

FERTBIO 2004

19 a 23 de julho de 2004, Lages - SC



**FERTBIO
2004**

**XXVI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e
Nutrição de Plantas**

X Reunião Brasileira Sobre Micorrizas

VIII Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo

V Reunião Brasileira de Biologia do Solo

USO DE LODO DE ESGOTO NO CULTIVO DE *Zinnia elegans*

Sarita Mazutti Meireles⁽¹⁾, Adriana Marlene Moreno Pires⁽²⁾, Kátia Regina Ferraz Vicentini⁽³⁾.
⁽¹⁾⁽²⁾ Embrapa Hortaliças, BR 060 Km 09 CP.218, 70.359-970, Brasília – DF; ⁽³⁾ FTB, Av. Recanto das Emas, Q. 203, Lote 32, 72.610-300, Brasília – DF.

Atualmente, a disposição final dos resíduos produzidos pelo homem é um problema mundial. A sociedade tem se preocupado com a melhoria e manutenção da qualidade ambiental exigindo, cada vez mais, um maior comprometimento das autoridades no que diz respeito às limitações quanto ao uso deste resíduo, disponibilidade e capacidade de suporte do meio ambiente. Dentre os problemas gerados pela crescente atividade humana, destacam-se os esgotos originados dos grandes centros urbanos residenciais e industriais. Estes, após passarem por tratamento, geram um resíduo organomineral denominado lodo de esgoto, o qual é rico em matéria orgânica e nutrientes. Existem diversas alternativas para a disposição final do lodo de esgoto, destacando-se o seu uso agrícola como uma das formas mais promissoras. Entretanto, o lodo de esgoto pode conter características indesejáveis como metais pesados e patógenos, sendo necessário monitorar sua qualidade e aplicação, respeitando-se critérios de segurança, que ainda não foram estabelecidos legalmente no Brasil.

O uso de lodo de esgoto no cultivo de plantas ornamentais é interessante, pois minimiza a entrada de contaminantes oriundos do resíduo na cadeia alimentar. Apesar de ser amplamente utilizada em outros países, esta prática ainda está pouco difundida no país.

Face ao exposto, o presente trabalho foi realizado na Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, em condições de casa de vegetação (vasos plásticos de 5 L) no período de 21/08/03 à 03/10/03, e teve por objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo da espécie ornamental Zínia (*Zinnia elegans* Jacq.). O delineamento experimental foi composto por 5 tratamentos, a saber testemunha (apenas solo), adubação convencional e três diferentes doses de lodo de esgoto, com 3 repetições cada, tendo distribuição ao acaso. Em cada vaso foram adicionados 3 kg de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa, da camada de 20-40 cm. A adubação convencional consistiu da adição do correspondente a 30 kg de calcário, 100 kg de 4-14-8 e 1000 kg de cama de frango para 36 m³ de solo (recomendação de empresas de paisagismo do DF). O lodo de esgoto, calado, digerido aeróbia e anaerobicamente, foi proveniente da Estação de Tratamento Sul, no DF. As doses de lodo de esgoto foram baseadas no teor de nitrato do resíduo, definindo-se como dose 1 (LE₁): dose correspondente à quantidade de nitrato adicionada via cama de frango da adubação convencional (87,55g-base seca), mantendo-se a adição de NPK e calcário; dose 2 (LE₂): dose correspondente à

quantidade de nitrato adicionada via cama de frango da adubação convencional sem adição de NPK e calcário (87,55g -base seca); dose 3 (LE₃): dose correspondente à soma da quantidade de nitrato adicionada via cama de frango e NPK da adubação convencional (258,31g-base seca). Algumas características químicas do lodo de esgoto e cama de frango são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Algumas características químicas do lodo de esgoto e cama de frango utilizados no experimento*

RESÍDUO	pH	P	K	Ca	Cu	Zn	Mn	MO	NO ₃ ⁺
	(água)	-----	g kg ⁻¹ -----	-----	-----	mg kg ⁻¹ -----	-----	g dm ⁻³	g kg ⁻¹
Lodo de Esgoto	6,6	6,9	5,1	6,3	153	335	73	517	2,5
Cama de frango	8,2	4,0	16,5	101,9	266	216	349	284	2,1

* Metodologia segundo Eaton *et al.* (1995)

É interessante destacar que a adubação foi escolhida baseada nas doses utilizadas por firmas de paisagismo do DF. Na maioria destas firmas, utiliza-se uma quantidade de cama de frango pré-determinada, não sendo baseada em análises químicas, o que pode resultar em problemas nutricionais para as plantas. Tanto o pH, quanto a quantidade de Ca encontrados para a cama de frango utilizada neste estudo apresentaram-se acima do geralmente encontrado, podendo resultar em salinização do solo caso o uso deste resíduo seja contínuo.

Após um período de incubação de 11 dias, onde a umidade foi mantida na capacidade de campo, transplantou-se mudas de zínia para os vasos, colocando-se uma planta por vaso. Depois de 45 dias, foram analisadas as seguintes variáveis: altura da planta, número de folhas, número de botões florais, diâmetro das flores, biomassa fresca e seca da parte aérea. Então procedeu-se a colheita e amostragem de terra para a determinação de pH, P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e matéria orgânica (MO). A análise estatística se deu através do programa Sisvar Versão 4.3, por meio do teste Tukey (5%) para comparação de médias.

O pH do solo foi maior para os vasos que receberam adubação convencional (Quadro 2), devido à calagem e ao poder alcalinizante da cama de frango. É interessante lembrar que uma das medidas sanitárias adotadas em aviários é a adição de cal à cama antes desta ser reutilizada. A adição de lodo não provocou aumento no pH, o que não era esperado uma vez que o aumento do pH com a adição do resíduo calado ao solo já foi relatado por outros autores (Sloan & Basta, 1995). O teor de P foi superior para o tratamento LE₃, o que era esperado uma vez que este adicionou maior quantidade do elemento, via lodo de esgoto, ao solo. O teor de K foi inferior no tratamento LE₂, em relação às outras adubações, que

consistia apenas da adição de lodo de esgoto, que não é um resíduo rico neste elemento (Melo *et al.*, 2001). O LE₃ também foi um tratamento em que apenas lodo de esgoto foi adicionado, entretanto o teor de K semelhante aos demais nesse tratamento deve-se a alta dose do resíduo adicionada ao solo. O alto teor de Ca no tratamento adubação convencional está relacionado ao alto teor deste elemento na cama de frango, bastante acima do geralmente encontrado para este resíduo. Os teores de Cu não diferiram entre os tratamentos. O tratamento adubação convencional apresentou maiores teores de Mn, o que era esperado uma vez que a cama de frango apresentava uma concentração de Mn 5 vezes maior do que o lodo de esgoto.

Quadro 2. Características químicas de um latossolo cultivado com zínia e tratado com adubação convencional e diferentes doses de lodo de esgoto, 45 após o transplante das mudas*

TRATAMENTO	pH	P	K	Ca	Cu	Zn	Mn	MO
	(água)	-----	g kg ⁻¹	-----	-----	mg kg ⁻¹	-----	g dm ⁻³
Testemunha	5,9 ab	0,7 a	28 a	0,8 a	0,7 a	0,8 a	0,5 a	10,4 a
Adubação Convencional	7,2 c	6,0 a	410 b	6,7 d	1,1 a	5,3 c	1,4 b	14,7 b
LE ₁	5,3 a	14,2 a	318 b	3,5 c	1,5 a	5,2 c	0,7 a	13,9 b
LE ₂	5,4 a	3,6 a	123 a	1,3 a	1,4 a	3,2 b	0,7 a	13,0 b
LE ₃	6,2 b	61,7 b	343 b	2,2 b	1,5 a	7,0 d	0,7 a	18,1 c

*Adubação Convencional: cama de frango+NPK+calcário; LE₁: lodo de esgoto (dose calculada para fornecer a mesma quantidade de nitrato que a cama de frango)+NPK+calcário; LE₂: lodo de esgoto na dose calculada para fornecer a mesma quantidade de nitrato que a cama de frango; LE₃: lodo de esgoto na dose calculada para fornecer a mesma quantidade de nitrato que a cama de frango e o NPK.

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si (Tukey, 5%).

Metodologia segundo Silva (1999)

Para os parâmetros altura, número de folhas, massa fresca e massa seca, os tratamentos adubação convencional e LE₂ apresentaram os melhores resultados (Quadro 3). O fato das plantas do tratamento testemunha também terem apresentado valores de altura superiores, deveu-se ao estiolamento que ocorreu devido à deficiência nutricional, resultando em massa fresca e seca inferior aos demais tratamentos. A produção de massa vegetal é um importante parâmetro, uma vez que a zínia é uma espécie utilizada principalmente em jardins públicos, sendo desejável uma ampla cobertura do solo pela vegetação. Para esta variável também destacaram-se os tratamentos adubação convencional e LE₂.

Quadro 3. Altura, número de folhas, massa fresca e seca da parte aérea, total de botões florais e diâmetro de flores de Zínia cultivada em solos tratados com adubação convencional e diferentes doses de lodo de esgoto

TRATAMENTO	Altura da planta --- cm ---	Número de folhas ---- ud ----	Massa fresca parte aérea ----- g -----	Massa seca parte aérea ----- g -----	Total de botões florais ---- ud ----	Diâmetro das flores ----- mm -----
Testemunha	30,33 ab	10,67 a	2,72 b	0,49 b	1,33 b	50,42 a
Adubação Convencional	39,83 b	18,67 ab	12,32 ab	1,61 ab	2,00 ab	49,30 a
LE ₁	24,17 a	13,33 a	6,89 b	0,99 b	1,00 b	49,56 a
LE ₂	40,67 b	26,00 b	20,28 a	2,80 a	3,00 a	80,13 b
LE ₃	22,83 a	12,67 a	6,52 b	0,99 b	1,67 ab	50,45 a

*Adubação Convencional: cama de frango+NPK+calcário; LE₁: lodo de esgoto (dose calculada para fornecer a mesma quantidade de nitrato que a cama de frango)+NPK+calcário; LE₂: lodo de esgoto na dose calculada para fornecer a mesma quantidade de nitrato que a cama de frango; LE₃: lodo de esgoto na dose calculada para fornecer a mesma quantidade de nitrato que a cama de frango e o NPK.

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si (Tukey, 5%).

O total de botões florais e o diâmetro das flores foram considerados para avaliar a eficiência dos tratamentos na produção de flores com qualidade e expressividade visual, onde destacou-se o tratamento LE₂.

Portanto, para as condições experimentais utilizadas, pode-se afirmar que é possível substituir a cama de frango pelo lodo de esgoto no cultivo da zínia na dose correspondente ao tratamento LE₂, sem resultar em prejuízos na produção e qualidade da espécie em questão.

Os resultados obtidos neste trabalho servem apenas como referência para novos experimentos com uso de lodo de esgoto no cultivo de ornamentais, pois são necessários estudos mais aprofundados e direcionados para cada região e condições específicas.

Literatura Citada

- EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.C. **Standards methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington: American Public Health Association, 1995. 1082p.
- MELO, W. J. *et al.* O Uso Agrícola do Biossólido e as Propriedades do Solo. In: TSUTIYA, M. T. *et al.*, eds. *Biossólidos na Agricultura*. 2.ed. São Paulo, SABESP, 2001. p. 289-364.
- SILVA, F.C.; *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.
- SLOAN, J.J. & BASTA, N.T. Remediation of acid soils by using alkaline biosolids. *J. of Env. Qual*, v.24, p.1097-1103, 1995.

ÁCIDOS ORGÂNICOS COMO EXTRATORES DE METAIS PESADOS FITODISPONÍVEIS EM SOLOS TRATADOS COM LODO DE ESGOTO

Adriana M. Moreno Pires⁽¹⁾, Maria Emília Mattiazzi⁽²⁾, Ronaldo S. Berton⁽³⁾. ⁽¹⁾Embrapa Hortaliças, Rod. BR 060, km 09, 70359-970, Brasília-DF, adriana@cnph.embrapa.br⁽¹⁾;

⁽²⁾ESALQ/USP, Departamento de Química, Caixa Postal 09, 13418-900, Piracicaba-SP;

⁽³⁾Instituto Agrônômico de Campinas, Caixa Postal 18, 31001-970, Campinas-SP.

Ainda não foi estabelecido um método que estime eficientemente teores fitodisponíveis de metais pesados originários de lodo de esgoto em diferentes solos e espécies vegetais. A principal dificuldade na escolha do extrator é a variação de sua eficiência conforme a quantidade e tipo de metal presente e o processo de obtenção do resíduo, o tipo de solo, a presença de outras espécies químicas e a espécie vegetal em questão. A maioria dos métodos atualmente utilizados foram desenvolvidos para estimar teores fitodisponíveis de micronutrientes. A eficiência destes extratores geralmente é menor quando são considerados metais com maior potencial tóxico, como Cd, Cr, Ni e Pb. Além disso, nas condições de acidez da maioria dos solos brasileiros, os resultados geralmente são pouco conclusivos na previsão da fitodisponibilidade. Uma das hipóteses para explicar as baixas correlações é que os extratores normalmente utilizados não simulam as reações que ocorrem na rizosfera.

Ácidos orgânicos rizosféricos, de baixo peso molecular, são considerados efetivos na solubilização de metais ligados a fração sólida do solo. Dentre os poucos estudos realizados envolvendo fitodisponibilização de metais pesados presentes em solos tratados com lodo de esgoto provocada por ácidos orgânicos, destacam-se os de Mench & Martin (1991) e o de Koo (2001). Os primeiros autores observaram que Cd, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn foram solubilizados por exsudatos de raiz de *Nicotiana tabacum* L., *N. rustica* L. e *Zea mays* L. A composição química dos exsudatos foi diferente para as três espécies, mas a quantidade de metais extraída foi semelhante quando as espécies foram cultivadas no mesmo solo. Koo (2001) avaliou a influência de ácidos orgânicos na cinética de solubilização de metais pesados presentes em solos tratados com lodo de esgoto e concluiu que o comportamento da cinética de solubilização foi semelhante ao da absorção dos metais por plantas cultivadas nestes mesmos solos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o uso de uma solução de ácidos orgânicos como extrator de metais pesados fitodisponíveis em solos tratados com lodo de esgoto.

Testes preliminares foram realizados para avaliar a composição da solução, a razão solo:solução, o tempo de agitação e a concentração da solução extratora com o intuito de determinar o melhor procedimento de extração. A composição para a solução de ácidos

orgânicos escolhida foi: acético: 43% = 1,00 mol L⁻¹, cítrico: 31% = 0,72 mol L⁻¹, láctico 21% = 0,49 mol L⁻¹ e oxálico 5% = 0,12 mol L⁻¹. A seguinte marcha analítica foi, então, estabelecida: adicionaram-se 20 mL de solução extratora a 5 g de amostra de terra tratada com lodo de esgoto, agitou-se a suspensão por seis horas - agitador horizontal Innova 2100 / 250 rpm), filtrou-se o extrato usando papel de filtro Whatman nº 1, quantificaram-se os metais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn no extrato em espectrofotômetro de emissão atômica por indução de plasma/ICP-AES).

Solos provenientes de três diferentes experimentos foram amostrados no período compreendido entre a adição de lodo de esgoto e o plantio para avaliação da capacidade extratora de metais pesados pela solução de ácidos orgânicos. Amostras de folhas diagnóstico de cada espécie vegetal foram coletadas para avaliação dos teores de metais pesados no tecido vegetal. As amostras foram secas em estufa (60^oC), moídas e peneiradas em malha de 2mm para análise. O método consistiu na digestão nítrico-perclórica das amostras em microondas (EPA 3052), seguida da quantificação dos metais no extrato obtido. A determinação dos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn nos extratos de solo e de planta foi feita por espectrofotometria de emissão atômica por indução de plasma (ICP-AES). O primeiro experimento foi realizado no município de Pariquera-Açu/SP, em Latossolo Amarelo distrófico típico cultivado com bananeira e tratado com lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamentos de Esgotos (ETE) de Bichoró em uma única aplicação, nas doses correspondentes a 0, 74, 147 e 294 Mg ha⁻¹ do material sem secar. O segundo experimento foi realizado no município de Ubatuba/SP, em Neossolo Quartzarênico cultivado com pupunheira e tratado com lodo de esgoto proveniente da ETE de Bertioiga em uma única aplicação, nas doses 0, 42, 84 e 168 Mg ha⁻¹ do material sem secar. O terceiro experimento foi realizado no município de Campinas/SP, em Latossolo Vermelho¹ distrófico cultivado com café e tratado com lodo de esgoto proveniente da ETE de Jundiaí em uma única aplicação, nas doses 0, 30, 60 e 120 Mg ha⁻¹ do material sem secar.

A concentração de alguns metais pesados, na folha, encontrava-se abaixo do limite de detecção do instrumento analítico utilizado: Cd e Cr nas folhas da bananeira; Cd, Cr e Ni nas folhas de pupunha e Cr nas folhas de café. Em algumas repetições, o teor de Pb também estava abaixo do limite, sendo estas excluídas das correlações. A eficiência do extrator em avaliar os teores fitodisponíveis de Cd, Cu, Ni, Pb e Zn nos experimentos estudados foi constatada pela significância das correlações (Figura 1).

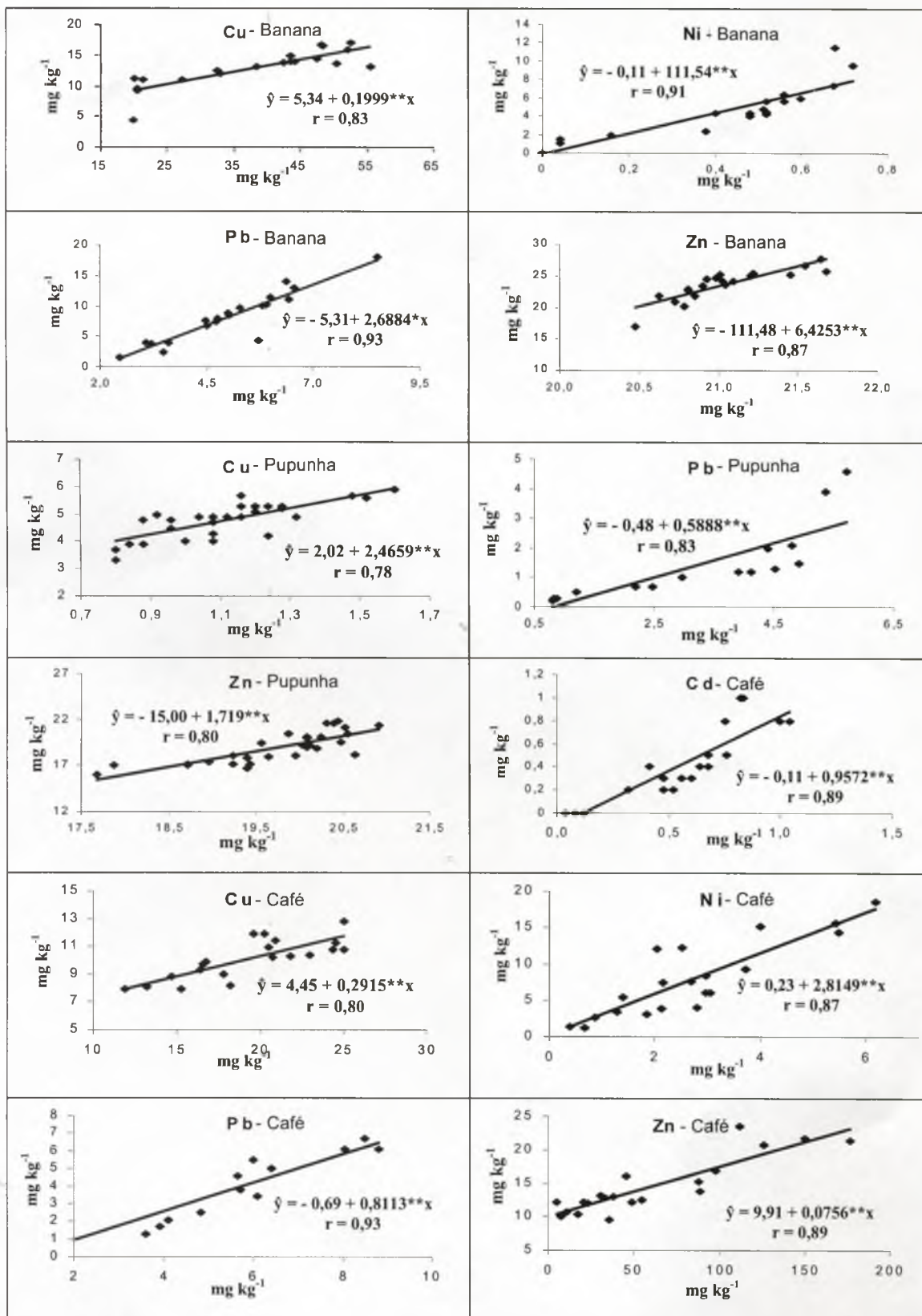


Figura 1. Concentração de metais pesados em folhas de banana, pupunha e café em função dos teores extraídos por solução de ácidos orgânicos, em diferentes solos tratados com lodo de esgoto. * e **: significativos a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Ordenando-se de forma decrescente os coeficientes de correlação de cada metal pesado em cada experimento, tem-se: banana: Pb>Ni>Zn>Cu; pupunha: Pb>Zn>Cu e café: Pb>Zn>Cd>Ni>Cu. Deve-se destacar os altos coeficientes de correlação obtidos em relação ao Pb, Ni e Cd, uma vez que a maioria dos extratores utilizados atualmente tem baixa eficiência para estes metais pesados devido à baixa concentração extraída e limitações analíticas (Anjos & Mattiazzo, 2001). A maioria dos extratores comumente utilizados têm sua eficiência alterada em função da variação do local, lodo de esgoto, metal pesado e planta avaliada, portanto, o fato das correlações terem sido significativas nos experimentos avaliados, independentemente destas variáveis, parece ser uma vantagem do método de extração proposto e deve ser mais investigada.

O caráter complexante dos ácidos orgânicos deve ter contribuído para que o método fosse eficiente em estimar teores fitodisponíveis nos casos estudados. Em estudo sobre avaliação de fitodisponibilidade de Zn, Bataglia & Raij (1994) citam que o DTPA-TEA foi superior provavelmente por este ser um agente complexante, permitindo o acúmulo de metais pesados na solução extratora, apesar da baixa atividade desses elementos na solução do solo. Acredita-se que o fato do método estar baseado em reações que ocorrem na rizosfera foi importante na obtenção dos resultados positivos do presente estudo. O extrator utilizado é composto por ácidos orgânicos presentes na rizosfera, considerados fitodisponibilizadores de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto (Mench & Martin, 1991). Com isso, a extração em laboratório assemelha-se mais com a que ocorre na rizosfera. O presente trabalho apenas sugere e testa preliminarmente o método, sendo que avaliações com o maior número possível de espécies vegetais, tipos de solo e lodo de esgoto ainda são necessárias.

Literatura Citada

- ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E. Extratores para Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn em Latossolos tratados com biossólidos e cultivados com milho. *Sc. Agricola*, v.58, p.337-344, 2001.
- BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van Soluções extratoras na avaliação da fitodisponibilidade do zinco em solos. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.19, p.457-461, 1994.
- KOO, B.J. Assessing bioavailability of metals in biosolid treated soils: root exudates and their effects on solubility of metals. Riverside, University of California, 2001. 261 p. Thesis (Ph.D.)
- MENCH, M.; MARTIN, M. Mobilization of cadmium and other metals from two soils by root exudates of *Zea mays* L., *Nicotiana tabaccum* L., and *Nicotiana rustica* L. *Plant and Soil*, 132:187-196, 1991.

Agradecimentos

À FAPESP pelo financiamento deste estudo.