9	0,2b	7a	6a	24,9ab
0,40	D60	10a	3a	4,7	0,3a	4ab	5a	23,3a
	D30	3a	2a	4,7	0,1a	2b	2b	17,4b
	DM	2a	3a	5,2	0,2a	5a	4a	22,1ab
	D0	1a	1a	4,9	0,2a	4ab	3ab	20,2ab
ProbF(%)	Dose	0,001**	0,001**	ns	0,001**	0,046**	0,001**	0,001**
	Dose Prof	0,001**	0,007**	ns	0,001**	0,009**	0,001**	0,004**
CV(%)		13,6	28,4	9,0	33,7	19,4	18,3	10,7
								12,1

\* e \*\*:significativo a 5 e 1%, respectivamente; (ns) não-significativo. Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada parâmetro, não diferem entre si pelo teste de Tukeya 5%.

Quanto ao pH, não foi observado efeito da adição do lodo e nem do fertilizante, demonstrando que a correção da acidez realizada antes da instalação do experimento foi suficiente para manter o pH em níveis adequados para as culturas instaladas, o que não concorda com os dados de Logan *et al.* (1997) e Simonete *et al.* (2003), que observaram redução no pH do solo com a adição de lodo de esgoto. Cabe

observar que o lodo utilizado neste estudo não sofreu calagem para redução de patógenos e que, portanto, não promoveu aumento no pH do solo, como observado por Berton *et al.* (1989) e Silva *et al.* (2001).

O lodo de esgoto na dose de 60 Mg ha<sup>-1</sup> promoveu, para cada camada, aumento significativo nos teores de K, Ca e Mg tanto para o Ca quanto para o Mg, os valores observados podem ser considerados altos segundo Raij *et al.* (1997), porém para o K o teor observado é baixo. Isso se deve aos seus baixos teores na composição do lodo (Tabela 1), pelo fato de esse elemento se encontrar na forma predominantemente iônica nas águas residuárias; durante o tratamento do lodo em estações de tratamento, ele tende a ficar em solução (Tsutiya, 2001). Apesar disso, a quantidade adicionada para as duas doses em estudo aumentaram cerca de 251 e 502 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente, valores esses bem elevados em relação à recomendação máxima desse nutriente para o solo em estudo, de textura média, sendo de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, de acordo com Raij *et al.* (1997). Por outro lado, Buol *et al.* (1975) sugeriram um nível de 40 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> como limite para baixa capacidade de troca catiônica. Mesmo considerando esse último valor, a dose máxima de lodo no presente estudo foi superior, podendo evidenciar seu efeito positivo na qualidade do solo. A elevada CTC permite um maior armazenamento de elementos catiônicos, sendo esse um importante parâmetro na avaliação da recuperação de um solo degradado. Os elevados teores de matéria orgânica contida no lodo de esgoto contribuem para esse aumento na CTC, sendo isso observado por Melo *et al.* (1994) que utilizaram dose de 32 Mg ha<sup>-1</sup>, e também Simonete *et al.* (2003), em estudo com doses crescentes. O impacto na qualidade do solo, indicado pela CTC, com a adição de lodo, pode ser evidenciada pelo acréscimo de 28,7 para 44,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> no período de um ano de observação. Alves (2000), em área próxima, observou uma elevação de 23,2 para 29,19 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> em um período de avaliação de 6 anos, utilizando adubo verde. Não se observou, entretanto, efeito dos tratamentos sobre a saturação por bases do solo.

Mencione-se ainda o desenvolvimento vertiginoso das plantas de eucalipto nas parcelas de aplicação de lodo, em contraste com as parcelas desprovidas da aplicação, ainda que submetidas à fertilização mineral e à incorporação.

## Conclusão

Para o tipo e a condição do substrato utilizado, dentro do período de estudo de 12 meses, o lodo de esgoto promoveu um incremento na qualidade do solo em recuperação, no que diz respeito ao aumento significativo nas suas principais características químicas, como o fósforo, o potássio, o magnésio, a matéria orgânica e a CTC. A eventual continuação de aplicação do resíduo afigura-se como medida de recuperação da área degradada como um todo.

## Referências

- ALVES, M.C. *Recuperação de um subsolo utilizado para terraplenagem e fundação da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, SP.* 2000. Tese (Livre Docência)-Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.
- BERTON, R.S. et al. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 13, p. 187-192, 1989.
- BUOL, S.W. et al. Soil fertility capability classification: a technical soil classification for fertility management. In: *Soil management in tropical america*, Raleigh: North Carolina State University, p. 25-45, 1975.
- CARVALHO, P.C.T.; BARRAL, M.F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. *Fertilizantes*, Piracicaba, v. 3, p. 1-4, 1981.
- COLODRO, G. et al. Recuperação da estrutura de um Latossolo Vermelho, degradado, tratado com lodo de esgoto. In: *REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA*, 15., 2004, Santa Maria: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2004. Anais... Santa Maria, 2004.
- CETESB-Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Aplicação de lodos de sistemas de tratamentos biológicos em áreas agrícolas – critérios para projeto e operação – manual técnico, 1999.
- DEMATTÉ, J.L.I. Levantamento detalhado dos solos do “campus” experimental de Ilha Solteira. Piracicaba: Esalq, 1980.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1999.
- IBAMA-INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de vegetação*, Brasília, 1990.
- LOGAN, T.J. et al. Field assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. *J. Environ. Qual.*, Madison, v. 26, p. 534-550, 1997.
- MALAVOLTA, E. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980.
- MELO, E.F.R.Q. Alterações nas características químicas do solo de uma área degradada em recuperação. In: BALENSIEFER, M. et al. (Ed.). *SIMPÓSIO SUL AMERICANO E II SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADA*. 1., 1994. Curitiba. Anais... Curitiba: FUPEF, 1994. p. 371-381.
- MELO, W.J. et al. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 18, p. 445-449, 1994.
- PEREIRA, J. et al. Adubos verdes e sua utilização no Cerrado. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO*, 1992. Goiânia. Anais... Goiânia: Fundação Cargill, 1992. p. 140.
- RAIJ, B. Van. Uso Agrícola de Biossólidos. In: *SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL*, 1., 1998. Curitiba. Anais... Curitiba, 1998. p. 147-151.
- RAIJ, B. Van, et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 285 p. (Boletim Técnico, 100), 1997.
- RAIJ, B. Van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agronômico, Boletim Técnico, v. 81, n. 31 p. 1983.
- ROS, C.O. et al. Lodo de esgoto: efeito imediato no milheto e residual na associação aveia-ervilhaca. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 17, p. 257-261, 1991.
- SILVA, F.C. et al. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 5, p. 45-62, 2001.
- SIMONETE, M.A. et al. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 38, n. 0, 2003.
- TSUTIYA, M.T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: TSUTIYA, M.T. et al. (Ed.). *Biossólidos na agricultura*. 1. ed. São Paulo: Sapesp, p. 89-131, 2001.
- ZABOWSKI D.; HENRY C.L. Soil and foliar nitrogen after fertiliser treatment of *Pinus ponderosa*. *N. Z. J. For. Sci.*, Rotorua, v. 24, n. 2-3, p. 333-343, 1994.

Received on April 06, 2005.

Accepted on December 12, 2005.