

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

III-105 - AVALIAÇÃO DO USO DE COMPOSTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO CULTIVO DE CENOURA

Durval Rodrigues de Paula Junior⁽¹⁾

Professor Associado da Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI/UNICAMP. Representante da UNICAMP no Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH (SP) e no Conselho Estadual de Saneamento - CONESAN (SP). Desenvolve atividades de Ensino e Pesquisa em graduação e pós-graduação nas áreas de Saneamento Rural, Tratamento de Águas Residuárias, Digestão Anaeróbia e Manejo de Resíduos Agroindustriais.

Alexandre dos Santos Carvalho

Bacharel em Química pela Unesp, Mestre em Engenharia Civil, área de Hidráulica e Saneamento, pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Aquilino Pacheco, 175.- Cidade Alta.- Piracicaba - SP – CEP: 13 417-240 – Brasil – Tel: +55 (19) 37881035 – Fax: +55 (19) 37881010

durval@agr.unicamp.br

RESUMO

O destino e a utilização da imensa quantidade de resíduo sólido produzida nas cidades devem ser regulados por critérios rigorosamente científicos, desta forma, a aplicação no solo do composto produzido a partir deste material deve vir precedida de pesquisas que demonstrem a viabilidade ou não do seu uso. Neste trabalho utilizou-se o composto obtido a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos no cultivo da cenoura e analisou-se alguns parâmetros do composto, do solo e das cenouras, quantitativa e qualitativamente, para obter subsídios suficientes para o uso responsável e adequado deste tipo de resíduo na agricultura. Desta forma, com os resultados obtidos através das avaliações dos teores totais e disponíveis de metais (Zn, Pb, Ni, Cu, Cd e Cr) nas amostras de solo e nas raízes das cenouras, pode-se verificar a viabilidade da aplicação do composto para o cultivo da cenoura. Pode-se concluir que não houve indícios de que o teor de qualquer metal nas raízes tenha sido suficientemente alto para trazer qualquer dano a saúde de quem as consome. Entretanto o aumento da mortalidade das mudas relacionou-se diretamente com a taxa de aplicação do composto evidenciando um aspecto negativo da sua aplicação.

Palavras-chave: metais pesados, resíduos sólidos urbanos, compostagem, cultivo de cenoura, biodisponibilidade.

INTRODUÇÃO

Em um passado não muito distante a produção de resíduos era de algumas dezenas de Kg/hab.ano, atualmente países altamente industrializados, como os Estados Unidos, produzem mais de 700Kg/hab.ano. No Brasil, segundo BIDONE et al. (1999), o valor médio verificado nas cidades mais populosas é da ordem de 180Kg/hab.ano. Desta forma, cada pessoa nas cidades mais populosas do Brasil produz em média, meio quilo de lixo por dia. Mas comporta-se, em geral, como se nada tivesse com isso, como se lixo domiciliar fosse problema exclusivo do poder público.

As áreas urbanas brasileiras produzem hoje mais de 100 mil toneladas diárias de lixo, das quais se coletam cerca de 90 mil. Juntamente com os aterros, esse serviço tem um custo que já se aproxima de R\$ 5 milhões/dia, R\$ 1,5 bilhão/ano.

O resíduo sólido urbano produzido é formado por diversos tipos de materiais e, entre eles, a matéria orgânica, de

origem natural, passível de sofrer biodegradação.

Para a utilização da matéria orgânica do lixo, o processo comumente utilizado é a compostagem. Através do tratamento da fração orgânica do lixo, obtém-se um material com características próximas ao do húmus, que é usado como condicionador do solo e que é capaz de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, ou seja, melhora sua estrutura, areja solos argilosos e agrega os arenosos; aumenta a capacidade de retenção de água; atenua as variações de temperatura; armazena nutrientes; dissolve calcáreos e fosfatos; associa-se a micronutrientes; aumenta a vida do solo; favorece os rizóbios e, finalmente, aumenta a resistência das plantas às pragas e doenças, além disso, segundo KIEHL (1998) não se pode referir à matéria orgânica humificada apenas como condicionadora do solo, já que essa possui, também, importante valor como fornecedora de elementos essenciais à vida vegetal.

Apesar de todas as vantagens da utilização da fração orgânica do lixo, sabe-se que este é formado por uma grande diversidade de constituintes (em virtude de sua origem) e que nem todos serão benéficos às culturas e conseqüentemente, ao homem, depende, pois, de como for usado.

O solo tem sido considerado um destino natural dos resíduos, seja na forma de composto ou não. Assim sendo, é necessário aprofundar o conhecimento das interações que existem entre os constituintes desses resíduos e o solo, particularmente quando os resíduos estão contaminados por substâncias tóxicas como metais pesados e que apresentam características cumulativas sobre o ecossistema.

A crescente aplicação de composto de lixo urbano na agricultura como fonte de nutrientes ou, ainda, como alternativa para a disposição de resíduos, pode provocar efeitos negativos sobre o meio ambiente, com a liberação de metais pesados para o solo e a transferência destes para a cadeia alimentar através das plantas, podendo trazer conseqüências indesejáveis à saúde humana.

Como as plantas estão entre os principais meios reguladores da transferência dos metais para a cadeia alimentar, torna-se importante a avaliação de qual parte dos metais pesados presentes no solo é, efetivamente, disponível para a planta.

Dentro deste contexto, o trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os possíveis efeitos da biodisponibilidade de alguns metais pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn), provenientes da aplicação de composto obtido da biodegradação de resíduos sólidos urbanos sobre o solo, no desenvolvimento e na produção da *Daucus carota* (cenoura).

Materiais e Métodos

O composto utilizado neste trabalho como adubo orgânico é oriundo da usina de compostagem de Araraquara-SP-Brasil, produzido a partir de lixo urbano, compostado aerobiamente durante 90 dias.

O processamento do lixo realizado pela usina utiliza o sistema SANECON com algumas modificações, consistindo basicamente das seguintes etapas: recepção, catação, peneiramento, maturação (período estimado em três meses) e, finalmente, após este período um peneiramento final.

Os experimentos de campo foram conduzidos em área pertencente ao Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) situada no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA), junto à Represa do Lobo, localizado entre os municípios de Itirapina e Brotas, no Estado de São Paulo - Brasil. O solo da área do experimento é classificado como Terra Rocha Estruturada distrófica.

Quatro canteiros (10 m² cada) com diferentes taxas de aplicação foram preparados para o desenvolvimento do experimento através de três cultivos sucessivos.

O posicionamento dos canteiros 1 (testemunha - 0 t/ha), 2 (30 t/ha), 3 (60 t/ha) e 4 (90 t/ha) e uma vista geral do experimento estão ilustrados nas **Figuras 1 e 2**. Uma descrição mais detalhada dos procedimentos experimentais foi reportada por CARVALHO (2000).

Para a análise de fertilidade do solo, foram utilizadas as metodologias descritas por RAIJ et al. (1987)

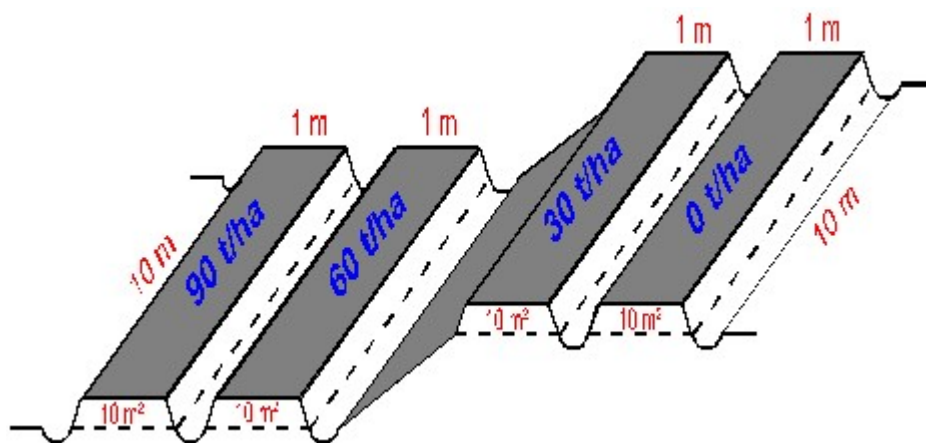


Figura 1: Posicionamento dos canteiros

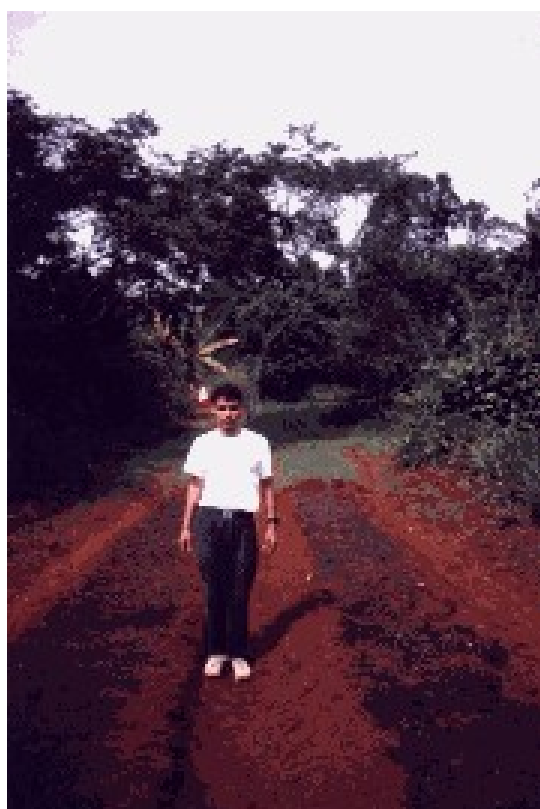


Figura 2: Vista geral do experimento

A determinação de metais pesados foi realizada por Espectrofotômetro de Absorção Atômica após a digestão das amostras de solo com *Água Régia* 1:3 - $\text{HNO}_3:\text{HCl}$, para metais totais (JACINTHO et al., 1995), e após a extração com uma solução de EDTA 0,05 mol.L⁻¹ para metais disponíveis (URE, 1993).

O teor de metais pesados (total e disponível) nas cenouras foi determinado utilizando Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Plasma Induzido (marca Thermo Jarrell Ash, modelo AtomScan 25), seguindo procedimentos descritos pela *ENCYCLOPEDIA OF ANALYTICAL SCIENCE* (1995), e por BETTINELLI et al. (1989).

Resultados e discussão

Os principais resultados obtidos no experimento são apresentados e discutidos a seguir.

Os resultados das análises de fertilidade do solo após a 1ª colheita para os quatro tratamentos estudados, estão mostrados na **Tabela 1**.

Tabela 1: Resultados de Fertilidade do Solo para os 4 tratamentos estudados após a 1ª Colheita.

Canteiro e Teor de Composto	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	M O %	P (Resina) mg.Kg ⁻¹	K	Ca	Mg	CTC
					Trocável			mmolc.
					mmolc.(100mL) ⁻¹			(100g) ⁻¹
1(0 t/ha)	5,8	5,2	2,1	15,9	0,1	4,2	0,9	4,3
2 (30t/há)	6,1	5,4	2,4	25,5	0,2	5,6	0,9	4,7
3 (60t/há)	6,7	6,1	2,4	21,8	0,4	8,1	1,3	5,6
4 (90t/há)	6,7	6,1	2,9	26,4	0,5	8,8	1,4	6,0

Os teores disponíveis de Zinco, Chumbo, Níquel e Cobre obtidos nos quatro tratamentos estudados, durante as três colheitas, estão ilustradas nas **Figuras 3, 4, 5 e 6**.

A taxa de mortalidade das mudas de cenoura e a massa total de raízes das cenouras colhidas, por canteiro e por colheita, estão mostradas nas **Figuras 7 e 8**.

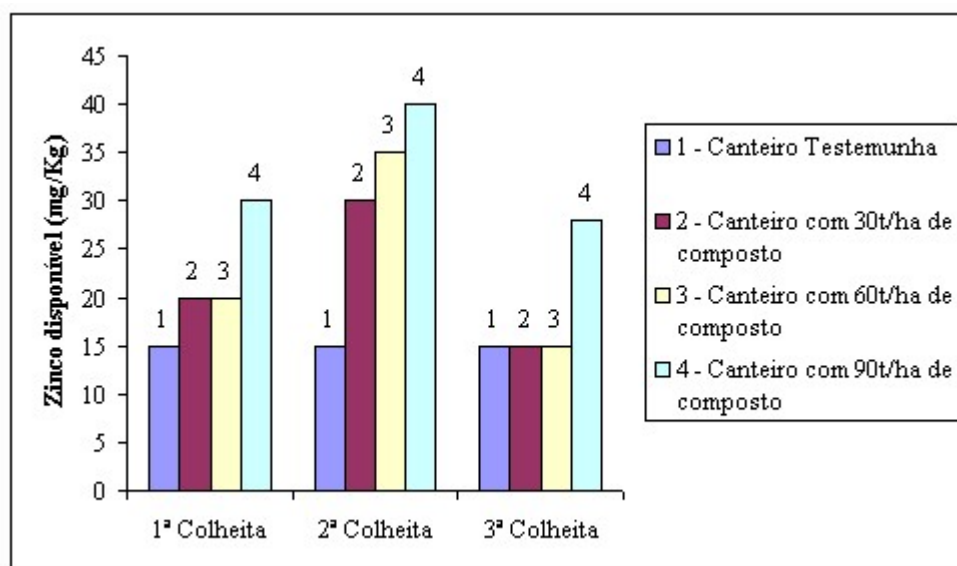
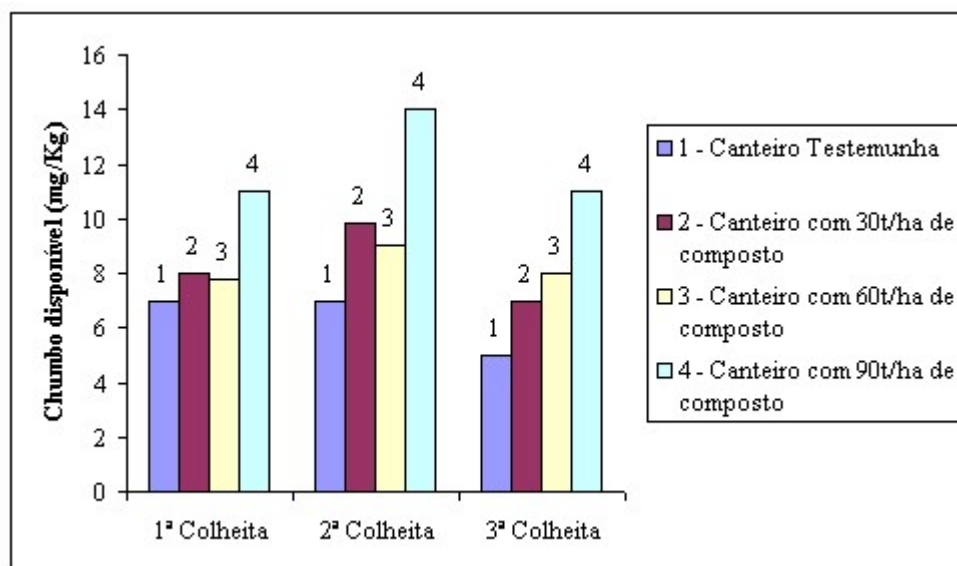
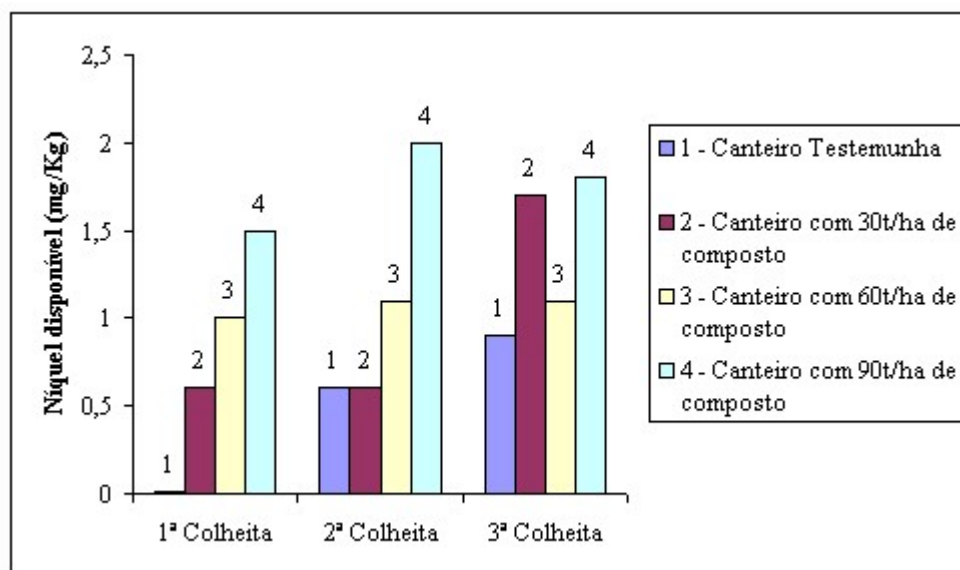
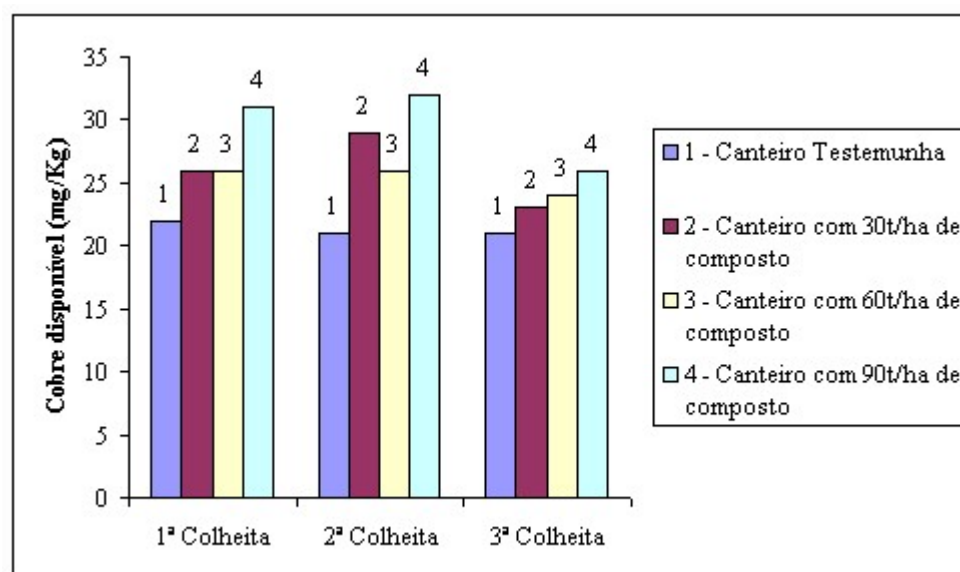
**Figura 3:** Teores Disponíveis de Zinco nas Amostras de Solo por Canteiro e por Colheita

Figura 4: Teores Disponíveis de Chumbo nas Amostras de Solo por Canteiro e por Colheita**Figura 5:** Teores Disponíveis de Níquel nas Amostras de Solo por Canteiro e por Colheita**Figura 6:** Teores Disponíveis de Cobre nas Amostras de Solo por Canteiro e por Colheita

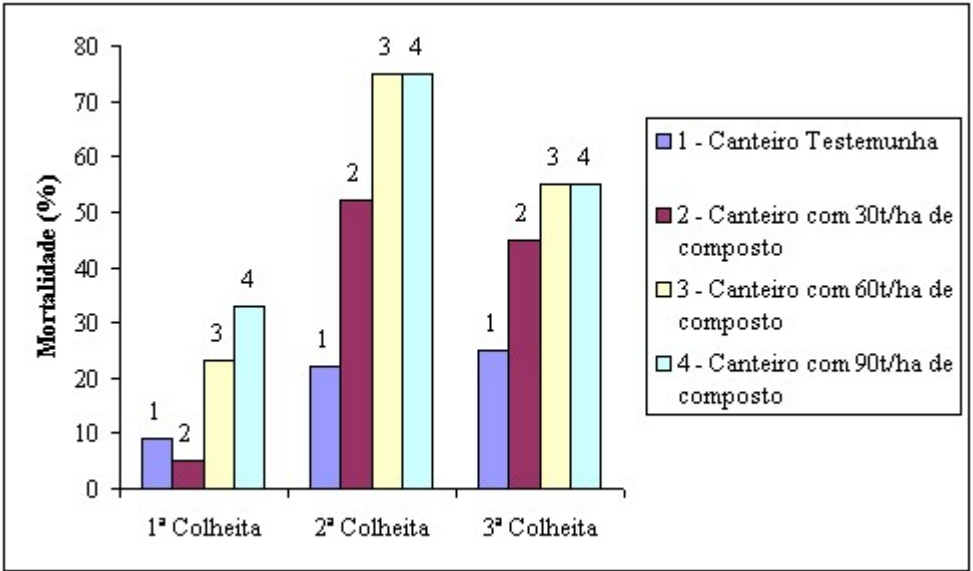


Figura 7: Taxa de Mortalidade das Mudas de Cenouras por Canteiro e por Colheita

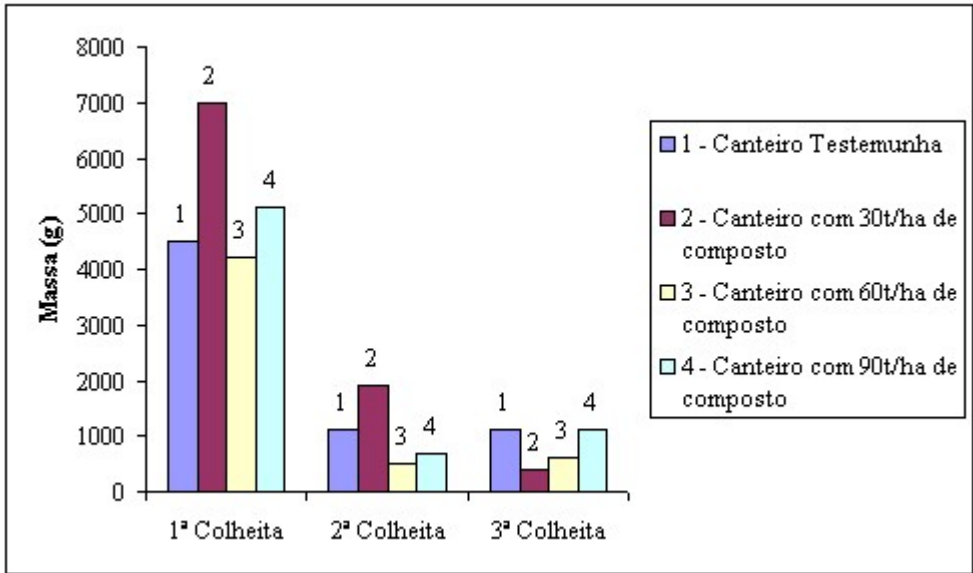


Figura 8: Massa total das Raízes das Cenouras Colhidas por Canteiro e por Colheita

Os teores de metais nas raízes de cenoura por canteiro e por colheita estão mostrados na **Tabela 2**.

Tabela 2: Teores de Metais nas Raízes de Cenouras por canteiro e por colheita

Amostras	Cu (mg/L)	Ni (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Umidade (% m/m)
1ª Colheita							
Canteiro 1	9,0 ± 0,71	< 20	< 2	11,5 ± 1,41	37,0 ± 1,41	< 26	90,1
Canteiro 2	8,0 ± 0,71	< 20	< 2	< 9	29,0 ± 2,83	< 26	89,7
Canteiro 3	13,0 ± 1,41	< 20	< 2	11,0 ± 0	33,0 ± 2,12	< 26	88,4
Canteiro 4	12,0 ± 0,71	< 20	< 2	12,0 ± 0	38,0 ± 0,71	< 26	89,4
2ª Colheita							
Canteiro 1	24,0 ± 0	< 20	< 2	15,0 ± 2,12	45,0 ± 0	< 26	90,8
Canteiro 2	18,0 ± 2,12	< 20	< 2	22,0 ± 2,12	46,0 ± 0	< 26	92,4
Canteiro 3	28,0 ± 1,41	< 20	< 2	13,0 ± 2,12	44,0 ± 1,41	< 26	93,1
Canteiro 4	20,0 ± 0	< 20	< 2	17,0 ± 2,12	55,0 ± 2,12	< 26	93,1
3ª Colheita							
Canteiro 1	53,0 ± 3,54	< 20	< 2	16,0 ± 0,71	54,0 ± 3,54	< 26	92,4
Canteiro 2	41,0 ± 2,12	< 20	< 2	13,0 ± 1,41	56,0 ± 2,12	< 26	93,0
Canteiro 3	24,0 ± 2,12	< 20	< 2	15,0 ± 2,12	45,0 ± 1,41	< 26	92,2
Canteiro 4	24,0 ± 2,83	< 20	< 2	16,0 ± 0,71	52,0 ± 0	< 26	92,3

Pode-se observar, na **Tabela 1**, que o aumento da taxa de aplicação do composto nos canteiros 1, 2, 3 e 4 acarretou, de forma geral, um aumento nos parâmetros pH, matéria orgânica (M.O.), P, K, Ca, Mg e CTC (Capacidade de Troca de Cátions), usualmente utilizados na análises de fertilidade do solo. Os metais são afetados por esses parâmetros, alguns tendo sua disponibilidade aumentada e outros diminuída com aumento do pH, por exemplo.

Os teores totais de metais nas amostras de solo obtidos no experimento estão reportados por CARVALHO (2000), que, de forma geral, não observou uma relação direta entre a taxa de aplicação do composto e os teores totais de Zn, Pb, Ni, Cu, Cd e Cr. No entanto, quando se observa os valores obtidos na extração com EDTA para os teores disponíveis de Zn, Pb, Ni, e Cu, é possível afirmar que existe uma tendência de aumento com a taxa de aplicação do composto.

Essa tendência pode ser claramente observada na **Figuras 3, 4, 5 e 6**. Com relação aos teores disponíveis de Cd e Cr não foi possível observar tendência alguma, pois não foi possível a detecção desses metais em nenhuma das amostras analisadas, provavelmente, entre outros fatores, devido aos baixos teores desses elementos no solo.

Observando os valores indicados na Tabela 2, constata-se que o teor de alguns metais (Ni, Cd e Pb) apresentaram valores abaixo do limite de detecção do aparelho. Pode-se observar também que os teores de Cu, Cr e Zn indicaram uma tendência de crescimento para o mesmo canteiro a cada colheita. No entanto, não foi possível relacionar direta ou indiretamente o teor dos metais na cenoura, com a taxa de aplicação do composto.

A taxa de mortalidade das mudas de cenoura, ilustrada na **Figura 7**, apresentou alguma relação com a disponibilidade de metais no solo.

Para o cobre observou-se que durante a 3ª colheita com o crescimento do teor disponível do solo cresceu a taxa de mortalidade das plantas, mas não se verificou esta relação direta para a 1ª e 2ª colheitas.

O teor disponível de níquel pode ser relacionado diretamente com a taxa de mortalidade das mudas durante a primeira e segunda colheita.

Pode-se relacionar diretamente o teor disponível de chumbo após a 3ª colheita com a taxa de mortalidade, porém não se pode fazer o mesmo com a 1ª e 2ª colheitas.

O teor de zinco disponível não mostrou relação direta nem inversa com a taxa de mortalidade das mudas.

Apesar de não ser possível estabelecer uma relação do teor disponível do metal com a taxa de mortalidade das mudas para todas as colheitas, os valores máximos dos teores de cobre, níquel, chumbo e zinco coincidem com o máximo de mortalidade, determinado após a segunda colheita no canteiro 4 (onde aplicou-se a maior taxa de composto).

Somente nas amostras obtidas após a terceira colheita, observou-se uma relação inversa entre a mortalidade (**Figura 7**) e o teor de cobre nas raízes das cenouras (**Tabela 2**).

Só os resultados do teor de cromo e zinco (**Tabela 2**) após a 1ª colheita indicaram uma relação direta com a mortalidade (**Figura 7**).

A massa total das raízes das cenouras produzidas, ilustrada na **Figura 8**, apresentou uma relação direta com o teor disponível de Zn, Pb e Cu para a maioria das colheitas. Não foi possível estabelecer nenhuma relação com o teor disponível de Ni.

Os teores de metais pesados observados nas cenouras se mantiveram dentro da normalidade, independentemente da taxa de aplicação do composto (levando-se em conta os teores encontrados no canteiro testemunha e os teores relatados na literatura)

Conclusões

Através das avaliações dos teores totais e disponíveis de metais (Zn, Pb, Ni, Cu, Cd e Cr) nas amostras de solo e nas raízes das cenouras, pode-se verificar a viabilidade da aplicação do composto para o cultivo da cenoura. Foi possível concluir que não houve indícios de que o teor de qualquer metal nas raízes tenha sido suficientemente alto para trazer qualquer dano a saúde de quem as consome. Entretanto o aumento da mortalidade das mudas relacionou-se diretamente com a taxa de aplicação do composto evidenciando um aspecto negativo da sua aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BETTINELLI, M.; BARONI, U.; PASTORELLI, N. (1989). Microwave oven sample dissolution for the analysis of environmental and biological materials. *Analytica Chimica Acta*, v. 225, p. 159-174
2. BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. (1999). *Conceitos básicos de resíduos sólidos*. São Carlos, EESC/USP, 120p.
3. CARVALHO, A. S. (2000) – Avaliação do composto de resíduos sólidos urbanos no cultivo da cenoura. Dissertação (Mestrado), EESC-USP, 92 p.
4. ENCICLOPEDIA OF ANALYTICAL SCIENCE (1995). London, Academic, V.3, p. 1553-1561.
5. JACINTHO, A. O.; FIGUEIREDO, B.R.; REIS, B.F.(1985); *Análise química de rochas por ICP-AES*. Campinas. Unicamp.
6. KIEHL, J. E. (1998). *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba, 171p.
7. RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. (1987). *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill. 170 p.
8. URE, A. M. et al. (1993). Speciation of heavy metals in soils and sediments: an account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the commission of the european communities.v. 51, p. 135-151.