

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO ADUBADO COM LODO DE ESGOTO ESTABILIZADO POR DIFERENTES PROCESSOS E CULTIVADO COM GIRASSOL

SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE STABILIZED BY DIFFERENT PROCESSES AND CULTIVATED WITH SUNFLOWER

**Altina Lacerda NASCIMENTO¹; Regynaldo Arruda SAMPAIO²;
Geraldo Ribeiro ZUBA JUNIO³; Luiz Arnaldo FERNANDES²;
Suely Ferreira da CRUZ⁴; João Paulo CARNEIRO⁴; Cristiane Francisca BARBOSA⁴;
Natália Nunes de LIMA⁴**

1. Doutoranda em solos e nutrição de plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, SP, Brasil. altinalacerda@usp.br; 2. Professor do Instituto de Ciências Agrárias - ICA, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil; 3. Mestre em Ciências Agrárias - ICA – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil; 4. Acadêmico do curso de Agronomia – ICA – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos do solo em resposta a adubação com lodo de esgoto submetido a diferentes processos de estabilização. O experimento foi desenvolvido em solo CAMBISSOLO HÁPLICO, com os tratamentos: testemunha (sem adubação), adubação com lodo de esgoto solarizado, adubação com lodo de esgoto compostado, adubação com lodo de esgoto vermicompostado, adubação com lodo de esgoto caleado e adubação química recomendada para a cultura. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com 4 repetições. O lodo de esgoto estabilizado de diferentes formas não influenciou os teores de matéria orgânica, o pH, a soma de bases (SB), a saturação por bases (V), a CTC efetiva ($CTC_{(0)}$), a CTC potencial ($CTC_{(T)}$) e os teores de H+Al do solo quando comparado à adubação química e ao tratamento sem adubação, exceto o lodo de esgoto caleado, que aumentou o pH, a SB, a V e a $CTC_{(0)}$ do solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus*. Biossólido. Compostagem. Vermicompostagem. Lodo caleado.

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é o resíduo sólido do tratamento das águas servidas, sejam elas de origem doméstica, industrial ou agroindustrial. Sua produção tende a aumentar em função do crescimento populacional e industrial e do aumento da conscientização em relação à necessidade de despoluição ambiental (MELO et al., 1994). A aplicação deste resíduo em terras agrícolas tem-se tornado cada vez mais atraente, pelos altos custos e impactos ambientais relacionados com os demais métodos de disposição, pela presença de nutrientes e matéria orgânica, e pela necessidade de redução de custos na agricultura (GALDOS et al., 2004). Às vantagens agronômicas e econômicas da aplicação desse resíduo nas lavouras soma-se ainda um importante aspecto da sustentabilidade ambiental representado pela contribuição dessa reciclagem para a preservação das jazidas que fornecem os minérios utilizados na fabricação dos adubos químicos (DYNIA et al., 2006).

O alto conteúdo de matéria orgânica faz do lodo de esgoto um resíduo com enorme potencial para utilização agrícola, principalmente considerando sua aplicação em regiões tropicais,

cujos solos apresentam-se geralmente em estágio avançado de intemperismo, com predomínio na fração argila de óxidos de ferro e alumínio e caulinita que possuem baixa capacidade de troca catiônica. Assim, a aplicação de lodo de esgoto pode resultar em aumentos nos teores de matéria orgânica e na CTC do solo (NASCIMENTO et al., 2004; GALDOS et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2006; BAYER; MIELNICZUC, 2008; CHIBA et al., 2008). Por outro lado, as boas condições de degradação da matéria orgânica presentes em regiões tropicais, como no Brasil, fazem com que a presença da matéria orgânica no solo seja temporária e, por isso, em alguns trabalhos não são verificados aumentos dos seus teores em razão da aplicação do resíduo (MELO et al., 1994).

O decréscimo do pH de solos tratados com lodo de esgoto foi constatado por CALDEIRA JÚNIOR et al. (2009), sendo atribuído a presença de substâncias ácidas no resíduo e ao processo de nitrificação. Por outro lado, o aumento do pH do solo devido à aplicação do lodo de esgoto observado em alguns trabalhos (OLIVEIRA et al. 2002; ROCHA et al. 2004; NASCIMENTO et al., 2004; CHUEIRI et al., 2007; KIDD et al., 2007) resulta da alcalinidade dos materiais utilizados no processo de

eliminação de patógenos e estabilização do lodo, como a cal virgem (CaO) e a cal hidratada (Ca(OH)₂).

Apesar dos benefícios da aplicação desse resíduo, a presença de metais pesados, orgânicos persistentes e microrganismos patogênicos podem inviabilizar seu uso agrícola, sendo necessária a estabilização do resíduo antes da aplicação no solo. De acordo com Bueno et al. (2011), os resultados da aplicação do lodo de esgoto no solo podem variar não apenas de acordo com a origem do lodo de esgoto e quantidade aplicada, mas também com o tipo de tratamento do resíduo. Considerando que as diversas formas de estabilização do lodo de esgoto promovem alterações em sua composição, podendo

dessa forma alterar os resultados das pesquisas, esse trabalho teve como objetivo avaliar os atributos químicos do solo adubado com lodo de esgoto submetido a diferentes processos de estabilização e cultivado com girassol.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de julho a novembro de 2010 no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado em Montes Claros - MG, latitude 16°51'38"S e longitude 44°55'00"W, em solo CAMBISSOLO HÁPLICO, cujas características químicas e físicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo da área experimental.

Atributos ¹	0-20 cm	20-40 cm
pH em água	5,80	5,50
P remanescente (mg L ⁻¹)	16,70	14,40
P Mehlich1 (mg kg ⁻¹)	3,50	1,90
K (mg kg ⁻¹)	229,00	117,00
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,60	2,80
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,50	0,80
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,20	0,76
H + AL (cmol _c dm ⁻³)	3,62	3,62
Soma de Bases (cmol _c dm ⁻³)	5,69	3,90
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	5,89	4,66
Saturação por alumínio (%)	3,00	16,00
CTC potencial (cmol _c dm ⁻³)	9,31	7,52
Saturação por bases (%)	61,00	52,00
Matéria orgânica (dag kg ⁻¹)	3,39	2,50
Areia grossa (dag kg ⁻¹)	5,60	4,30
Areia fina (dag kg ⁻¹)	14,40	21,70
Silte (dag kg ⁻¹)	38,00	36,00
Argila (dag kg ⁻¹)	42,00	38,00

¹ EMBRAPA (1997).

Utilizou-se o delineamento estatístico de blocos casualizados, com 6 tratamentos e 4 repetições, sendo um tratamento químico (20 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, no plantio e 40 kg ha⁻¹ de N, 45 dias após emergência), de acordo com as Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG, 1999),

utilizando-se como fontes de N, P e K respectivamente, ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, quatro tratamentos com lodo de esgoto estabilizado de diferentes formas, aplicados com base nos teores de nitrogênio disponível, calculados de acordo com metodologias e fórmulas descritas na Resolução CONAMA 375, de agosto de 2006 (BRASIL, 2006), assim definidos: solarizado (6,12 t ha⁻¹), compostado (37,27 t ha⁻¹),

vermicompostado (19,17 t ha⁻¹) e caleado (50,42 t ha⁻¹), e um tratamento que não recebeu qualquer forma de adubação. Como planta indicadora, utilizou-se o híbrido simples de girassol Helio 863.

O lodo de esgoto solarizado foi coletado na estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Juramento – MG. A ETE possui linha de tratamento composta de tratamento preliminar e de reator anaeróbio UASB interligado em série a uma lagoa de pós-tratamento do tipo facultativa e tratamento do lodo de esgoto por meio do processo de solarização em leito de secagem. Para a compostagem misturou-se o lodo de esgoto solarizado à poda de grama, cuja espécie predominante era *Paspalum notatum* (gramabatais), de forma a se obter uma relação C:N de

30:1. Constantemente, foram monitoradas a temperatura e a umidade e, para controle desses fatores, efetuou-se revolvimentos sistemáticos das pilhas de composto.

Para a obtenção do vermicomposto, fez-se um pré-composto de lodo de esgoto, misturado à poda de grama, utilizado após um mês do início do processo de decomposição como substrato para a vermicompostagem com minhocas vermelhas da Califórnia (*Eisenia foetida*). O lodo de esgoto caleado foi obtido pela adição de cal virgem, em quantidade correspondente a 50% da massa seca de lodo de esgoto. Após a mistura, elevou-se a umidade dos materiais a 70%. As características dos materiais contendo lodo de esgoto são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas¹ do lodo de esgoto solarizado, compostado, vermicompostado e caleado utilizados no experimento.

Forma de estabilização	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
	-----dag kg ⁻¹ -----					
Solarização	2,71 (60)	0,73 (45)	0,34 (21)	0,65 (40)	0,20 (12)	1,61 (99)
Compostagem	1,45 (60)	0,64 (239)	0,34 (126)	0,71 (265)	0,15 (56)	1,28 (477)
Vermicompostagem	1,39 (60)	0,68 (132)	0,48 (92)	0,49 (94)	0,15 (29)	0,92 (176)
Caleação	0,83 (60)	0,66 (335)	0,53 (267)	10,93 (5.511)	0,23 (116)	1,24 (625)

¹ Metodologias preconizadas por Tedesco et al. (1995). Os valores entre parênteses correspondem às quantidades aplicadas em kg ha⁻¹. Para o N as quantidades aplicadas foram baseadas nos teores de N disponíveis.

As adubações referentes aos tratamentos com lodo de esgoto foram realizadas de uma única vez, no sulco de plantio. As parcelas experimentais constituíram-se de quatro linhas de 3,60 m de comprimentos, espaçadas em 0,80 m, sendo a parcela útil as duas linhas centrais, desprezando-se 0,4 m de cada extremidade. O semeio foi realizado em sulcos, colocando-se três sementes por cova a uma distância de 0,20 m entre plantas. Quinze dias após a emergência, fez-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por cova. Manteve-se a área de cultivo sem a presença de plantas daninhas, por meio de capina manual e fez-se o fornecimento de água à cultura, por meio de irrigação por aspersão.

Quando o girassol apresentava-se na fase (R9), cujos capítulos encontravam-se voltados para baixo, realizou-se a colheita. Após a colheita, coletou-se entre plantas, na linha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, 8 sub-amostras de solo por parcela para formarem amostras compostas para análises de matéria orgânica, pH, soma de bases (SB), CTC efetiva (CTC(t)), CTC potencial

(CTC(T)), saturação por bases (V) e H+Al (EMBRAPA, 1997)

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas até 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar do lodo de esgoto ser rico em matéria orgânica, a sua aplicação não influenciou os teores dessa variável no solo para nenhum dos tratamentos (Tabela 3).

De acordo com Bayer e Mielniczuc (2008), as temperaturas mais elevadas das regiões tropicais resultam em elevações das taxas dos processos químicos e bioquímicos, com consequente aceleração no processo de mineralização da matéria orgânica, situação que se amplia em solos submetidos ao uso agrícola. Assim, efeitos da aplicação do lodo de esgoto sobre os teores de matéria orgânica do solo têm sido observados com aplicações sucessivas do resíduo, conforme relatado

por Bueno et al. (2011) após 7 anos de aplicação de lodo de esgoto ao solo. Melo et al. (1994) constataram efeitos significativos, porém temporários, sobre os teores de matéria orgânica do solo, quando aplicadas doses de até 32 t ha⁻¹ de lodo de esgoto. Segundo esses autores, o tempo de residência do carbono orgânico adicionado ao solo via lodo de esgoto é muito curto. Por outro lado, Barbosa et al. (2007), mesmo após o segundo

cultivo de milho, constataram efeito residual da aplicação de lodo de esgoto sobre os teores de carbono do solo em doses de até 36 t ha⁻¹. Aumentos nos teores de carbono orgânico no solo, em razão da aplicação de lodo de esgoto, foram também observados por Chiba, Mattiazzo e Oliveira (2008), Galdos, Maria e Camargo (2004) e Nascimento et al. (2004).

Tabela 3. Atributos do solo em resposta à aplicação de fertilizante mineral e lodo de esgoto tratado de diferentes formas

Atributo	Prof. (cm)	TRATAMENTOS						CV (%)
		TE	LS	LCO	LV	LCA	AQ	
MO (dag kg ⁻¹)	0-20 ^{ns}	2,30	2,50	2,50	2,50	2,60	2,60	10,24
	20-40 ^{ns}	1,65	1,68	1,65	1,58	1,58	1,73	14,29
pH	0-20	6,48 b	6,18 b	6,45 b	6,40 b	7,85 a	5,85 b	4,81
	20-40	5,97 b	5,92 b	5,55 b	5,82 b	6,93 a	5,55 b	7,60
SB (cmol _c dm ⁻³)	0-20	4,94 b	5,60 b	5,53 b	5,34 b	11,08 a	4,47 b	15,81
	20-40	2,54 b	3,99 b	2,38 b	2,80 b	6,44 a	2,41 b	22,50
CTC _(t) (cmol _c dm ⁻³)	0-20	4,94 b	5,67 b	5,53 b	5,34 b	11,08 a	4,60 b	15,37
	20-40 ^{ns}	3,66	4,81	3,46	3,78	6,44	3,91	31,86
CTC _(T) (cmol _c dm ⁻³)	0-20 ^{ns}	7,09	7,62	7,93	7,81	11,91	7,57	16,72
	20-40 ^{ns}	6,34	7,87	6,92	6,27	8,63	6,33	31,86
V (%)	0-20	70,25 b	75,75 b	69,75 b	68,00 b	94,25 a	60,00 b	14,20
	20-40	40,20 b	53,00 b	34,80 b	44,20 b	75,20 a	40,50 b	28,33
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	0-20 ^{ns}	2,14	2,02	2,40	2,48	0,82	3,10	48,78
	20-40 ^{ns}	3,80	3,88	4,54	3,47	2,19	3,92	40,75

Notas: TE – testemunha; LS – lodo de esgoto solarizado; LCO – lodo de esgoto compostado; LV – lodo de esgoto vermicompostado; LCA – lodo de esgoto caçado; AQ – adubação química. ^{ns} – Não significativo.

Para cada nutriente, médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott.

Conforme esperado, em razão da adição de cal virgem, a aplicação de lodo de esgoto caçado promoveu aumento significativo no pH do solo, resultando estatisticamente em valores superiores aos demais tratamentos, atingindo, inclusive, classificação agrônômica muito alta, de acordo com Alvarez et al. (1999b). O aumento no pH do solo pela adição de lodo de esgoto alcalinizado foi também observado por Chueiri et al. (2007), Kidd et al. (2007) e Oliveira et al. (2002). Marin et al. (2010) analisaram as curvas de pH de três tipos de solo para determinação das taxas de aplicação máxima anual de lodo de esgoto higienizado pelo processo de estabilização alcalina, com adição de cal na proporção de 50% de sólidos totais e constataram que, para solo Cambissolo Háptico, o valor limite da taxa de aplicação para manter o pH do solo em faixa adequada para desenvolvimento

das culturas, foi de 31 t ha⁻¹. Considerando os teores de N disponível no lodo caçado e as exigências de N da cultura, no presente experimento, foram aplicadas 50,42 t ha⁻¹ de lodo de esgoto caçado. Segundo Fia, Matos e Aguirre (2005), em razão das alterações que proporciona no pH do solo, recomenda-se a utilização do lodo de esgoto caçado como corretivo de acidez do solo, e não como adubo orgânico.

O valor do pH do solo antes da instalação do experimento era de 5,8, classificado agronomicamente como bom (ALVAREZ et al., 1999b) e, após o cultivo, nos tratamentos testemunha, lodo de esgoto solarizado, lodo de esgoto compostado e lodo de esgoto vermicompostado, ocorreu um ligeiro aumento atingindo valores médios de 6,4, cuja classificação agrônômica é alto. Esses resultados contradizem os

observados na literatura, em que a aplicação de lodo de esgoto não alcalinizado promove a redução do pH do solo (ANTOLÍN et al., 2005; BUENO et al., 2011; GALDOS; MARIA; CAMARGO, 2004; NASCIMENTO et al., 2004; SIMONETE et al., 2003). Entretanto, no presente experimento utilizou-se irrigação com água calcária (pH: 7,6; condutividade elétrica: 468 us/cm e dureza total em CaCO₃: 222 mg/L), cujas elevadas concentrações de CO₃²⁻ e HCO₃⁻ promovem aumentos no pH do solo. O aumento do pH em parcelas que não receberam qualquer forma de adubação em experimentos irrigados na região foi também observado por Nogueira et al. (2006). No tratamento químico, observa-se que, apesar da irrigação com água calcária, o pH manteve-se nos níveis iniciais, o que pode ser atribuído à acidificação provocada pela adubação nitrogenada (BOUMAN et al., 1995; PRIMAVESI et al., 2005; RODRIGUEZ; GODEAS; LAVADO, 2008).

Tendo como base a composição química dos materiais contendo lodo de esgoto (Tabela 2) e as doses aplicadas, foram adicionadas ao solo, com os tratamentos testemunha, lodo de esgoto solarizado, lodo de esgoto compostado, lodo de esgoto vermicompostado e lodo de esgoto caleado quantidades respectivas de 0; 17; 104; 76 e 222 kg ha⁻¹ de K, 40; 265; 94 e 5.511 kg ha⁻¹ de Ca, e 12; 56; 29 e 116 kg ha⁻¹ de Mg. Considerando que a SB e a V% são diretamente relacionadas à presença desses elementos no solo, observa-se que a maior adição de Ca, Mg e K no tratamento com lodo de esgoto caleado resultou em maiores valores de SB e V%, nas duas profundidades avaliadas (Tabela 3). Não foram constatadas diferenças estatísticas entre os demais tratamentos. O aumento da SB e da V%, em razão da aplicação de lodo de esgoto caleado, foi também observado por Guedes et al. (2006) e Nogueira et al. (2006) e é resultado da grande quantidade de Ca adicionada ao lodo de esgoto durante o processo de caleação.

Como relatado anteriormente, a adição de CaO no processo de estabilização do lodo de esgoto resulta em um material com elevado poder de correção da acidez e a aplicação do lodo de esgoto caleado resultou em aumentos no pH do solo. Com o aumento do pH, ocorre a precipitação do alumínio e neutralização do H⁺, resultando em maior exposição das cargas negativas do solo. Assim, a CTC₍₀₎ foi maior, com a aplicação de lodo de esgoto caleado, quando comparada aos outros tratamentos na camada de 0-20 cm (Tabela 3). Entretanto, de 20-40 cm, não foram constatadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Nogueira et al. (2006), trabalhando em Cambissolo Háplico e com lodo de

esgoto tratado de diferentes formas, constataram que solos que receberam lodo de esgoto caleado apresentam maior CTC(t).

Contrário ao observado para a CTC(t), não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos nas profundidades avaliadas com relação à CTC(T). Considerando que a CTC(T) reflete a capacidade do solo em reter cátions a pH 7 e que, no tratamento com lodo de esgoto caleado, o solo já se encontrava nessa faixa de pH, praticamente não houve aumento dessa variável, quando comparada à CTC(t), enquanto, nos demais tratamentos, cujo pH médio era de 6,3, a elevação do pH a 7, para a determinação da CTC(T), promoveu liberação das cargas negativas do solo ocupadas pelo H⁺ e Al³⁺, o que expôs uma quantidade de cargas negativas que atingiu valores estatisticamente semelhantes ao observado no tratamento com lodo de esgoto caleado. Além de, na avaliação da CTC(T), os tratamentos encontrarem-se em pH equivalentes, os teores de matéria orgânica não foram alterados e os tratamentos não têm influência sobre a mineralogia do solo, que, sendo os principais responsáveis pelo desenvolvimento das cargas negativas do solo, poderiam alterar a CTC(T) entre os tratamentos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Por outro lado, quando considerada a classificação agrônômica proposta por Alvarez *et al.* (1999b), a aplicação de lodo de esgoto caleado resultou em valores de CTC(T), nas duas camadas avaliadas, classificados como bons (8,61-15,00 cmol_c dm⁻³), enquanto nos demais tratamentos os valores de CTC(T) foram classificados como médios (4,31-8,61 cmol_c dm⁻³). Nogueira et al. (2006) verificaram que a aplicação de lodo de esgoto caleado promove aumentos na CTC(T), quando comparados a outras formas de estabilização do lodo.

À exemplo do observado para CTC(T), não foram constatadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para os teores de H+Al no solo (Tabela 3). Entretanto, com base em Alvarez et al. (1999b), ocorreram alterações na classificação agrônômica da variável com os tratamentos aplicados. No tratamento com lodo de esgoto caleado, na profundidade de 0-20 cm, os teores são classificados como muito baixos (< 1,0 cmol_c dm⁻³), nos demais tratamentos são classificados como baixos (1,01-2,50 cmol_c dm⁻³) e médios (2,51-5,00 cmol_c dm⁻³). Resultado semelhante foi observado na camada de 20-40, onde o teor com a aplicação de lodo de esgoto caleado foi classificado como baixo e nos demais tratamentos, como médio. Esses resultados refletem a capacidade de correção da acidez do solo

pelo lodo de esgoto caledado. Guedes et al. (2006) avaliaram o efeito da aplicação de doses de até 160 t ha⁻¹ de lodo de esgoto caledado e observaram redução nos teores de H+Al, com o aumento da dose do resíduo.

CONCLUSÕES

Os teores de MO, a CTC(T) e o H+Al do solo não foram influenciados pelas diferentes formas de estabilização do lodo de esgoto.

O lodo de esgoto caledado, aplicado com base nos teores de N disponível e nas exigências da cultura, aumenta a SB, a V% e a CTC(t) do solo, e eleva o pH acima dos níveis considerados adequados para o desenvolvimento das plantas.

O lodo de esgoto solarizado, o compostado e o vermicompostado, aplicados em doses suficientes para suprir a demanda de N da cultura do girassol, não alteram os teores de MO, o pH, a V%, a CTC(t), CTC(T) e H+Al do solo quando comparado à adubação química e ao tratamento sem adubação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, a CAPES/PROCAD e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG pelo apoio financeiro que tornou possível a realização desta pesquisa.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the soil properties in response to fertilization with sewage sludge under different stabilization processes. The experiment was conducted in Haplic Cambisol, with the treatments: control (without fertilization), fertilization with sewage sludge solarized, fertilization with compost sewage sludge, fertilization with sewage sludge vermicomposted, fertilization with limed sewage sludge and chemical fertilizer recommended for culture. It was used a randomized block design with four replicates. The sewage sludge did not affect the organic matter content, pH, SB, V%, CTC_(t), CTC_(T) and the contents of H + Al when compared to chemical fertilizer and treatment without fertilization, except the limed sewage sludge, which increased the pH, SB, CTC_(t), and V% of the soil.

KEYWORDS: *Helianthus annuus*. Biosolids. Composting. Vermicomposting. Limed sludge.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Org.).

Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999b. cap. 5, p. 25-32.

ANTOLIN, M. C.; PASCUAL, I.; GARCIA, C.; POLO, A.; SANCHEZ-DIAZ, M. Growth, yield and solute content of barley in soils treated with sewage sludge under semiarid Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 94, n. 2/3, p. 224-237, nov. 2005.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. B.; FONSECA, I. C. B. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 601-605, maio/jun. 2007.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Metrópole, 2008. cap. 2, p. 7-16.

BOUMAN, O. T.; CURTIN, D.; CAMPBELL, C. A.; BIEDERBECK, V. O.; UKRAINETZ, H. Soil acidification from long-term use of anhydrous ammonia and urea. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 59, n. 5, p. 1488-1494, Sept./Oct. 1995.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução n. 375**, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.fundagresorg.br/biossolido/images/downloads/res_conama37506>. Acesso em: 10 nov. 2011.
- BUENO, J. R. P.; BERTON, R. S.; SILVEIRA, A. P. D.; CHIBA, M. K.; ANDRADE, C. A.; MARIA, I. C. Chemical and microbiological attributes of an oxisol treated with successive applications of sewage sludge. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1461-1470, jul./ago. 2011.
- CALDEIRA JÚNIOR, C. F.; SOUZA, R. A.; SANTOS, A. M.; SAMPAIO, R. S.; MARTINS, E. R. Características químicas do solo e crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott em área degradada adubada com lodo de esgoto e silicato de cálcio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 1, p. 213-218, 2009.
- CHIBA, M. K.; MATTIAZZO, M. E.; OLIVEIRA, F. C. Cultivo de cana-de- açúcar em Argissolo tratado com lodo de esgoto: II., fertilidade do solo e nutrição da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 653-662, mar./abr. 2008.
- CHUEIRI, W. A.; SERRAT, B. M.; BIELE, J.; FAVARETTO, N. Lodo de esgoto e fertilizante mineral sobre parâmetros do solo e de plantas de trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 502-508, set./out. 2007.
- DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D.; BOEIRA, R. C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.41, p. 855-862, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.
- FIA, R.; MATOS, A. T.; AGUIRRE, C. I. Características químicas de solo adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caledo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 287-299, out./dez. 2005.
- GALDOS, M. V.; 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**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 569-577, maio/jun. 2004.
- GUEDES, M. C.; 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**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 267-280, mar./abr. 2006.
- KIDD, P. S.; DOMÍNGUEZ-RODRÍGUEZ, M. J.; DÍEZ, J.; MONTERROSO, C. Bioavailability and plant accumulation of heavy metals and phosphorus in agricultural soils amended by long-term application of sewage sludge. **Chemosphere**, Oxford, v. 66, n. 8, p. 1458-1467, Jan. 2007.
- MARIN, L. M. K. S.; BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C. V.; CARAFINI, C.; LIMA, M. R.; SERRAT, B. M.; MOCHIDA, G. A. M. Determinação da taxa de aplicação máxima anual de lodo de esgoto higienizado por processo alcalino em solos da região metropolitana de Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 113-118, abr./jun. 2010.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. S. 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**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 449-455, 1994.
- NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 385-392, mar./abr. 2004.

- NOGUEIRA, T. A. R.; SAMPAIO, R. A.; FERREIRA, C. S.; FONSECA, I. M. Produtividade de milho e de feijão consorciados adubados com diferentes formas de lodo de esgoto. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 122-131, jan./jun. 2006.
- 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. 4, p. 505-519, 2002.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 247-253, mar. 2005.
- ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 623-639, jul./ago. 2004.
- RODRIGUEZ, M. B.; GODEAS, A.; LAVADO, R. S. Soil acidity changes in bulk soil and maize rhizosphere in response to nitrogen fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, n. 17/18, p. 2597-2607, 2008.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. cap. 7, p. 275-356.
- 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**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1187-195, out. 2003.