

# EFEITO DE BIOSSÓLIDOS EM ARGISSOLO ACINZENTADO com fragipã DOS TABULEIROS COSTEIROS DO ESTADO DE SERGIPE

Carlos Alexandre Borges Garcia<sup>1</sup>, Helenice Leite Garcia<sup>2</sup>, Robson Dantas Viana<sup>3</sup>, Cleunice Leite Barreto Viana<sup>4</sup>

**Abstract** — *The objective of this work was evaluate the effects of two pretreated biosolids (pasteurized and lime-treated), on the chemical properties of an Greyish Pozolic soil (Ultisol) of coastal tablelands of Sergipe state, Brazil. It was evaluated the presence of chemical elements such as nutrients and heavy metals in samples of soil and plant tissue. Plants of corn (Zea mays) were used to evaluate dry matter production.. The lime-treated biosolid decreased the Al and H<sup>+</sup>Al concentration and increased the pH and the concentration of Ca, Mg, Na, P and organic matter. Production of dry mass was significantly (5%) increased only pasteurized biosolid. The extractant solution DTPA was efficient in the prediction of Cu, Fe, Mn and Zn bioavailability for pasteurized biosolid and of Cu, Pb and Zn, for lime-treated biosolid. The concentration of heavy metals Cd, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn for both studied biosolids were not at phytotoxic level.*

**Index Terms** — *Sewage sludge, pasteurized biosolid, lime-treated biosolids, agricultural use, DTPA, phytotoxicity.*

## INTRODUÇÃO

A disposição de esgotos em corpos de água, sem tratamento prévio, apresenta-se como um dos maiores problemas ambientais a ser enfrentado nesse início de século, uma vez que o destino inadequado do esgoto produzido pela sociedade moderna tem resultado na degradação acelerada das reservas de água existentes no Brasil e no mundo. Aproximadamente 40% da população brasileira dispõem de coleta de esgoto, e apenas cerca de 10% do esgoto coletado sofre algum processo de tratamento [1].

O lodo de esgoto - resíduo, produzido nas ETEs, composto por matéria orgânica, macronutrientes e micronutrientes [2-4], quando destinado à utilização na agricultura de forma segura e benéfica, após sofrer tratamento adequado é denominado de bio sólido [5]. A reciclagem agrícola do bio sólido é considerada hoje como a alternativa mais promissora de disposição final deste resíduo, por ser sustentável [6] e seu efeito pode ser potencializado quando se alia à utilização agrícola a recuperação de áreas degradadas e o uso em sistemas florestais. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de doses crescentes de dois bio sólidos, um proveniente de processo de pasteurização e outro da estabilização química com cal extinta, nas propriedades

químicas de um ARGISSOLO ACINZENTADO com fragipã, na produção de matéria seca e no acúmulo e fitodisponibilidade de metais pesados, utilizando como planta indicadora o milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Lodo de Esgoto

O lodo de esgoto proveniente sistema de valo de oxidação com aeração prolongada, sem estabilização com cal, utilizado neste trabalho foi da Estação de Tratamento de Esgoto do Orlando Dantas pertencente à Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO. O sistema de tratamento dos esgotos é constituído de: tratamento primário (gradeamento e caixa de areia), valo de oxidação, quatro decantadores e dezoito leitos de secagem. A produção mensal desta ETE é de aproximadamente 30 m<sup>3</sup> de lodo.

A coleta do lodo de esgoto consistiu em retirar amostras simples do topo, meio e base de quatro pilhas de lodo, após passar pelo leito de secagem, formando uma amostra composta de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas [7]. Após homogeneização, foram retiradas alíquotas do lodo *in natura* para análise microbiológica e determinação do pH e da umidade. O lodo de esgoto restante foi separado em duas partes que passaram por dois processos de higienização.

Para análise microbiológica, a amostra foi transportada, sob refrigeração em uma caixa de isopor contendo gelo, para o Laboratório de Microbiologia Aplicada (LMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), no qual se procedeu a determinação de coliformes totais e termotolerantes através da técnica de tubos múltiplos, segundo o manual de métodos para análise microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto [8].

O pH e a umidade a 65°C foram determinados no Laboratório de Química Analítica Ambiental (LQA) da UFS.

### Bio sólidos calcado

A redução de patógenos ou higienização do lodo através da estabilização química, com a adição de cal extinta (caleagem), foi realizada conforme a recomendação da USEPA [9]. Previamente foram realizados testes com percentuais de 30; 40 e 50% de cal extinta com o objetivo de elevar o pH do lodo acima de

<sup>1</sup> Carlos Alexandre Borges Garcia, Professor Doutor, Departamento de Química, UFS, Av. Marechal Rondon, S/N, São Cristóvão, SE, Brasil, cgarcia@ufs.br

<sup>2</sup> Helenice Leite Garcia, Mestre em Engenharia Química, Faculdade Estácio-FASE, Aracaju-SE, helenicelgarcia@gmail.com

<sup>3</sup> Robson Dantas Viana, Mestre em Química, NPGQ, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil

<sup>4</sup> Cleunice Leite Barreto Viana, Mestre em Agroecossistemas, NEREN, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil.

12, para inativação dos patógenos. Após os testes preliminares, a caleagem foi realizada utilizando-se a cal extinta a 50% de peso seco do lodo a 30% de sólidos totais [10]. Em seguida, o bio sólido caleado (BC) foi distribuído na bancada para secar ao ar livre por dois dias.

### Bio sólido pasteurizado

A redução de patógenos do lodo in natura na obtenção do bio sólido pasteurizado (BP) se deu através do processo de pasteurização a 70°C por no mínimo 30 minutos em estufa com circulação forçada de ar, conforme recomendado pela USEPA.

### Caracterização físico-química e microbiológica dos bio sólidos

Após os dois processos de higienização, os bio sólidos foram cominuídos em um moinho de bolas e passados em peneira de abertura de malha 2 mm e, em seguida, foram retiradas alíquotas para determinação do pH, umidade, análise microbiológica [8] e caracterização química, as quais estão apresentadas na Tabela I.

A caracterização química ocorreu após digestão total de aproximadamente 0,4 g da amostra em mistura ácida de 8mL de HNO<sub>3</sub> 65% (v/v), 5mL de HCl 32% (v/v) e 2mL de HF 48% (v/v) em forno de microondas de cavidade fechada do laboratório de instrumentação analítica da Petrobras, conforme método proposto pelo manual do forno de microondas modelo ETHUS PLUS T-800 da Milestone para amostras ambientais [11]. Após a digestão total, foram determinados os elementos Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na e Zn em Espectrômetro de Absorção Atômica no módulo chama, marca Shimadzu e modelo AA6800, do LQA e no módulo forno de grafite os elementos Cd e Pb. O teor de P foi determinado espectrofotometricamente com amarelo-de-vanadato em um espectrofotômetro de absorção molecular de marca Femto e modelo 700 plus na região de 420 nm.

Os teores de N-Kjeldahl, N-amoniaco e N-nitrito-nitrato foram determinados conforme Nogueira et al. (2005) no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da Embrapa Tabuleiros Costeiros.

O carbono total foi determinado no LQA no Analisador Elementar CHNS-O da Thermo Finnigan, modelo FLASH EA 1112 series.

Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	114,18	55,07
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	11470,48	5467,44
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	132,85	96,03
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	19,44	11,51
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	305,49	209,25

### Experimento

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos equivalentes a 0; 9; 18; 27 e 36 Mg ha<sup>-1</sup> do BP e do BC em base seca, com dez repetições, totalizando 100 parcelas.

A unidade experimental foi constituída de vaso plástico de 3L de capacidade, sem perfuração na parte inferior para evitar lixiviação de elementos, contendo 2,6 kg de solo e as quantidades correspondentes a 0; 1; 2; 3 e 4 vezes da menor dose de BP calculada.

No entanto, para BC o teor de Ca foi considerado na determinação da menor dose (24 Mg ha<sup>-1</sup>), pois altos teores deste elemento poderiam causar desequilíbrios nutricionais. Desta forma, tomamos a decisão de adicionar as mesmas doses do BP.

Os sistemas solo-bio sólido foram colocados a 90% da capacidade de campo durante um período de incubação de trinta dias. A capacidade de campo foi determinada pelo método do extrator de Richards [12]. Após o período de incubação, retiraram-se amostras de cada vaso que foram secas ao ar e passadas em peneira de malha 2 mm para a determinação da fertilidade (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, Al, H<sup>+</sup>Al, Na) [13]. Em seguida foi realizada a semeadura de dez sementes de milho híbrido BRS 3150 (*Zea mays* L.) por vaso, e aos cinco dias após a germinação foi realizado o desbaste, deixando apenas quatro plantas por vaso e o monitoramento das quantidades de água ultra-pura foi realizado através de pesagens diárias. Semanalmente, os vasos eram mudados de posição, de forma inteiramente casual, com o objetivo de minimizar o efeito das variações ambientais.

Foi utilizado um tratamento adicional com adubação mineral NPK e Zn para comparação com a produção da matéria seca proporcionada pelas doses de bio sólido, ao qual foram adicionados por vaso 281,67 mg de superfosfato simples; 29,14 mg de cloreto de potássio; 115,22 mg de ureia, diluída em água e 14,85 mg de sulfato de zinco.

Aproximadamente quinze dias após a germinação, as plantas apresentaram sintomas visuais de deficiência de fósforo e de nitrogênio em todos os tratamentos. Assim, aplicou-se em cobertura 375,56 mg de superfosfato simples por vasos nos tratamentos que receberam as doses de bio sólido e nas testemunhas e 93,89 mg nos vasos que receberam a adubação NPK convencional. Para a adubação nitrogenada foram aplicados 230,44 mg de ureia diluída em todos os tratamentos e 115,22 mg de ureia para os vasos que receberam adubação mineral.

A colheita da parte aérea foi realizada trinta dias após a emergência. As plantas foram cortadas rente ao solo e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingirem massa constante. O material vegetal, após secar, foi pesado para determinação da

TABELA I

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DOS BIO SÓLIDOS PASTEURIZADOS (BP) E CALEADO (BC)

Parâmetro	BP	BC
Coliformes termo. (NMP g <sup>-1</sup> )	0	0
pH em água	5,3	8,9
C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	241,54	145,41
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	17,88	81,70
K (g kg <sup>-1</sup> )	0,70	0,53
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	2,84	28,16
Na (g kg <sup>-1</sup> )	0,07	0,19
N - Kjeldahl (g kg <sup>-1</sup> )	26,22	11,44
N - amoniaco (g kg <sup>-1</sup> )	1,22	0,25
N - nitrito-nitrato (g kg <sup>-1</sup> )	0,67	0,11
N - nitrato (g kg <sup>-1</sup> )	0,03	0,01
P (g kg <sup>-1</sup> )	7,15	3,61
Umidade 65 °C (%)	12,91	7,30
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	0,60	0,34

produção de matéria seca, em seguida foi moído e armazenado para posterior análise. O material vegetal foi submetido à digestão nítrico-perclórica [13]. Nos extratos obtidos foram determinados os teores dos elementos Cu, Fe, Mn e Zn em Espectrômetro de Absorção Atômica no módulo chama, marca Shimadzu e modelo AA6800, do LQA e no módulo forno de grafite para o elemento Pb, pois encontrava-se em níveis de ultra-traços.

Os resultados das análises estatísticas do solo e da produção de matéria seca das plantas foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas utilizando o Teste de Comparações de Médias (Tukey) a 5% de significância. O efeito das doses dos biossólidos foi avaliado por regressão polinomial. O programa estatístico utilizado para análise dos dados foi o SISVAR [14].

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os biossólidos obtidos pela pasteurização e pela caleação apresentaram, conforme Tabela II, valores de metais pesados abaixo do limite estabelecido na legislação internacional e na norma da CETESB, podendo, então, afirmar que o lodo de esgoto estudado é de origem doméstica e, portanto, sem restrições para o uso agrícola, desde que seja submetido a tratamentos de higienização adequados. Esses baixos níveis de metais pesados encontrados eram esperados, uma vez que o mesmo é proveniente de um tratamento de esgoto de área residencial, o Conjunto Habitacional Jornalista Orlando Dantas.

TABELA II

OS TEORES DE METAIS PESADOS ENCONTRADOS NOS BIOSSÓLIDOS E OS VALORES LIMITES PERMITIDOS PARA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA (MG KG<sup>-1</sup>).

Elemento	BP	BC	Dinamarca (1)	Suíça (1)	Holanda (1)	França (2)	USEPA (3) CETESB (4)
Arsênio	-	-	-	-	-	-	75
Cádmio	0,6	0,34	0,8	30	10	10	85
Cromo	-	-	100	1.000	500	1.000	3.000
Cobre	114,2	55,07	1.000	1.000	600	1.000	4.300
Chumbo	19,4	11,51	120	1.000	500	800	840
Mercurio	-	-	0,8	10	-	-	57
Molibdênio	-	-	-	-	-	-	75
Níquel	-	-	30	200	100	200	420
Selênio	-	-	-	-	-	-	100
Zinco	305,5	209,15	4.000	3.000	2.000	-	7.500
Prata	-	-	-	-	-	-	-
Cobalto	-	-	-	100	-	-	-
Manganês	132,8	96,03	-	500	-	-	-

(-) valor não determinado.

Fonte: (1) RANGEL (2003); (2) GAVALDA et al. (2005); (3) USEPA (1992); (4) CARVALHO e CARVALHO (2002).

### Efeitos dos Biossólidos na Produção de Massa Seca de Plantas de Milho Trinta Dias após a Germinação

Comparando os dois biossólidos, a adição de BP promoveu um aumento linear e significativo na produção de massa seca, no entanto, para o BC não houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 1). Isto pode ter acontecido devido à elevação do pH, promovendo desequilíbrios nutricionais.

A massa seca do milho do tratamento adicional com adubação química (6,53 g vaso<sup>-1</sup>) foi inferior aos tratamentos com BP (6,69 a 9,02 g vaso<sup>-1</sup>) e superior aos tratamentos BC (4,75 a 5,26 g vaso<sup>-1</sup>) e testemunha (5,39 g vaso<sup>-1</sup>), não havendo diferença significativa entre os tratamentos que receberam BC e a testemunha.

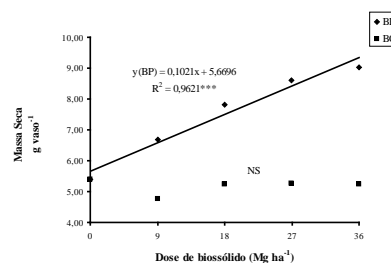


FIGURA 1

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DOS BIOSSÓLIDOS BP E BC NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE PLANTAS DE MILHO

### Acúmulo de Metais na Planta Indicadora

Com a adição das doses crescentes do biossólido pasteurizado, observou-se efeito significativo no acúmulo de cobre, ferro, manganês e zinco pelas plantas, o que não aconteceu com o chumbo. Através da análise de regressão do cobre, ferro, manganês e zinco, verificou-se que o acúmulo destes metais pelas plantas apresenta um comportamento linear crescente com a adição das doses de BP, com coeficientes de determinação ( $r^2$ ) superiores a 95%, ou seja, uma forte correlação: Cu ( $r^2 = 0,9767$ ), Fe ( $r^2 = 0,9928$ ), Mn ( $r^2 = 0,9839$ ) e Zn ( $r^2 = 0,9645$ ).

A adição da maior dose de BP promoveu incrementos nos teores de cobre, ferro, manganês e zinco em relação à testemunha de 177; 69; 330 e 815%, respectivamente. O chumbo apresentou comportamento polinomial quadrático,

havendo tendência de queda no acúmulo desse elemento na planta a partir da dose 27 Mg ha<sup>-1</sup> e a maior dose (36 Mg ha<sup>-1</sup>) ainda promoveu um incremento de 96,78% em relação à testemunha.

Alguns autores, estudando o acúmulo de metais em plantas cultivadas em solo tratados com biossólido, têm observado um aumento na absorção de Cu, Fe, Mn e Zn [2, 15, 16].

Com relação ao acúmulo dos metais pelas plantas de milho, quando doses crescentes de BC foram adicionadas ao solo, constatou-se a indisponibilidade dos elementos Fe, Mn e Zn provocada pelo aumento no pH. A disponibilidade do ferro é reduzida em pH elevado e a redução de até 0,5 unidade de pH pode ser significativa na disponibilidade de metais em solo [17].

A absorção do Fe, Mn e Zn pelo milho foram significativamente reduzidas pela adição de calcário [18]. De maneira geral, os metais apresentam maior solubilidade em condições de acidez e que aumentos do pH do solo, proporcionados pela calagem, reduzem sua disponibilidade para as plantas [19].

Comparando os teores adequados de micronutrientes para a cultura do milho e os teores de Cu, Fe, Mn e Zn acumulados na parte aérea da planta para todos os tratamentos na Tabela II, observa-se que: a adição de BP levou os micronutrientes Fe, Mn e Zn a níveis adequados, exceção feita ao Cu em que todos os tratamentos promoveram acúmulo em relação à testemunha, mas não para uma faixa adequada; a adição de BC revelou o mesmo comportamento do BP com relação ao elemento Cu, manteve o teor de ferro na faixa adequada, elevou o teor de Zn próximo ao limite inferior da faixa de teor adequado e retirou o Mn da faixa adequado, levando-o a níveis muito baixos.

TABELA II

COMPARAÇÃO ENTRE OS TEORES DE MICRONUTRIENTES ACUMULADOS NA PLANTA INDICADORA EM FUNÇÃO DAS DOSES DOS BIOSSÓLIDOS E AS SUAS FAIXAS DE TEORES ADEQUADOS.

Dose (Mg ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes			
	Cu	Fe	Mn	Zn
	Faixa adequada (mg kg <sup>-1</sup> )			
	6 – 20*	30 – 250*	20 – 200*	15 – 100*
<b>Biossólido pasteurizado</b>				
0	2,0	50,5	37,9	10,8
9	2,3	48,2	61,8	29,9
18	2,8	48,0	79,7	47,8
27	2,7	50,3	90,0	48,0
36	3,3	51,2	97,3	59,0
<b>Biossólido calcado</b>				
0	2,0	50,5	37,9	10,8
9	3,5	67,9	5,0	9,8
18	3,3	62,1	6,8	10,6
27	3,4	53,6	7,3	13,3
36	3,8	48,7	9,3	14,3

\*[20]

Estes resultados sugerem que é possível aumentar a dose de BP para elevar os teores de Cu a níveis adequados sem que ocorra problemas de fitotoxicidade e que para o cálculo da dose de BC deve ser levado em consideração não somente a quantidade de nitrogênio requerida para a cultura, mas também o potencial de neutralização da acidez do solo provocada pelo biossólido, adotando-se a menor dose calculada entre os dois procedimentos [21].

## Fitodisponibilidade de Metais

A eficiência da solução extratora DTPA a pH 7,3 em prever a disponibilidade dos metais pesados Cu, Fe, Mn, Pb e Zn às plantas foi avaliada através de estudo de correlação linear entre os teores obtidos no solo pela extratora com aqueles determinados nas plantas nos tratamentos que receberam BP e BC (Tabela III).

Observa-se pelo índice de correlação linear que a solução extratora DTPA a pH 7,3 só não foi eficiente na predição do elemento Pb quando ao solo foi adicionado o BP.

Já com relação ao BC a mais forte correlação obtida foi a do Pb seguindo-se de correlação moderada para o Zn e o Cu. Para o Fe houve uma correlação negativa e baixa e para o Mn uma correlação positiva e baixa, portanto estes índices de correlação linear indicaram que a solução extratora DTPA não foi eficiente na predição da fitodisponibilidade destes elementos.

Boas correlações foram obtidas com a solução extratora DTPA para prever a fitodisponibilidade de metais. Pesquisadores utilizando biossólido alcalino na cultura de cana-de-açúcar, obtiveram correlação de 0,83 para o Cu e 0,65 para o Zn [22]; outros, também utilizando biossólido alcalino na cultura do arroz, encontraram 0,92 para Cu e 0,93 Zn [23]. Trabalhando com lodo ácido em experimento em casa de vegetação com milho, encontraram correlações para Cu, Fe, Mn e Zn de 0,87; 0,77; 0,65 e 0,89, respectivamente.

TABELA III

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES ENTRE O ACÚMULO DE METAL PELAS PLANTAS E OS TEORES EXTRAÍDOS PELO EXTRATOR DTPA NOS TRATAMENTOS QUE RECEBERAM O BIOSSÓLIDO PASTEURIZADO E CALEADO.

	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>		µg kg <sup>-1</sup>		mg kg <sup>-1</sup>
DTPA	0,8965*	0,7986*	0,9031*	-	0,9491*
				0,2153ns	
DTPA	0,5266*	-0,4213*	0,4165*	0,8392*	0,6277*

\* indica que as correlações foram significativas a P<0,1% pelo teste t.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

Os tratamentos de higienização do lodo de esgoto foram eficientes, produzindo biossólidos de classe A, segundo a EPA CFR 40 part 503, e, portanto, sem restrições para a reciclagem agrícola.

Os dois biossólidos promoveram aumentos significativos nos valores de matéria orgânica, P, Ca, Mg e na CTC do solo. No entanto, para o potássio não houve diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha, a qual já apresentava níveis adequados para a cultura do milho.

Embora o tratamento com biossólido calcado tenha levado a zero a acidez trocável e reduzido a acidez potencial, não houve diferença significativa entre este tratamento e a testemunha com relação à produção de matéria seca, possivelmente em função dos aumentos não desejáveis no pH (8,04) do solo.

O biossólido pasteurizado, mesmo tendo provocado a acidez do solo, proporcionou para a maior dose um ganho de 38% na massa seca em relação à adubação química.

A extratora DTPA foi eficiente na predição de Cu, Fe, Mn e Zn quando foram adicionadas doses crescentes de BP e, para o BC, foi eficiente para Cu, Pb e Zn.

Os teores dos metais pesados para os dois biossólidos não se encontram em níveis fitotóxicos.

O biossólido pasteurizado demonstrou ser uma fonte dos micronutrientes (ou metais pesados essenciais) para a cultura do milho.

O biossólido caleado embora tenha sido fonte dos micronutrientes, a planta apresentou níveis muito baixos de Mn, de tal forma que se recomenda considerar este biossólido, para fins de cálculo da dose a ser aplicada, não somente como um adubo orgânico, mas também como um corretivo de acidez do solo.

## REFERENCIAS

- [1] PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C. V.; SOUZA, M. L. de P.; FERREIRA, A. Qualidade do Lodo de esgoto utilizado na Reciclagem Agrícola na Região Metropolitana de Curitiba – PR I SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE BIOSSÓLIDOS. Anais... São Paulo, jun., 2003.
- [2] SIMONETE, M. A. Alterações nas propriedades químicas de um argissolo adubado com lodo de esgoto e desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de milho. 2001. 89 p. Tese de doutorado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.
- [3] BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. de B. Propriedades químicas de um latossolo vermelho eutroférico após aplicação por dois anos consecutivos de lodo de esgoto. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1501-1505, 2002.
- [4] OLIVEIRA, C.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. do A.; MARQUES, V. dos S.; MAZUR, N. Efeitos da aplicação do lodo de esgoto enriquecido com cádmio e zinco na cultura do arroz. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29: 109-116, 2005.
- [5] TSUTIYA, M. T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; CARVALHO, P. de C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.) *Biossólidos na Agricultura*. 2ª ed., São Paulo, SP: ABES/SP, Cap. 4, 89-131. 2002.
- [6] 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*, v. 28:623-639, 2004.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Amostragem de resíduos sólidos. Projeto 1.6302-004. São Paulo, 1985.
- [8] SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná. Manual de Métodos para Análise Microbiológicas e Parasitológicas em Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto. ANDREOLI, C. V. (Coord.); BONNET, B. R. P. (Coord.). Curitiba, PR, 80p, 1998.
- [9] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. Under 40 CFR Part 503 USEPA, 1992.
- [10] TELES, R. C.; COSTA, A. N.; GONÇALVES, R. F. Produção de Lodo em Lagoas de Estabilização e o seu Uso no Cultivo de Espécies Florestais na Região Sudoeste do Brasil. Sanare, Vitória, v. 12, jul./dez. de 1999.
- [11] MILESTONE, Application Notes for Microwave Digestion, 1996.
- [12] CLAESSEN, M. E. C. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. 212 p. Rio de Janeiro, 1997.
- [13] NOGUEIRA, A. R. de A. Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. (Ed.) NOGUEIRA, A. R. de A.; Souza, G. B. São Carlos, Embrapa Pecuária Sudeste, 313p. 2005.
- [14] FERREIRA, D.F. SISVAR software: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.
- [15] ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em latossolos repetidamente tratados com biossólido. *Scientia Agrícola*, v.57, n.4, p. 769-776, out./dez. 2000.
- [16] 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 a aplicação de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 28: 385-392, maio/jun. 2004.
- [17] PIGOZZO, A. T. J.; GOBBI, M. A.; SCAPIM, C. A.; LENZI, E.; LUCAS JUNIOR, J. de; BREDA, C. C. Disponibilidade de metais de transição no solo tratado com lodo de esgoto. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 26, n. 4, p. 443-451, 2004.
- [18] MARTINS, A. L. C.; BATAGLIA, O. C.; CAMARGO, O. A.; CANTARELLA, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn E Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, 27:563-574, 2003.
- [19] BORGES, M. R.; COUTINHO, E. L. M. Metais pesados do solo após aplicação de biossólido. II – Disponibilidade. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, v. 28, p. 557-568, 2004b.
- [20] SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. p. 370, 1999.
- [21] FIA, R.; MATOS, A. T. de; AGUIRRE, C. I. Produtividade e concentração de nutrientes e metais pesados em milho adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caleado. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.14, n.1, 39-50, jan./mar., 2006.
- [22] OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. *Scientia Agrícola*, v.58, n.3, p.581-593, jul./set. 2001.
- [23] PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. Biosolids conditioning and the availability of Cu and Zn for rice. *Scientia Agrícola*, v.60, n.1, p. 161-166, Jan./Mar. 2003.