



Teores de cromo, pseudototais, disponíveis no solo e associados às frações da matéria orgânica ⁽¹⁾.

Iolanda Maria Soares Reis⁽²⁾; Suelen Cristina Nunes Alves⁽³⁾; Wanderley José de Melo⁽⁴⁾; Gabriel Maurício Peruca de Melo⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho extraído da Tese de Doutorado da primeira autora;

⁽²⁾ Professora Adjunta; Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará; Santarém, Pará; E-mail: iolanda.reis@ufopa.edu.br; ⁽³⁾ Pós graduanda em Agronomia (Ciências do Solo); Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP; ⁽⁴⁾ Professor Titular; Departamento de Tecnologia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP; ⁽⁵⁾ Professor; Universidade Camilo Castelo Branco.

RESUMO: Conhecer a distribuição dos metais pesados no solo é de grande relevância como índice de avaliação de qualidade do solo e impactos ambientais. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar, em três profundidades, os teores pseudototais e disponíveis no solo e teores pseudototais associados às frações da matéria orgânica, de cromo (Cr), em Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto por quinze anos consecutivos. O experimento foi instalado sob condições de campo, com parcelas subdivididas em blocos casualizados em Latossolo Vermelho eutroférico submetido aos tratamentos T1 =0, T2=5, T3=10 e T4=20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto (base seca) em cinco blocos, amostrando três profundidades/parcela. As amostras de solo foram coletadas da camada superficial, 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, e procederam-se as determinações pseudototais e disponíveis e extrações fracionadas da matéria orgânica para determinação de Cr. Os teores analisados de Cr não apresentaram diferenças nas profundidades analisadas. O lodo de esgoto adicionado ao solo não interferiu na associação dos metais as frações da matéria orgânica.

Termos de indexação: Matéria orgânica, metais pesados, disponibilidade.

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um resíduo rico em nutrientes para as plantas e rico em carbono orgânico (Rangel et al., 2006), além de ser um excelente condicionador do solo (Melo et al., 2007). Mas problemas relacionados à presença de patógenos e metais pesados em sua composição podem limitar o uso deste resíduo em práticas agrícolas (Bettiol & Ghini, 2011).

Elementos considerados tóxicos como os metais pesados estão entre os mais estudados por apresentar risco ambiental e principalmente por oferecer danos à saúde humana. Em quantidades elevadas podem contaminar o solo, água e os

vegetais, podendo atingir a cadeia trófica (Hooda & Alloway, 1998). A toxidez por metais pesados pode diminuir o rendimento das culturas e causar risco de bioacumulação (Coscione & Berton, 2009).

Atualmente, o método adotado por órgãos ambientais para determinar os teores de metais pesados vem sendo avaliar o teor pseudototal de metais pesados (CONAMA, 2009). Contudo, o teor total dos metais pesados não é considerado o índice mais adequado para avaliação de áreas contaminadas, haja vista, que do teor total do elemento presente no solo, apenas parte apresenta mobilidade no perfil do solo e encontra-se disponível para ser absorvida pelas plantas (Costa et al., 2007).

É indispensável conhecer as interações metais pesados e solo, sua distribuição ao longo do perfil do solo e sua disponibilidade às plantas, devido a velocidade de degradação da matéria orgânica em solos de clima tropical e na capacidade de sorção de metais pesados (Corrêa et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em três profundidades, os teores pseudototais, potencialmente disponível e teores associados as frações da matéria orgânica, de Cr, em Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto por quinze anos consecutivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento teve início do ano agrícola 1997/98, conduzido por quinze anos, em Latossolo Vermelho eutroférico, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Jaboticabal, São Paulo, coordenadas geográficas 21° 15' 22" S e 48° 15' 18" W e altitude 618 m.

No primeiro ano, os tratamentos foram: T1 = 0 (controle, sem lodo de esgoto e sem fertilização mineral); T2 = 2,5; T3 = 5,0; e T4 = 10,0 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto em base seca. O delineamento experimental foi inicial foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos, doses de lodo, e cinco blocos.

No segundo ano, as parcelas controle receberam adubação mineral de acordo com a análise química



do solo e as recomendações para a cultura do milho, prescritas em Raij et al. (1996). A partir do quarto ano, a dose de 2,5 foi alterada para 20 Mg ha⁻¹, em 15 anos, acumulou-se nos tratamentos 1, 2, 3 e 4, doses de 0, 75, 150 e 247,5 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto em base seca, respectivamente.

Na área experimental, foram conduzidas as culturas de milho (*Zea mays*), girassol (*Helianthus annuus*) e crotalária (*Crotalaria juncea*).

No ano agrícola 2011/2012, ano de instalação do 15º ano agrícola do experimento, procedeu-se primeiramente coleta de amostras de solo na camada superficial de 0,0-0,20 m, em todos os tratamentos, para análises químicas de fertilidade, as quais foram feitas de acordo com métodos descritos por Raij et al. (2001) (**Tabela 1**). Em seguida, foi realizada no tratamento 1 (controle), adubação de acordo com recomendações para produção de 80 kg ha⁻¹, descritas em Raij et al. (1996) para cultura do milho, espécie vegetal cultivada no 15º ano do experimento.

O lodo de esgoto utilizado no 15º ano foi obtido na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), localizada no Município de Monte Alto, São Paulo, o qual apresentou concentração pseudototal, conforme método EPA 3050 B (USEPA, 1996), de 5,60 mg kg⁻¹ de Cd. Estas concentrações estão dentro do limite permitido para o uso agrícola de lodo de esgoto, conforme a resolução nº 375 do CONAMA (2006). O resíduo foi aplicado a lanço e incorporado por meio de gradagem superficial.

Após a aplicação do lodo, as parcelas foram sulcadas em espaçamento de 90 cm, e procedeu-se a fertilização mineral com sulfato de amônio e cloreto de potássio. As parcelas que receberam as doses de 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹ de lodo, foram adubadas apenas como cloreto de potássio.

O milho (BT híbrido Impacto Víptera) foi semeado após a fertilização mineral e após desbaste, mantiveram-se 5–7 plantas por metro.

Aos 60 dias após a emergência das plantas de milho foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m e em cada profundidade foram retiradas dez amostras simples, para formar uma amostra composta (caracterizando este delineamento como parcelas subdivididas em blocos casualizados). As amostras foram secas ao ar e peneirada a malha de 2 mm, para fins de análises químicas.

Para analisar as concentrações pseudototais de Cr foram realizadas digestões com HNO₃ em forno de microondas, conforme a método EPA 3051A

(USEPA, 1996).

Para determinar os teores disponíveis de Cr utilizou-se a solução Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹): a cada 2,5 g de TFSA foram adicionados 25 mL de solução extratora, agitando a 120 oscilações por minuto durante 5 minutos, em seguida ocorreu a filtragem e então procedeu-se a determinação do elemento (Defilipo & Ribeiro, 1997).

O fracionamento da matéria orgânica das amostras de solo foi feito conforme descrito em Duarte (1994), separando as frações de acordo com sua solubilidade: o ácido fúlvico, solúvel em meio ácido, o ácido húmico, solúvel em meio alcalino e a matéria húmica, insolúvel tanto em meio ácido quanto alcalino. Para a determinação dos teores pseudototais de Cr, associados a estas frações, foi realizado digestão com HNO₃ + H₂O₂ + HCl em chapa aquecida, conforme o método EPA 3050B (USEPA, 1996).

As determinações de Cr foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica, usando o modo chama de ar acetileno-óxido nitroso.

Os resultados foram submetidos à análise estatística de variância e a média dos tratamentos foi comparada pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. O software estatístico utilizado para estas análises foi o Assistat 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores pseudototais de Cr foram maiores nos tratamentos que receberam 10 e 20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto, nas profundidades 0 a 0,05 m e 0,10 a 0,20 m, evidenciando que embora o lodo de esgoto utilizado no 15º ano agrícola não tivesse concentrações elevadas deste elemento, é importante considerar a carga acumulativa do lodo de esgoto usado em anos anteriores, no que tange estes metais.

As concentrações pseudototais para Cr no solo (**Tabela 2**), com diferentes doses de lodo de esgoto em três profundidades, apresentaram-se abaixo dos limites de intervenção ou investigação estabelecidos pela CONAMA (CONAMA, 2009), sendo de 150 mg kg⁻¹ para Cr.

O tratamento que recebeu 10 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto apresentou maior concentração de Cr disponível, com recuperação do teor total no solo, médias nas profundidades estudadas de aproximadamente 2,5%, em relação as concentrações pseudototais destes elementos neste tratamento, indicando que 97,5% de Cr pode estar adsorvido nos coloides orgânicos e minerais do solo.



As concentrações pseudototais de Cr associadas aos ácidos húmicos variaram de 0,04 a 5,12 mg kg⁻¹ (**Tabela 3**). Os teores de Cr não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos de lodo.

O Cr associado aos ácidos fúlvicos apresentou teores pseudototais entre 0,19 a 5,65 mg kg⁻¹.

A comparação de metais pesados associados às frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, em experimento de longa duração, é bastante deficiente, devido a carência de estudos relacionados a este assunto.

Os teores de Cr, pseudototais do solo, potencialmente disponíveis e teores totais associados à matéria húmica, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, não apresentaram diferença nas profundidades estudadas, em nenhum dos tratamentos, vale ressaltar o pequeno intervalo nas profundidades avaliadas, sendo que estas profundidades são consideradas camada superficial do solo, a qual sofre grande influência nas práticas agrícolas, como a gradagem.

O Cr apresenta-se no solo sob a forma de valência 6+, que pouco adsorvida, consideravelmente móvel no perfil do solo e na valência 3+, que é menos móvel podendo formar complexos com colóides do solo (Costa et al., 2004).

CONCLUSÕES

Os teores pseudototais e disponíveis do solo, e teores pseudototais associados a frações da matéria orgânica, de Cr, não lixiviaram na profundidade de 0 a 0,20 m.

De forma geral, o Cr associou-se às frações da matéria orgânica de maneira semelhante, tanto em relação às doses de lodo de esgoto quanto em relação às profundidades.

REFERÊNCIAS

BETTIOL, W.; GHINI, R. Impacts of sewage sludge in tropical soil: a case study in Brazil. *Applied and Environmental Soil Science*, New York, v. 2011, n. 1, p. 1-11, 2011.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 30 de agosto de 2006. (Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 420/2009. Disponível em www.mma.gov.br/port/conama Acesso em 13 abr. 2012.

CORRÊA, J. C.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; MORAES, M. H. Alteração de atributos físicos em latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 263-272, 2009.

COSCIONE, A.R.; BERTON, R.S. Barium extraction potential by mustard, sunflower and castor bean. *Scientia Agricola*, v66, p59-63, 2009.

COSTA, C. N.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. Fracionamento seqüencial de cádmio e chumbo em solos. *Ciência rural*, v.37, p.1323-1328, 2007.

COSTA, N. C.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. Contaminantes do solo e o meio ambiente. *Fundamentos de Química do Solo*. 2a ed. Porto Alegre: Gênese, 2004, p.239-279.

DE FILIPPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. *Análise Química do Solo (metodologia – 2ª edição)*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1997. 26p.

DUARTE, A.P. Calagem e sistemas de rotação de culturas. Efeitos nas características e propriedades da matéria orgânica do solo. 1994. 165 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

HOODA, P. S.; ALLOWAY, B. J. Cadmium and lead sorption behaviour of selected English and Indian soils. *Geoderma*, 84:121-134, 1998.

MELO, W.J.; AGUIAR, P.S.; MELO, G.M.P & MELO, V.P. Nickel in a tropical soil treated with sewage sludge and cropped with maize in a long-term field study. *Soil Biology and Biochemistry*, 39:1341-1347, 2007.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. (Ed.) *Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, van B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: IAC, 1996 (Boletim Técnico, 100).

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; BETTIOL, W.; DYNIA, J.F. Efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.583-594, 2006.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. METHOD 3050B, 3051A - 1996. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Disponível em: Acessado em 30 jan. 2012.

<<http://www.epa.gov/storet/archive/modern/doc/FieldLabAnlPrdAndEqpDetail.pdf>>



Tabela 1. Caracterização química do solo tratado com lodo de esgoto, antes da 15ª aplicação de lodo de esgoto.

Tratamento	P resina	MO	pH CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC	V
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		mmol _c dm ⁻³						%
T1	100	26	5,4	4	40	17	34	61,0	95	64
T2	34	22	5,1	2,6	23	15	38	40,6	78,6	52
T3	86	26	5,2	3,1	28	16	38	47,1	85,1	55
T4	88	26	4,7	2,3	21	13	52	36,3	88,3	41

T1=0, T2=5, T3=10 e T4=20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto em base seca.

Tabela 2. Teores pseudototais e disponíveis de cromo em solos tratados com lodo de esgoto.

LE Mg ha ⁻¹	---Teor pseudototal/Profundidade-----			----Teor disponível/Profundidade---			-----Recuperação %-----		
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
0	98,67 bA	102,52 bA	98,52 bA	1,94 bA	1,35 bA	0,86 bA	1,97	1,31	0,88
5	99,05 bA	102,76 bA	97,75 bA	0,96 bA	1,04 bA	1,17 bA	0,98	1,02	1,20
10	103,52 abA	98,57 bA	100,39 abA	3,32 aA	1,77 aA	2,36 aA	3,21	1,80	2,36
20	117,19 aA	119,30 aA	113,62 aA	2,47 bA	1,72 abA	1,19 bA	2,11	1,44	1,05
CV% Parc.	4,73			52,22					
CV% Subp.	3,77			34,02					

LE = lodo de esgoto; parc. = parcelas; subp. = subparcelas; médias seguidas de mesma letra maiúscula (na horizontal) e de mesma letra minúscula para tratamentos (na vertical) não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P=0,05).

Tabela 3. Teores pseudototais de cromo associados às frações da matéria orgânica.

Doses de LE	-----AH Profundidade-----			-----AF Profundidade-----		
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
0	0,09 aA	1,09 aA	0,35 aA	0,20 aA	1,09 aA	0,36 aA
5	0,12 aA	0,10 aA	0,08 aA	0,23 aA	0,31 aA	0,19 aA
10	0,42 aA	0,04 aA	0,11 aA	0,59 aA	0,73 Aa	1,18 aA
20	0,88 aA	5,12 aA	0,43 aA	1,49 aA	5,65 aA	0,82 aA
CV% Parc.	47,03			54,09		
CV% Subp.	57,12			49,37		

LE = lodo de esgoto; parc. = parcela experimental (tratamento com doses de LE); subparc. = subparcela experimental (tratamento em profundidade); médias seguidas de mesma letra maiúscula para frações (na horizontal) e de mesma letra minúscula para tratamentos (na vertical) não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P=0,05); AH = ácido húmico e AF = ácido fúlvico.