

**EFEITO DA APLICAÇÃO CONTINUADA DE BIOSÓLIDO NA
COMPARTIMENTALIZAÇÃO DE METAIS EM SOLO CULTIVADO COM
BANANA (MUSA SPP).****MA040**Germana Breves Rona¹; Fernanda Ardilha¹; Fernanda Serrenho¹; Sarai de Alcantara¹; Daniel Vidal Perez²; Luiz A.S. Melo³, germanarona@hotmail.com¹Instituto de Química/UFRJ; ²Embrapa Solos (RJ). ³Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna (SP)

(RESUMO) O lodo de esgoto, por ser rico em nutrientes e matéria orgânica, pode substituir, os fertilizantes minerais. Devido a essas características, este pode desempenhar importante papel na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo. Esse composto, porém, apresenta metais pesados em sua composição; tornando-se necessário ponderar as variações das formas disponíveis desses elementos. É o objetivo do presente trabalho avaliar a relação entre uma metodologia de extração seqüencial e os dois métodos de extração simples mais usados no Brasil, Mehlich 1 e DTPA. Todos os metais analisados apresentaram uma tendência em aumentarem sua concentração total em função da dose de lodo aplicada. Apesar do aumento das fases mais biodisponíveis, as concentrações encontradas, mesmo nas maiores doses, estão abaixo daquelas listadas na legislação brasileira (Conama no 375/2006).

(INTRODUÇÃO) Nas últimas décadas, visando a despoluição dos rios, os esgotos começaram a ser tratados, resultando na produção de um lodo rico em matéria orgânica e nutrientes, denominado lodo de esgoto ou biossólido, que necessita de uma adequada disposição final. Entre as diversas alternativas existentes para a disposição desse material, a para fins agrícolas apresenta-se como uma das mais convenientes, pois, como o lodo é rico em nutrientes e matéria orgânica, sua aplicação como condicionador de solo e/ou fertilizante é amplamente recomendada. Entretanto, dependendo de sua origem, o lodo de esgoto pode ser rico em metais pesados (Bettiol & Camargo, 2000). Em alguns países da Europa e da América do Norte, o uso agrícola desse tipo de lodo é bastante difundido, contudo a contaminação do solo por metais pesados tem causado preocupações. No Brasil, existe a mesma preocupação porém são escassas as informações sobre a dinâmica de metais pesados em solos onde o lodo de esgoto é aplicado (Bettiol & Camargo, 2000).

O uso agrícola de lodo de esgoto é uma alternativa que tem se mostrado viável em diferentes localidades mas existe o risco da poluição ambiental, em função da presença de poluentes e patógenos humanos (Escosteguy et al., 1993). O lodo proveniente de tratamento de esgoto, predominantemente doméstico, tem baixos teores de Cd, Cu, Mo, Ni, Zn, Pb, Mn, Fe e Cr. Entretanto, quando os efluentes industriais predominam no esgoto, o lodo obtido pode apresentar teores de metais pesados acima da faixa permitida e, conseqüentemente, sendo proibidos para o uso agrícola (Bettiol et al., 1983). A preocupação com a possibilidade de contaminação dos solos com metais pesados levou diversos países a estabelecerem limites máximos dos metais no lodo e taxa de aplicação desses no solo (CETESB, 1999; USEPA, 1996).

A forma de ligação na fase sólida está relacionada com a intensidade de liberação do metal para a fase líquida, bem como para sua remobilização (Sposito, 1989). A complexidade das possíveis reações no solo restringe, então, os estudos sobre distribuições das espécies metálicas na fase sólida, geralmente, a procedimentos analíticos operacionalmente definidos, sendo, normalmente, aplicadas técnicas de extração sequencial (Das et al., 1995). Contudo, normalmente, esses esquemas de fracionamento são muito demorados e sujeitos a uma série de problemas (Camargo et al., 2001). O uso de um extrator único para estimar a biodisponibilidade de certo elemento químico no solo é muito comum em estudos de fertilidade e vem sendo, também, aplicado a estudos de contaminação (Ferreira et al., 2001). Porém, apesar de sua simplicidade, é difícil encontrar um reagente que seja efetivo na extração seletiva das frações mais biodisponíveis de determinado metal. Desta forma, conforme citam Camargo et al. (2001), estudos que relacionem ambos os procedimentos são fundamentais para tornar o operacional (extração simples) cientificamente sustentável (extração sequencial). A cultura da banana foi escolhida em função da sua posição de destaque no

Brasil, que é o segundo maior produtor mundial desse fruto. A região Sudeste, aonde se localiza o experimento, a produção de banana ocupa a 5ª colocação, atrás da cultura do café, cana de açúcar, laranja e milho (Vicente et al., 2001). Além disso, praticamente não existem estudos sobre o uso do lodo de esgoto nesta cultura.

(OBJETIVOS) É, portanto, o objetivo do presente trabalho, estudar o impacto causado pelo uso agrícola do lodo de esgoto, de origem doméstica/industrial, nos teores e na evolução das formas químicas dos elementos Fe, Mn, Zn, Cu e Cr determinados por um procedimento de extração sequencial (Wasserman et al., 2005) e pelos dois extratores simples mais usados no Brasil (DTPA e Mehlich 1), buscando correlacioná-los entre si.

(METODOLOGIA) A amostragem foi realizada em experimento conduzido no campo experimental da Embrapa Meio Ambiente localizado em Jaguariúna (SP) em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa, moderado. O experimento iniciou-se em novembro de 2000, com o plantio de mudas da cultivar Grande Naine (*Musa acuminata* cultivar Cavendish "Grande Naine"), produzidas em laboratório, no espaçamento de 2,0X2,5m. O delineamento é em blocos casualizados, com quatro tratamentos e seis repetições. Cada parcela contém 24 covas (4 linhas de 6 covas) considerando úteis as oito covas centrais.

Foram testadas três doses de lodo de esgoto, além de uma testemunha, tomando como referência a necessidade da planta por nitrogênio: adubação mineral padrão para a cultura (testemunha), lodo de esgoto para fornecer o nitrogênio necessário (N), lodo na metade desta concentração (N/2) e o dobro (2N). Nos tratamentos com lodo as parcelas receberam complementação de K. Na implantação os tratamentos foram aplicados nos sulcos de plantio e as quantidades foram determinadas por análises de solo e do lodo. Esses materiais, bem como os adubos minerais foram também analisados para teores de metais pesados. Na fase plantio-formação, aplicou-se na testemunha esterco de curral mais P (superfosfato simples), uma cobertura com P aos 90 dias e três coberturas com NK (uréia e cloreto de potássio) aos 40, 90 e 150 dias do plantio; nos tratamentos com lodo, o K foi aplicado em duas vezes, aos 90 e 150 dias. Na fase de produção, a partir do final da primeira colheita (abril/maio de 2002), as adubações minerais foram semestrais (em abril e outubro). Dois tipos de lodo foram aplicados: em 2000 e 2002 utilizou-se um lodo originário da região de Barueri (SP), tipicamente industrial; e em 2005 aplicou-se um lodo originário da cidade de Jundiá (SP), considerado de característica doméstica. A tabela 1 apresenta algumas características desses lodos.

Tabela 1. Alguns resultados médios das características químicas dos compostos de lodo utilizados.

	pH	C.Org	N	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb
		g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹		
2000	5,90	292,9	38,5	0,219	26,6	2,46	0,746	0,625	336,0	6,7	78,5
2002	6,02	228,1	40,4	0,229	29,0	2,88	0,758	0,611	294,0	14,1	159,5
2005	5,10	263,8	25,4	0,494	19,5	0,77	0,575	0,141	28,9	13,3	163,0

As formas "disponíveis" dos metais estudados foram obtidas por extração com solução de Mehlich 1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol.L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol.L}^{-1}$) e DTPA de acordo com Embrapa (1997). A extração sequencial seguiu o protocolo de Wasserman et al. (2005), conforme o protocolo resumido a seguir:

Fase geoquímica e seu significado	Etapa
Trocável	Extraído em fase salina levemente ácida
Fracamente ligado aos componentes do solo	
Levemente ácida	CH_3COOH (2 M) + CH_3COONa (2 M) 1:1; pH 4.7.
Ligado a carbonatos	Temperatura ambiente
Ambiente de Redução	$\text{NH}_2\text{OH.HCl}$ (0.1 M); pH2
Ligado a óxidos de Fe e MN	
Ambiente de Oxidação	H_2O_2 (30%) + $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (1M); pH 2
Ligado a compostos lábeis da matéria orgânica	
Alcalino	NaOH (0.1 M) ; pH 12.
Ligado a compostos orgânicos ou de Fe e Al resistentes	Temperatura ambiente
Residual:	Aqua regia.
Não mobilizado nas fases anteriores minerais	Aquecido a 50°C/ 30min

As determinações analíticas dos metais analisados foram realizadas por espectrometria de emissão por plasma acoplado indutivamente na Embrapa Solos (ICP-OES, PE OPTIMA 3000). A amostragem ocorreu em novembro de 2005 e 2006, sendo a profundidade de coleta de 0-20cm. As correlações foram calculadas com base no programa Excel®.

(RESULTADOS) Os resultados encontram-se na tabela 1. As extrações simples de Fe, Cu, Zn e Cr correlacionaram-se positiva e significativamente com as principais fases do solo ligadas à biodisponibilidade. Os elementos Fe e Zn, extraídos tanto por Mehlich 1, como por DTPA, correlacionaram-se com mais significância com a Fase 1, ligada à CTC do solo. Já os elementos Cu e Cr, correlacionaram-se melhor com a Fase 3, relacionada à matéria orgânica. O Mn extraído por DTPA apresentou melhor correlação com a Fase 1. A extração de Cr por DTPA apresentou muitos valores abaixo do limite de detecção.

Tabela 1. Resultados de correlação (r) das concentrações obtidas em extração simples (Mehlich 1 e DTPA) e extração sequencial.

		Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
Cu	DTPA	0,979	0,926	0,989	-0,023	0,392
	Mehlich 1	0,958	0,943	0,986	-0,141	0,377
Fe	DTPA	0,996	0,883	0,146	-0,472	-0,957
	Mehlich 1	0,989	0,807	0,075	-0,589	-0,897
Mn	DTPA	-0,834	0,524	0,839	0,865	0,970
	Mehlich 1	0,973	-0,630	-0,941	-0,277	-0,852
Zn	DTPA	0,972	0,952	0,763	-0,191	0,919
	Mehlich 1	0,972	0,949	0,748	-0,214	0,909
Cr	Mehlich 1	0,981	0,973	0,991	0,631	-0,416

Nota: Para significância de 95%, $r > 0,95$

(CONCLUSÃO) Todos os metais analisados apresentaram uma tendência em aumentarem sua concentração total em função da dose de lodo aplicada. As fases 1 e 3 apresentam importância neste sentido, sendo este um motivo de grande preocupação, por serem frações biodisponíveis, podendo agravar seriamente, os riscos de contaminação pelos metais em questão. No entanto, as concentrações encontradas são bem menores que aquelas recomendadas pela CONAMA no375/2006.

(BIBLIOGRAFIA)

BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T. & FRANCO, B.J.D.C. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. O Solo, 75:44-54, 1983.
 BETTIOL, W. & CAMARGO, O. A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente. 312 p. 2000.
 CAMARGO, O.A. de; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. Reação dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. de; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. de. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS. 2001. p.89-124.
 CETESB. Aplicação de biossólidos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – critérios para projeto e operação: manual técnico. São Paulo, 1999. 33p. (P 4.230)
 DAS, A.K.; CHAKRABORTY, R.; CERVERA, M.L.; GUARDIA, M. de la. Metal speciation in solid matrices, Talanta, 42:1007-1030, 1995.
 EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. 212p.
 SPOSITO, G. The chemistry of soils. New York: Oxford University Press, 1989. p.3-21.
 USEPA Standards for the use and disposal of sewage sludge. Washington, EPA, 1996. (Code of Federal Regulations 40 CFR Part 503).
 VICENTE, J.R.; ANEFALOS, L.C.; CASER, D.V. Participação de culturas no valor da produção e de fatores de produção em componentes do custo total, 1970 - 95. Informações Econômicas, SP, v.31, n.8, p.33-39, 2001.

**IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE
PAS para a PAZ**

467

Rio de Janeiro – 6 a 10 de Julho de 2009

ISBN 978-85-61987022

WASSERMAN, Maria Angélica ; VIANA, Aline Gonzalez ; BARTOLY, Flavia ; PÉREZ, D. V. ;
ROCHEDO, Elaine R. R. ; WASSERMAN, Julio C. ; CONTI, Claudio Carvalho ; VIVONE, R J .
Bio-Geochemical behavior of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in tropical soil.. Radioprotection (Paris), v. 40, n.
Supplement, p. S135-S142, 2005.

Agradecimentos: CNPq, FAPERJ, FUJB, Embrapa.