

USO AGRÍCOLA DE COMPOSTO DE LIXO: ESTUDO DA TRANSFERÊNCIA DE METAL PESADO NO SISTEMA SOLO-CANA-DE-AÇÚCAR¹

Fábio César da Silva², Claudia Maria Villar Caldeira³, Paulo Cesar Gomes⁴, Alessandra Fabíola Bergamasco⁵

1. Resumo

Este estudo buscou avaliar uma solução agronômica para a destinação do lixo urbano com a utilização de sua compostagem na adubação da cana-de-açúcar. A utilização de composto de lixo (CL) altera a dinâmica de matéria orgânica do solo, tendo um impacto sobre seus processos físicos, químicos, mineralógicos e biológicos, podendo ser benéfica, pois constitui uma importante fonte de nutrientes, mas pode também causar problemas, em médio e longo prazos por conter metais pesados, que podem contaminar os solos e até entrar na cadeia alimentar.

Termos para indexação: Composto orgânico; Metal pesado; Cana-de-açúcar.
Index terms: Organic compounds; Heavy metal; Sugar cane.

2. Introdução

Com o grande crescimento da produção de resíduos urbanos (lixo), prejudicando diretamente o meio ambiente, e com o aumento do custo de fertilizantes, o uso do composto de lixo (CL) na agricultura tornou-se uma alternativa viável, tanto do ponto de vista econômico como social e ambiental. Entretanto, a aplicação desse produto em áreas agrícolas tem trazido preocupações, pois os metais pesados podem entrar na cadeia alimentar através de plantas, animais e contaminar as águas superficiais e subterrâneas (Hue et al., 1994).

A utilização do composto de lixo na agricultura pode proporcionar muitas vantagens. Além de amenizar os problemas sanitários, sobretudo nos grandes aglomerados populacionais, proporciona uma interação múltipla nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Giordano et al., 1975; Mazur et al., 1983). Têm sido também relatados aumentos na capacidade de retenção de água e aeração, bem como na eficiência de fertilizantes aplicados. Ernani & Gianello (1983), confirmaram que a incorporação de resíduos orgânicos ao solo tem diminuído o teor de alumínio trocável, aumentando o pH e elevando a disponibilidade de cátions trocáveis e de fósforo. É ainda uma fonte de matéria orgânica, podendo ser usado como corretivo químico e condicionador das propriedades físicas do solo (Bernardes, 1982).

Segundo Gallardo-Lara & Nogales (1987), a maioria dos metais tem efeito acumulativo no solo, podendo ser transferidos para o tecido vegetal e, conseqüentemente, contaminando a cadeia trófica animal. A possível presença de metais pesados em níveis tóxicos no composto de lixo pode afetar negativamente os processos biológicos do solo, interferindo também no crescimento das plantas (Trindade et al., 1996). Devido à sua importância, esse estudo visa avaliar os efeitos da aplicação do composto de lixo enriquecido com metais pesados no cultivo da cana-de-açúcar, estudando-se a dinâmica desses metais pelo sistema solo-raiz-parte aérea.

¹Projeto financiado pela Fapesp com os processos nº 98/06439-2 e 99/07341-9 e apoiado pelo CNPq.

²Eng. Agr., Dr. Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo- 13083-970 - Campinas, SP.

³Bolsista de Aperfeiçoamento CNPq em projeto integrado, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico nº 1024 - 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ.

⁴Prof. Dr., Universidade de Lavras, Departamento de Solos, Caixa Postal 37 - 37200-000 - Lavras, MG.

⁵Zootecnista, Bolsista Fapesp, Embrapa Informática Agropecuária.

3. Experimento: instalação e condução

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e no laboratório de Química da Embrapa Solos, no Rio de Janeiro, RJ. Os tratamentos consistiram de quatro solos (Latosolo Vermelho-Amarelo LV, Podzólico Vermelho-Amarelo PV, Brunizem B e Planossolo PL) incubados com CL enriquecido com cinco níveis de metais pesados, apresentados na Tabela 1. Inicialmente foram coletadas amostras do horizonte A dos quatro tipos de solo, secas ao ar, homogêneas, passadas em peneira de 4mm de abertura de malha e, após adição de CL, foram caracterizadas física e quimicamente.

TABELA 1. Doses de metais pesados adicionados ao composto de lixo.

Metal	1	2	Níveis		
			3	4	5
			Dose ppm		
Cd	0	2	4	6	8
Ni	0	50	100	200	300
Cu	0	50	100	200	300
Pb	0	100	200	300	400
Zn	0	5	10	15	20

O CL foi aplicado na dosagem de 10% em relação ao peso seco, para todos os tratamentos. Primeiramente foi aquecido com metais pesados, utilizando soluções de sais de Cd, Cu, Ni, Pb e Zn, nas formas $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ e $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, respectivamente. Para tanto, pesou-se 250g de CL e preparou-se soluções individuais para cada dose de metal pesado. Em seguida, o CL foi contaminado com 10ml de cada solução e, após seis dias, o composto enriquecido foi adicionado ao solo, acrescentando-se a seguir, água deionizada até atingir a capacidade de campo. Esse processo foi repetido para cada unidade experimental. Durante o período de incubação, a umidade das amostras foi mantida em cerca de 70% da capacidade de campo. As amostras foram, então, transferidas para vaso de plástico, de polietileno, procedendo-se o plantio de muda da cana-de-açúcar com 20 dias, onde a unidade experimental foi formada por uma mistura de solo e CL enriquecido com metais pesados, com peso final de 2kg.

3.1 Análises laboratoriais

Antes de ser realizado o plantio, e após adição e homogeneização de composto de lixo contaminado com metais pesados, foram retiradas subamostras de solo, que foram secas ao ar, passadas em peneira de 2mm de abertura de malha, novamente homogêneas. Dessas subamostras foi determinado a concentração de metais pesados no solo pela solução extratora Mehlich-1 (Haby et al., 1990).

Decorridos 59 dias do plantio as plantas de cana-de-açúcar foram cortadas a 1cm do solo e separadas em raiz e parte aérea. Em seguida, todas as amostras de tecido vegetal foram lavadas em água de torneira, ácido cítrico a 2% e água destilada sendo, após isso, colocadas para secar em estufa a 60°C até peso constante, quando foram então pesadas e moídas em moinho tipo Wiley. O material do tecido vegetal foi submetido a digestão nitro-perclórica (Moraes et al., 1986), em cujos extratos se determinou por leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, as concentrações de Cd, Pb, Cu, Ni e Zn em cada parte da planta (raiz e parte aérea).

4. Resultados

Os resultados experimentais permitiram concluir que as maiores concentrações de Cd, Ni e Zn foram observadas no solo PV e de Pb e Cu no solo PL. Quanto às concentrações nas raízes, as maiores concentrações de metais pesados absorvidos foram encontrados em plantas cultivadas em solo PL. Houve grande translocação de Cd para a parte aérea, ao contrário dos elementos Pb, Cu, Ni e Zn, onde essa translocação foi muito pequena. Os fatores óxidos de ferro e alumínio tiveram grande influência na disponibilidade de Cu e Pb, e as variações nos teores de argila tiveram grande influência na absorção de Cd.

Com os resultados de concentração de metais nas partes aérea e subterrânea foi possível o cálculo do metal absorvido em cada tratamento. Observou-se uma forte interferência das propriedades dos solos na absorção do metal pelo sistema radicular da planta, uma vez que tal processo ocorreu em ordem inversa aos valores de óxidos de ferro e teores de argila. Isto é, quanto menores esses valores maior a absorção de Cd e Ni pelas raízes das plantas. Esse metal (Cd) está mais próximo dos limites de toxidez de plantas de uma forma geral, pois mostrou-se muito móvel na planta. Segundo Melo et al. (1997), os metais Ni, Zn e Cu ocorrem em maiores concentrações nas raízes, mas também podem ser encontrados em concentrações razoáveis na parte aérea, mas o Ni e Zn usualmente concentram-se mais uniformemente.

Foi realizado, também, um estudo de correlação entre as variáveis: concentração de metal na folha, na raiz e na parte aérea da cana-de-açúcar, para conhecimento da dependência existente entre elas. Isto é, se a variação na concentração de metal na raiz acompanha proporcional ou inversamente a variação da concentração de metal no solo (Tabelas 2 e 3). Os solos foram divididos em classes A e B. Na classe A se enquadram os solos LV e B e na classe B os solos PL e PV.

TABELA 2. Coeficientes de correlação para as concentrações de metais pesados no solo, raiz e parte aérea da cana-de-açúcar na classe de solo A.

Metal	Cd			Cu			Ni			Pb			Zn		
	Solo	Raiz	Aérea												
Solo	1	0,901	0,934	1	0,750	0,482	1	0,925	0,928	1	0,908	-0,47	1	0,388	0,617
Raiz	0,901	1	0,893	0,750	1	0,069	0,925	1	0,846	0,908	1	-0,52	0,388	1	0,604
Aérea	0,934	0,893	1	0,482	0,069	1	0,928	0,846	1	-0,47	-0,52	1	0,617	0,604	1

TABELA 3. Coeficientes de correlação para as concentrações de metais pesados no solo, raiz e parte aérea da cana-de-açúcar na classe de solo B.

Metal	Cd			Cu			Ni			Pb			Zn		
	Solo	Raiz	Aérea												
Solo	1	0,536	0,754	1	0,955	0,698	1	0,984	0,450	1	0,898	-0,12	1	0,264	0,145
Raiz	0,536	1	0,922	0,955	1	0,594	0,984	1	0,931	0,898	1	0,078	0,264	1	-0,27
Aérea	0,754	0,922	1	0,698	0,594	1	0,450	0,931	1	-0,12	0,078	1	0,145	-0,27	1

Foram construídos dois tipos de modelos de regressão linear para explicar o comportamento da passagem dos metais pesados pelos compartimentos solo-raiz-parte aérea da cana-de-açúcar, como:

Modelo 1 $Y = a + b.X$, onde

Y = concentração de metal na raiz da cana-de-açúcar;

X = concentração de metal no solo;

a = teor de metal na raiz quando a concentração de metal no solo (X) for igual a zero;

b = coeficiente de passagem do metal do solo para a raiz (quantidade de metal que passa à raiz a cada unidade de metal no solo).

Modelo 2 $Y = a + b.X$, onde

Y = concentração de metal na parte aérea da cana-de-açúcar;

X = concentração de metal na raiz da cana-de-açúcar;

a = teor de metal na parte aérea da planta quando a concentração de metal na raiz (X) for igual a zero;

b = coeficiente de passagem do metal da raiz para a parte aérea da cana-de-açúcar (quantidade de metal que passa à parte aérea da planta a cada unidade de metal da raiz).

Os modelos de regressão, descritos nas Tabelas 4 e 5, mostram altos valores do coeficiente de regressão "b" para o metal Cd, indicando uma alta taxa de passagem desse metal à raiz e à parte aérea da cana-de-açúcar quando adicionamos composto de lixo ao solo. Nos solos classe B, para cada 1mg.dm³ de Cd no solo, ocorreu um aumento de 1,6134mg.dm³ na raiz, e 0,8081mg.dm³ na parte aérea da cana-de-açúcar. Metais que não mostraram coeficientes de determinação significativos, não foram citados nas Tabelas.

TABELA 4. Modelos de regressão linear para a concentração de metal pesado na raiz da cana-de-açúcar (Y) em relação a concentração de metal no solo (X) adubado com composto de lixo enriquecido com metais pesados em cinco níveis, nas duas classes de solos (A e B).

Metal pesado	Classe de solo	Modelo ajustado	R ² (%)
Cd	A	$Y = 0,0364 + 0,8513.X$	81,23**
Cd	B	$Y = 0,0213 + 1,6134.X$	73,77**
Cu	A	$Y = 37,6785 + 0,4309.X$	56,27**
Cu	B	$Y = 47,3565 + 0,7575.X$	91,17**
Ni	A	$Y = 1,6063 + 0,5419.X$	85,59**
Ni	B	$Y = -6,5363 + 0,9924.X$	84,10**
Pb	A	$Y = 7,1167 + 0,6318.X$	82,37**
Pb	B	$Y = 10,0288 + 0,7533.X$	76,68**

** Significativo a 1% de probabilidade.

TABELA 5. Modelos de regressão linear para a concentração de metal pesado na raiz da cana-de-açúcar (Y) em relação a concentração de metal no solo (X) adubado com composto de lixo enriquecido com metais pesados em cinco níveis, nas duas classes de solos (A e B).

Metal pesado	Classe de solo	Modelo ajustado	R ² (%)
Cd	A	$Y = -0,1507 + 1,2384.X$	79,67**
Cd	B	$Y = 0,6484 + 0,8081.X$	89,27**
Ni	A	$Y = 0,7498 + 0,0295.X$	71,51**
Ni	B	$Y = 0,3159 + 0,0194.X$	90,00**

** Significativo a 1% de probabilidade.

O objetivo da análise de regressão linear foi conhecer a relação matemática entre as variáveis, para permitir a estimativa de transferência do metal pesado para concentrações de metais não estudadas, assim como coeficientes de passagem e comportamento do metal nesta transferência. Dessa forma, pode-se oferecer subsídios para a formulação de normas de uso do composto de lixo de acordo com a destinação da cana-de-açúcar, estipulando-se limites de concentrações de metais em cada compartimento da cana e prevendo-se níveis de compostos de lixo que não ultrapassem esses limites.

5. Conclusões

- Observou-se que o metal Cd distribuiu-se de maneira mais ou menos uniforme nas raízes e na parte aérea da cana-de-açúcar nos diferentes solos, indicando a necessidade de uma maior atenção em razão de sua alta mobilidade na planta (translocação); assim como nos diferentes solos.
- Variações nos teores de óxidos de ferro tiveram grande influência na disponibilidade de Cu e de Pb, e variações nos teores de argila tiveram grande influência na absorção de Cd.
- As maiores concentrações de metais absorvidos nas raízes foram encontradas em plantas cultivadas em solos PL, o que pode ser explicado pelo baixo poder tampão desse meio (substrato).
- O Pb ocorreu principalmente nas raízes, em quantidades muito pequenas na parte aérea, e notou-se ainda uma redução deste metal nas raízes com o aumento da dose de CL.

6. Referências bibliográficas

- BERNARDES, L.F. *Efeito da aplicação de lodo de esgoto nas propriedades físicas do solo*. Jaboticabal: UNESP-FCAV, 1982. 50p.
- ERNANI, P.R.; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco bovino e camas de aviário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.2, p. 161-165, 1983.
- GALLARDO, L.F.; NOGALES, R. Effect of the application of town refuse compost on the soil-plant system: a review. *Biological wastes*, v. 19, p.35-62, 1987.

GIORDANO, P.M.; MORTVEDT, J.J.; MAYS, D.A. Effects of municipal waste on crop yield and uptake of heavy metals. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.4, p.394-399, 1975.

HABY, V.A.; RUSSELE, M.P.; SKOGLEY, E.O. Testing for potassium, calcium and magnesium. In: WESTERMAN, R.L.; BAIRD, J.V.; CHRISTENSEN, N.W.; FIXEN, P.E.; WHITNEY, D.A. *Soil testing and plant analysis*. 3 ed. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p.181-228.

HUE, N.V.; RANJITH, S.A. Sewage sludges in Hawaii: chemical composition and reactions with soils and plants. *Water, Air and Soil Pollution*, v.72, p.265-283, 1994.

MAZUR, N.; VELLOSO, A.C.X.; SANTOS, G. de A. Efeito do composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável do solo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.2, p.157-159, 1983.

MELO, W.J.; SILVA, F.C.; MARQUES, M.O.; BOARETO, AE. Critérios para o uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1997, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

MORAES, J.F.V.; RABELO, N.A. *Um método simples para digestão de amostras de plantas*. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT; Goiânia, GO: EMBRAPA-CNPAF, 1986. 10p.

TRINDADE, A.V.; VILDOSO, C.I.A.; MUCHOVEJ, A.; COSTA, L.M. Interação de composto de lixo urbano e fungos micorrízicos na nutrição e crescimento do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.20, p.199-208, 1996.

IMPRESSO



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura
Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Rua Dr. André Tosello, s/nº Caixa Postal 6041 - Barão Geraldo
13083-970 - Campinas, SP
Fone (19) 3289-9800 Fax (19) 3289-9594
E-mail: sac@cnptia.embrapa.br
<http://www.cnptia.embrapa.br>*

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E DO ABASTECIMENTO**

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil