



Caracterização qualitativa e quantitativa de metais pesados em alface adubada com composto de lixo urbano

Regynaldo A. Sampaio¹, Leila G. da Silva², Cândido A. da Costa¹, Luiz A. Fernandes¹ & Denilson O. Guilherme¹

RESUMO

Este trabalho avaliou o efeito de lixo urbano sobre a produção e teores de metais pesados em alface, em diferentes solos, acondicionados em vasos de 9 dm³. Os tratamentos, em arranjo fatorial 3 x 4, corresponderam a amostras de Latossolo Vermelho Amarelo (franco-argilo-arenoso), Latossolo Vermelho Amarelo (franco-arenoso) e Neossolo Quartzarênico (areia-franca), combinados com doses de composto de lixo de 0, 30, 60 e 90 t ha⁻¹, em base seca. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 3 repetições. Determinaram-se o pH do solo, produções de matéria fresca e seca e teores de Zn, Cu, Cd, Pb e Ni no solo e na planta. A adição de doses de composto de lixo ao solo aumentou a produção de matéria seca e fresca de alface e as concentrações de metais pesados no solo. Na planta, os teores de Zn, nos solos mais argilosos e os de Cu, aumentaram com o incremento das doses de composto de lixo, enquanto os teores de Zn e de Cd no solo mais arenoso diminuíram com o aumento das doses deste resíduo. O teor de Pb no tecido foliar extrapolou o nível fitotóxico e o limite recomendado para consumo humano e animal. Os elementos Zn e Cd apresentaram baixo e alto percentuais de lixiviação, respectivamente.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., resíduos orgânicos, poluição do solo

Qualitative and quantitative characterization of heavy metals in lettuce fertilized with urban waste compost

ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the effects of the application of urban waste compost on production and contents of heavy metals in lettuce and different soils in pots of 9 dm³. The experimental treatments resulted from a 3 x 4 factorial arrangement of a Red Yellow Latosol (sandy clay loam), a Red Yellow Latosol (loamy sand) and a Quartzarenic Neosol (sandy loam) combined with the urban waste compost doses of 0, 30, 60 and 90 t ha⁻¹, on dry weight basis. The experimental design was a randomized complete block with 3 replicates. Soil pH, fresh and dry matter weight and Zn, Cu, Cd, Pb and Ni concentrations were determined in the soil and the leaf tissue. The application levels of urban waste compost increased dry and fresh matter of lettuce and the heavy metal concentrations in the soil. In plant, the levels of Zn in clay soil and of Cu, increased with increasing doses of waste compost, while the Zn and Cd in sandy soil decreased with increasing doses of this waste. The Pb levels in leaf tissue surpassed the phytotoxic level recommended for the human and animal consumption. The Zn and Cd elements showed low and high leaching percentage respectively

Key words: *Lactuca sativa* L., organic waste, soil pollution

¹ UFMG, Av. Universitária nº 1000, Bairro Universitário, C P 135, CEP 39.404-006 - Montes Claros, MG. Fone : (38) 2101-7731, Fax: (38) 2101-7703. E-mail: rsampaio@ufmg.br; candido-costa@nca.ufmg.br; larnaldo@nca.ufmg.br; dguilherme@agro.grad.ufmg

² UFRR, Jardim Floresta s/n, CEP 69.300-000, Boa Vista, RR, Fone: (95) 3621-3178. E-mail: leila.matos@bva.incra.gov.br

INTRODUÇÃO

Estima-se que, no Brasil, a produção diária de resíduos domiciliares seja da ordem de 110 a 130 mil t (Venezuela, 2001); este lixo, sob a ação da precipitação pluviométrica, pode causar problemas de contaminação do solo, da água e das plantas, além de prejudicar a qualidade de vida da população.

A compostagem é uma forma de reciclagem da fração orgânica do lixo urbano e alternativa viável para a diminuição do seu volume. De acordo com Barreira (2005) a produção de composto nas usinas de compostagem a partir de resíduos sólidos urbanos, apresenta benefícios sócio-ambientais, como: geração de emprego, retirada dos resíduos da rota tradicional de descarte (aterros e lixões), além da redução da poluição e da contaminação do meio ambiente.

O processo de compostagem gera excelente adubo orgânico que melhora as condições químicas e físicas do solo para o cultivo (Mantovani et al., 2005), além de aumentar a produção de biomassa. Entretanto em virtude do lixo conter, normalmente, pilhas, baterias, embalagens de tintas, de inseticidas, de produtos de limpeza e lâmpadas, misturados à sua fração orgânica, (Venezuela, 2001), é grande a preocupação em torno da presença de metais pesados nesses compostos (Egreja Filho et al., 1999; Abreu Júnior et al., 2001). Mas deve-se levar em consideração que a maioria dos metais pesados não estão disponíveis totalmente para absorção pelas plantas em virtude da complexação com a matéria orgânica (Ruppenthal & Castro, 2005). Além disso é recomendado que o lixo seja processado a fim de reduzir sua carga microbiana (Jahnel et al., 1999).

A alface é bastante sensível à presença de metais pesados no solo e uma das hortaliças mais cultivadas nos cinturões verdes dos grandes centros urbanos (Santos et al., 1998).

A avaliação dos níveis de contaminação desta planta com metais pesados constitui-se em importante indicador para a avaliação dos riscos de aproveitamento de compostos de lixo no cultivo de hortaliças. Convém destacar que alguns estudos já constataram o uso seguro deste resíduo no cultivo de plantas como cenoura, couve-flor, rabanete e milho-verde (Venezuela, 2001) e até mesmo da alface (Mantovani et al., 2003).

Com este trabalho objetivou-se avaliar principalmente o efeito da aplicação de doses de compostos de lixo urbano sobre a produção e absorção de metais pesados por plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) em solos com diferentes texturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima, Brasil, utilizando-se vasos de polietileno de 9 dm³ e, como planta indicadora, a alface (*Lactuca sativa* L.).

Os tratamentos, em arranjo fatorial 3 x 4, com três repetições, distribuídos no delineamento em blocos casualizados, corresponderam às amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-argilo-arenosa (LVA_{faa}), de um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa (LVA_{fa}) e de um Neossolo Quartzarênico, textura areia-franca (RQ), combinados com as doses de composto de lixo de 0, 30, 60 e 90 t ha⁻¹, em base seca cujas características químicas e físicas são apresentadas na Tabela 1.

De acordo com a metodologia proposta por Goedert et al. (1991), amostras dos solos citados foram incubadas por 90 dias com as doses de 0; 5; 4; 1,5; 2; 2,2; 3; e 3,5g de CaCO₃ p.a. por 500 g de solos e unidade próxima à capacidade de campo; após este período determinou o pH em água e se ajustou, através de análise de regressão a curva, relacionando a dose de calcário aplicada ao pH do solo e se estimou as doses necessárias para elevar o pH de cada amostra de solo para a faixa de 6,5 a 5,5.

As adubações químicas da alface foram feitas conforme Blanco et al. (1997), com 50 mg dm³ de N, 100 mg dm³ de P e 50 mg dm³ de K, aplicados na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

A unidade experimental foi constituída por um vaso com uma planta colhida. Quando atingiu o ponto de comercialização, as plantas foram cortadas rentes ao solo e pesadas para se obter o peso da matéria fresca; o peso seco foi obtido após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até peso constante; as determinações do pH do solo e dos teo-

Tabela 1. Características químicas e físicas das amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-argilo-arenosa (LVA_{faa}), Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa (LVA_{fa}) e Neossolo Quartzarênico, textura areia-franca (RQ) e do composto de lixo e fertilizantes aplicados

Amostras	Cd ¹	Pb ¹	Cu ¹	Zn ¹	Ni ¹	Areia		
						Silte	Argila ²	
	µg g ⁻¹					dag kg ⁻¹		
LVA _{faa}	1,5	10,0	18,3	14,0	10,0	63	10,0	27,0
LVA _{fa}	1,5	10,0	5,7	10,0	2,5	82	4,0	14,0
RQ	1,5	10,0	4,7	10,0	2,5	88	2,0	10,0
Composto de lixo	4,2	131,0	78,6	389,0	7,2	-	-	-
Norma da Alemanha ³	15,0	150,0	100,0	400,0	50,0	-	-	-
Calcário	3,0	0,0	13,0	0,0	216,0	-	-	-
Nitrato de potássio	5,0	0,0	0,0	0,0	56,0	-	-	-
Superfosfato simples	9,0	0,0	21,0	340,0	136,0	-	-	-

¹extração com Mehlich 1, menos para o composto de lixo; ²Método do densímetro; ³Limite máximo de metais pesados permitido em composto de lixo na Alemanha (Silva et al., 2002)

res de cádmio, cobre, níquel, chumbo e zinco no solo e na planta, foram feitas de acordo com as metodologias preconizadas por Tedesco et al. (1995).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância; fez-se a comparação entre os solos pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade enquanto para o ajuste dos modelos de regressão, referentes às doses de composto, testaram os coeficientes das equações até 10% de probabilidade pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Venezuela (2001) e Silva et al. (2004), não existe ainda, no Brasil, uma legislação que estabeleça os teores máximos de metais pesados permitidos em composto de lixo na agricultura, bem como a quantidade relativa de coliformes fecais, razão pela qual neste estudo as concentrações de metais pesados no composto (Tabela 1) foram comparadas com os limites estabelecidos pela norma de produtores de compostos da Alemanha, considerada uma das mais rigorosas do mundo (Silva et al., 2002). Constatou-se que todos os metais pesados se mantiveram abaixo dos limites críticos estabelecidos pela citada norma.

Em relação aos insumos químicos aplicados (Tabela 1), notou-se presença de metais pesados, principalmente Cd e Ni, com destaque para o calcário e o superfosfato simples. A exemplo deste trabalho, diversos outros relatos apontam a existência de metais pesados em corretivos de acidez e fertilizantes químicos e os riscos de sua absorção pelas plantas (Amaral et al., 1994; Cravo et al., 1998; Gonçalves Junior et al., 2000).

Os teores de Pb, Ni e Cu nos solos após o cultivo da alface, diminuíram em relação às suas concentrações iniciais (Tabelas 1, 2 e 3), não se detectam Cd nos solos após o cultivo; no caso do Cu, ocorreu um ligeiro aumento dos teores deste elemento mas apenas para as doses mais elevadas de composto de lixo nos solos mais arenosos (Tabelas 1 e 3); os teores de Zn, por outro lado, apresentaram aumento razoável para todos os solos (Tabelas 1 e 2); o aumento nos teores de Zn e Cu do solo com a adição de compostos produzidos a partir de lixo orgânico, também foi observado por Cabrera et al. (1989), Costa et al. (1994).

Os pesos fresco e seco da parte aérea da alface e os teores de Pb, Zn e Ni não apresentaram interação entre os tipos

Tabela 2. Pesos fresco (PF) e seco (PS) da alface e teores de metais pesados no solo em função do Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-argilo-arenosa (LVA_{faa}), Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa (LVA_{fa}) e Neossolo Quartzarênico, textura areia-franca (RQ)*

Amostras	PF	PS	Pb	Zn	Ni
	g		µg g ⁻¹		
LVA _{faa}	13,83 a	4,59 a	4,88 a	19,88 a	3,20 a
LVA _{fa}	11,00 a	2,96 b	5,27 a	17,55 b	1,66 a
RQ	11,25 a	3,19 b	5,38 a	17,90 b	2,41 a

* médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan

Tabela 3. pH e teor de Cu no solo em função do Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-argilo-arenosa (LVA_{faa}), Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa (LVA_{fa}) e Neossolo Quartzarênico, textura areia-franca (RQ) e das doses de composto de lixo*

Dose do Composto de Lixo (t ha ⁻¹)	pH			Cu (µg g ⁻¹)		
	LVA _{faa}	LVA _{fa}	RQ	LVA _{faa}	LVA _{fa}	RQ
0	7,10 b	7,57 a	7,07 b	3,00 a	1,53 b	1,23 b
30	7,40 b	8,00 a	7,30 b	4,60 a	2,97 b	3,57 b
60	7,47 a	7,37 a	7,27 a	5,40 a	5,80 a	5,17 a
90	7,50 a	7,30 a	7,27 a	5,87 b	7,40 a	4,93 b

* médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan

de solo estudados e as doses de composto de lixo aplicadas (Tabela 2). Observa-se que apenas o peso seco e o teor de Zn no solo apresentaram valores mais elevados para o LVA_{faa} com maior teor de argila, enquanto o peso fresco, o Pb e o Ni não diferiram entre os diferentes tipos de solo.

O pH e o teor de Cu do solo mostraram interação entre os diferentes tipos de solo estudados e as doses de composto de lixo aplicadas (Tabela 3); neste caso, os maiores valores de pH foram observados no LVA_{fa}, com teor intermediário de argila nas menores doses de composto de lixo; para o Cu, seus maiores valores ocorreram nos Latossolos com maiores teores de argila.

O maior peso de matéria seca no LVA_{faa} reflete a influência da argila na produção da planta, relacionada provavelmente a uma retenção maior de água e nutrientes essenciais; dentre os metais pesados estudados, o Zn e o Cu foram influenciados pela textura do solo observando-se maiores teores no solo mais argiloso.

Segundo Silva et al. (2003), os solos mais tamponados resistem mais às perdas de metais em razão da sua adsorção iônica se achar diretamente relacionada com o maior teor de argila; no caso do Cd, em razão da sua baixa concentração no solo original e no composto, não houve detecção no solo após o cultivo das plantas.

Além dos metais pesados, os pesos fresco e seco de alface aumentaram com o incremento das doses de composto de lixo, atingindo o valor máximo para a matéria fresca, com a dose de 65,84 t ha⁻¹ e, para a matéria seca, com a dose de 90,00 t ha⁻¹ (Tabela 4); com a dose máxima da matéria fresca o pH atingiu valores no LVA_{faa}, LVA_{fa} e RQ de 7,51, 7,55 e 7,32, respectivamente, enquanto para os metais pesados, os valores foram de 5,38 µg g⁻¹ de Cu para o LVA_{faa}, 5,83 µg g⁻¹ de Cu para o LVA_{fa} e 4,61 µg g⁻¹ de Cu para a RQ, 22,68 µg g⁻¹ de Zn, 3,16 µg g⁻¹ de Ni e 5,73 µg g⁻¹ de Pb; para esta dosagem de composto de lixo, os teores de metais pesados no solo ficaram abaixo dos valores considerados críticos, segundo normas de diversos países (Venezuela, 2001).

Os teores de Pb, Cu e Cd no tecido foliar não mostraram interação entre os tipos de solo estudados e as doses de composto de lixo aplicadas; nota-se, na Tabela 5, que não houve influência do tipo de solo em relação à absorção de Pb e Cu pela planta; entretanto, para o Cd a menor absorção

Tabela 4. Equações de regressão relacionando os pesos fresco e seco da parte aérea da alface e teores de metais pesados no solo com as doses de composto de lixo aplicadas (t ha⁻¹)

Variável	Solo*	Equação	R ²
Peso Fresco (g)	-	$Y_e = 8,35 + 0,174483 * X - 0,001325 * X^2$	0,8824
Peso Seco (g)	-	$Y_e = 1,70 + 0,130600 * X^{0,5}$	0,9915
pH	LVA _{faa}	$Y_e = 7,11 + 0,010983 * X - 0,000075 * X^2$	0,9821
	LVA _{fa}	$Y_e = 7,65 + 0,007700 * X - 0,000139 * X^2$	0,5588
	RQ	$Y_e = 7,09 + 0,00765 * X - 0,0000639 * X^2$	0,8751
Zn - solo (µg g ⁻¹)	-	$Y_e = 9,29 + 0,2034 * X$	0,9625
Ni - solo (µg g ⁻¹)	-	$Y_e = 0,82 + 0,035500 * X$	0,9694
Pb - solo (µg g ⁻¹)	-	$Y_e = 3,96 + 0,026867 * X$	0,9736
	LVA _{faa}	$Y_e = 3,31 + 0,031367 * X$	0,9306
	LVA _{fa}	$Y_e = 1,34 + 0,068133 * X$	0,9835
Cu - solo (µg g ⁻¹)	RQ	$Y_e = 1,82 + 0,042333 * X$	0,8238

*LVA_{faa}: Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-argilo-arenosa; LVA_{fa}: Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa; RQ: Neossolo Quartzarênico, textura areia-franca; °, *, ** significativos a 10; 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t

Tabela 5. Teores de metais pesados no tecido foliar de alface em função do Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-argilo-arenosa (LVA_{faa}), Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa (LVA_{fa}) e Neossolo Quartzarênico, textura areia-franca (RQ)*

Amostras	Pb	Cu	Cd
	mg dm ⁻³		
LVA _{faa}	42,92 a	25,25 a	0,038 b
LVA _{fa}	47,83 a	21,67 a	0,053 a
RQ	43,83 a	18,08 a	0,055 a

*médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan

deste elemento ocorreu no LVA_{faa}, com maior teor de argila. Embora o Cd não tenha sido detectado no solo após o cultivo, ficou evidente a influência da textura do solo na sua absorção pela planta, fato também observado por Silva et al. (2003).

Os teores de Zn e Ni no tecido foliar da alface apresentaram interação entre os diferentes tipos de solo e as doses de composto de lixo aplicadas (Tabela 6). Observa-se que, na

Tabela 6. Teores de metais pesados no tecido foliar de alface em função da alface do Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-argilo-arenosa (LVA_{faa}), Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa (LVA_{fa}) e Neossolo Quartzarênico, textura areia-franca (RQ) e das doses de composto de lixo*

Dose do Composto de Lixo (t ha ⁻¹)	Zn (mg dm ⁻³)			Ni (mg dm ⁻³)		
	LVA _{faa}	LVA _{fa}	RQ	LVA _{faa}	LVA _{fa}	RQ
0	63,00 b	55,00 b	101,67 a	37,00 c	60,00 b	93,33 a
30	63,33 a	61,00 a	60,67 a	35,00 a	43,00 a	45,33 a
60	64,67 a	59,33 a	55,33 a	39,00 a	41,00 a	43,00 a
90	60,33 a	60,67 a	60,67 a	34,67 a	45,00 a	41,33 a

* médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan

ausência de composto de lixo, a maior absorção de Zn e Ni ocorreu no RQ, com menor teor de argila.

De acordo com Barbosa Filho et al. (1994), a capacidade de fixação de Zn pelo solo é maior a medida em que aumenta o seu teor de argila, o que afeta a absorção pelas plantas. Com a aplicação do composto de lixo, a absorção de Zn e Ni pela planta ocorreu da mesma forma, para todos os solos.

O teor de Zn no tecido foliar da alface aumentou nos solos mais argilosos e diminuiu no solo mais arenoso, com o incremento das doses de composto de lixo aplicadas (Tabela 7); no caso do Ni e do Cd, houve redução nos teores desses elementos com o incremento das doses de composto, enquanto para o Cu ocorreu aumento.

Tabela 7. Equações de regressão relacionando-se os teores de metais pesados no tecido foliar da alface com as doses de composto de lixo aplicadas (t ha⁻¹)

Metais Pesados (mg dm ⁻³)	Solo*	Equação	R ²
Zn - folha	LVA _{faa}	$Y_e = (3926,81 + 11,883545 * X - 0,162275 * X^2)^{0,5}$	0,7791
	LVA _{fa}	$Y_e = (3087,94 + 19,268652 * X - 0,148667 * X^2)^{0,5}$	0,7590
	RQ	$Y_e = (10096,91 - 250,5087 * X + 2,029389 * X^2)^{0,5}$	0,9386
Ni - folha	LVA _{faa}	$Y_e = Y_m = 36,42$	-
	LVA _{fa}	$Y_e = 60,01 - 3,477671 * X^{0,5} + 0,002218 * X^2$	0,9999
Pb - folha	RQ	$Y_e = 93,18 + 0,784333 * X - 12,809624 * X^{0,5}$	0,9967
	-	$Y_e = Y_m = 44,86$	-
Cu - folha	-	$Y_e = (277,46 + 15,013594 * X - 0,149411 * X^2)^{0,5}$	0,9458
Cd - folha	-	$Y_e = (0,26 - 0,001782 * X + 0,000014 * X^2)^2$	0,9693

*LVA_{faa}: Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-argilo-arenosa; LVA_{fa}: Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa; RQ: Neossolo Quartzarênico, textura areia-franca; *, ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t

Considerando-se a dose de composto de 65,84 t ha⁻¹ (dose de máxima eficiência física para a matéria fresca), os teores de Zn foram de 63,29 mg dm⁻³ para o LVA_{faa}, 60,93 mg dm⁻³ para o LVA_{fa} e 49,00 mg.dm⁻³ para o RQ; já para o Ni, os teores foram de 36,42 mg dm⁻³ para o LVA_{faa}, 41,41 mg dm⁻³ para o LVA_{fa} e 40,88 mg dm⁻³ para o RQ; os teores de Pb, Cu e Cd foram, respectivamente, 44,86 mg dm⁻³, 24,87 mg dm⁻³ e 0,041 mg.dm⁻³.

As concentrações de metais pesados na matéria seca ficaram abaixo do nível crítico no qual as plantas apresentaram sintomas de fitotoxicidade, conforme apontado por Marques et al. (2002). À exceção do chumbo, os teores de metais no tecido vegetal permaneceram inferiores aos limites toleráveis para consumo humano e por animais, conforme valores estabelecidos pelas normas brasileiras e estrangeiras (ABIA, 1985).

A contaminação com chumbo aponta para a necessidade de maiores estudos em relação à disponibilidade deste elemento nas condições de solo brasileiro, não sendo adequado o uso dos limites no solo e compostos, estabelecidos em outros países; fato também destacado por Silva et al. (2003).

Em geral, o solo LVA_{faa} foi o que apresentou maior quantidade inicial dos metais analisados (Tabela 8), fato que pode ser atribuído ao maior teor de argila apresentado por este solo, o que favorece a adsorção de cátions, conforme observado por Araújo & Nascimento (2005). Observa-se, após as adu-

Tabela 8. Balanço de metais pesados em função do Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-argilo-arenosa (LVA_{faa}), Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa, (LVA_{fa}) e Neossolo Quartzarênico, textura areia-franca, (RQ) e das doses de composto de lixo

Compartimento*	LVA _{faa}				LVA _{fa}				RQ			
	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
Zn (mg por vaso)												
IS	126,00	126,00	126,00	126,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
CO	0,00	54,85	110,09	164,94	0,00	54,85	110,09	164,94	0,00	54,85	110,09	164,94
CA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SS	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42
PL	0,15	0,25	0,36	0,40	0,05	0,13	0,25	0,28	0,05	0,13	0,29	0,30
FS	79,80	174,30	223,20	238,50	75,30	124,50	187,50	244,50	60,00	151,20	207,90	225,30
PE	50,47	10,72	16,95	56,46	19,07	24,64	16,76	14,58	34,37	0,00	0,00	33,76
Cu (mg por vaso)												
IS	164,7	164,7	164,7	164,7	51,3	51,3	51,3	51,3	42,3	42,3	42,3	42,3
CO	0,00	11,09	22,24	33,33	0,00	11,09	22,24	33,33	0,00	11,09	22,24	33,33
CA	0,18	0,18	0,18	0,18	0,13	0,13	0,13	0,13	0,23	0,23	0,23	0,23
NP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SS	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
PL	0,06	0,13	0,14	0,11	0,01	0,06	0,12	0,09	0,01	0,03	0,09	0,14
FS	27,00	41,40	48,60	52,80	13,80	26,80	52,20	66,60	11,10	32,10	46,50	44,40
PE	138,09	134,71	138,65	145,57	37,89	35,93	21,62	18,34	31,69	21,76	18,45	31,59
Cd (mg por vaso)												
IS	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
CO	0,00	0,59	1,19	1,78	0,00	0,59	1,19	1,78	0,00	0,59	1,19	1,78
CA	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05
NP	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
SS	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
PL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PE	13,74	14,33	14,93	15,52	13,73	14,32	14,92	15,51	13,75	14,34	14,94	15,53
Pb (mg por vaso)												
IS	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
CO	0,00	18,47	37,07	55,54	0,00	18,47	37,07	55,54	0,00	18,47	37,07	55,54
CA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PL	0,08	0,16	0,27	0,31	0,05	0,08	0,22	0,24	0,03	0,08	0,24	0,18
FS	38,40	42,00	45,90	49,20	34,50	41,70	56,70	56,70	38,10	38,40	49,20	67,80
PE	51,52	66,31	80,9	96,03	55,45	66,69	70,15	88,6	51,87	69,99	77,63	77,56
Ni (mg por vaso)												
IS	90,0	90,0	90,0	90,0	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
CO	0,00	1,02	2,04	3,05	0,00	1,02	2,04	3,05	0,00	1,02	2,04	3,05
CA	2,92	2,92	2,92	2,92	2,16	2,16	2,16	2,16	3,82	3,82	3,82	3,82
NP	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
SS	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
PL	0,09	0,14	0,22	0,23	0,06	0,09	0,17	0,21	0,05	0,09	0,23	0,21
FS	13,20	23,10	32,10	46,80	0,00	8,40	23,10	28,20	4,20	23,10	32,10	27,30
PE	82,3	73,37	65,31	51,61	27,27	19,86	6,1	1,97	24,74	6,82	0,00	4,53

* IS = quantidade inicial no solo; CO = quantidade aplicada com o composto de lixo; CA = quantidade aplicada com o calcário; NP = quantidade aplicada com o nitrato de potássio; SS = quantidade aplicada com o superfosfato simples; PL = conteúdo na planta; FS = quantidade final no solo; PE = perdas por lixiviação, indisponibilidade no solo etc. (PE = IS + CO + CA + NP + SS - PJ - FS).

bações realizadas, que a acumulação de cada elemento no solo pouco variou conforme a textura, sendo o Zn o elemento que apresentou maior retenção nos solos analisados superando, inclusive, as quantidades iniciais quando da aplicação do composto orgânico. Os resultados contrapõem aos de Hue (1995) e Amaral Sobrinho et al. (1997) que apontam o Zn como

elemento de boa mobilidade no solo. O Cd por outro lado, foi completamente perdido por lixiviação e, embora uma mobilidade maior deste elemento seja ressaltada por autores, como Pardo (2000), Oliveira et al. (2001) e Kim & Kim (2001), observações de Oliveira et al. (2002) e Prado & Juliatti (2003) destacam pouca movimentação deste elemento em Latossolos e Nitossolo.

Comparado aos outros insumos aplicados, exceto para Ni, a adição de composto de lixo proporcionou aumentos substanciais de metais pesados no solo (Tabela 8); e entretanto, o aumento nas quantidades de composto não se diferiu no aumento das perdas de metais pesados por lixiviação, com exceção apenas do Pb. A maior parte desses elementos permaneceu no sistema solo-planta, principalmente no solo, podendo-se atribuir tal fato ao aumento do pH (Tabela 4) e da CTC do solo proporcionado pelo incremento do composto de lixo (Petroni & Pires, 2000; Pavinato & Rosolem, 2008).

CONCLUSÕES

1. A produção de matéria fresca e seca da alface aumentou com a adição de composto de lixo ao solo.
2. Os teores de metais pesados no solo aumentam linearmente com o incremento de doses de composto de lixo aplicadas.
3. O teor de Zn no tecido foliar da alface aumentou nos solos mais argilosos e diminuiu no solo mais arenoso, com o incremento das doses de composto de lixo aplicadas.
4. Os teores de Ni e de Cd no tecido foliar da alface diminuíram com o incremento das doses de composto de lixo aplicadas.
5. O teor de Cu no tecido foliar aumentou com o incremento das doses de composto de lixo aplicadas.
6. A adição de composto de lixo proporciona aumento do teor de Pb em alface acima dos limites recomendados para o consumo humano e animal.
7. O Zn foi o elemento que apresentou menor percentual de lixiviação e o Cd foi totalmente lixiviado

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelas bolsas de produtividade em pesquisa e de iniciação científica.

LITERATURA CITADA

- ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. Compêndio da legislação dos alimentos. São Paulo: ABIA, 1985. 185p.
- Abreu Júnior, C. H.; Muraoka, T.; Oliveria, F. C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. *Scientia Agrícola*, v.58, n.4, p.813-824, 2001.
- Amaral, A. S. do; Defelipo, B. V.; Costa, L. M. da; Fontes, M. P. F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.9, p.1351-1358, 1994.
- Amaral Sobrinho, N. M. B.; Velloso, A. C. X.; Oliveira, C. Solubilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.9-16, 1997.
- Araújo, J. do C. T. de; Nascimento W. A. do. Redistribuição entre frações e teores disponíveis de zinco em solos incubados com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.4, p.635-644, 2005.
- Barbosa Filho, M. P.; Dynia, J. F.; Fageia, N. K. Zinco e ferro na cultura do arroz. Brasília: Embrapa-SPI, 1994, 71p. Embrapa CNPAF, Documentos, 49
- Barreira, L. P. Avaliação das usinas do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção. São Paulo: USP, 2005. 190p. Tese Doutorado
- Blanco, M. C. S. G.; Groppo, G. A.; Tessarioli Neto, J. Alface (*Lactuca sativa* L.). In. Manual técnico das culturas: Tomo II – olerícolas, medicinais e ornamentais. 2.ed. Campinas: CATI, 1997. p.13-18.
- Cabrera, F.; Diaz, E.; Madrid, L. Effect of using urban compost as manure on soil contents of some nutrients and heavy metals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.47, n.2, p.159-169, 1989.
- Costa, C. A.; Casali, V. W. D.; Loures, E. G.; Cecon, P. R.; Jordão, C. P. Teor de metais pesados em alface (*Lactuca sativa* L.) adubada com composto orgânico de lixo urbano. *Revista Ceres*, v.41, p.629-640, 1994.
- Cravo, M. S.; Muraoka, T.; Giné, M. F. Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.547-553, 1998.
- Egreja Filho, F. B.; Reis, E. L.; Jordão, C. P.; Pereira Neto, J. T. Avaliação quimiométrica da distribuição de metais pesados em composto de lixo urbano domiciliar. *Química Nova*, v.22, n.3, p.324-328, 1999.
- Goedert, W. J.; Souza, D. M. G. de; Scolari, D. D. G. Critérios para recomendação de calagem e adubação. In: Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D. de; Lourenço, S. (coord.) Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa SEA, 1991. p.363-392. Documentos, 3
- Gonçalves Junior, A. C.; Luchese, E. B.; Lenzi, E. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo, em soja cultivada em Latossolo Vermelho escuro tratado com fertilizantes comerciais. *Química Nova*, v.23, n.2, p.173-177, 2000.
- Hue, N. V. Sewage sludge. In: Recheigl, J. E. (ed.) Soil amendments and environmental quality. Boca Raton: CRC Press, 1995. p.199-168.
- Jahnel, M. C.; Melloni, R. M.; Cardoso, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. *Scientia Agrícola*, v.56, n.2, p.301-304, 1999.
- Kim, S. O.; Kim, K. W. Monitoring of electrokinetic removal of heavy metals in tailing-soils using sequential extraction analysis. *Journal of Hazardous Materials*, v.85, p.195-211, 2001.
- Mantovani, J. R.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P.; Barbosa, J. C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.817-824, 2005.
- Mantovani, J. R.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P.; Chiba, M. K.; Braz, L. T. Calagem e adubação com vermicomposto de lixo urbano na produção e nos teores de metais pesados em alface. *Horticultura Brasileira*, v.21, n.3, p.494-500, 2003.
- Marques, M. O.; Melo, W. J. de; Marques, T. A. Metais pesados e o uso de biossólidos na agricultura. In: Biossólidos na agricultura. 2.ed., São Paulo: ABES/USP/UNESP. 2002. p.365-403.

- Oliveira, F. C.; Matiazzo, M. E. Mobilidade de metais pesados em Latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. *Scientia Agrícola*, v.58, n.4, p.807-812, 2001.
- Oliveira, F. C.; Matiazzo, M. E.; Marciano, C. R.; Abreu Junior, C. H. Movimentação de metais pesados em Latossolo adubado com composto de lixo urbano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.12, p.1787-1793, 2002.
- Pardo, M. T. Sorption of lead, copper, zinc, and cadmium by soils: effect of nitrioloacetic acid on metal retention. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.31, p. 31-40, 2000.
- Pavinato, P. S.; Rosolem, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo-Decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.911-920, 2008.
- Petroni, S. L. G.; Pires, M. A. F. Adsorção de zinco e cádmio em colunas de turfa. *Química Nova*, v.23, n.4, 2000.
- Prado, R. M.; Juliatti, M. A. Lixiviação de cádmio em profundidade em coluna com Latossolo Vermelho e Nitossolo. *Revista de Agricultura*, v.78, n.2, p.219-228, 2003.
- Ruppenthal, V.; Castro, A. M. C. Efeito do composto de lixo urbano na nutrição e produção de gladiolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.1, p.145-150, 2005.
- Santos, I. C. dos; Casali, V. W. D.; Miranda, G. V. Comportamento de dez cultivares de alface adubadas com composto de lixo urbano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.2, p.157-161, 1998.
- Silva, F. C. da; Berton, R. S.; Chitolina, J. C.; Ballesteros, S. D. Recomendações técnicas para o uso agrícola do composto de lixo urbano no estado de São Paulo. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002. 17p. Circular Técnica, 3
- Silva, F. C. da; Chitolina, J. C.; Ballesteros, S. D.; Voigtel, S. D. S.; Melo, J. R. B. Processos de produção de composto de lixo urbano e a sua qualidade como fertilizante orgânico. *Holos Environment*, v.5, n.2, p.121-136, 2004.
- Silva, F. C. da; Silva, C. A.; Bergamasco, A. F.; Ramalho, A. L. Efeito do período de incubação e de doses de composto de lixo urbano na disponibilidade de metais pesados em diferentes solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.3, p.403-412, 2003.
- Sopper, W. E. *Municipal sludge use in land reclamations*. New York: Lewis Publishers, 1993, 163p.
- Tedesco, M.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkneiss, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS, 1995, 174p. Boletim Técnico, 5
- Venezuela, T. C. Determinação de contaminantes metálicos (metal tóxico) num solo adubado com composto de lixo em área olerícola no município de Nova Friburgo. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2001. 79p. Dissertação Mestrado