

# Decomposição da Matéria Orgânica de Compostos de Lixo Urbano e Posterior Preparo de Extratos Nítrico-Perclórico<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Projeto Financiado pela Fapesp (Processo n.º 96/00987-2).



## Circular Técnica

Campinas, SP  
Dezembro, 2001

### Autores

**José Carlos Chitolina**

Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Prof. Associado Aposentado da ESALQ/USP, Diretor da Escola de Engenharia de Piracicaba - FUMEP, Caixa Postal 9 – 13418-900 – Piracicaba, SP.

**Fábio Cesar da Silva**

Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo – 13083-970 – Campinas, SP.

**Mônica Ferreira de Abreu**

Dra. em Química, Pesquisadora do Instituto Agronômico, Centro de Solos e Recuperação Agroambientais, Av. Barão de Itapura, 1481 – 13020-902 – Campinas, SP.

**Fernando Munhoz de Souza Palma**

Eng. Agr., Pós-graduando, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

**Janaína Braga do Carmo**

Eng.º Agr.º, Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

## Introdução

Em um sistema de recomendação de uso agrícola de resíduos sólidos urbanos há uma fase crítica que é a obtenção de resultados de análises confiáveis, exatas e precisas (reprodutíveis).

As pesquisas de uso agrícola de resíduos sólidos não têm utilizado uma abordagem sistêmica na sua maioria e portanto, dificultando a sistematização do conhecimento científico disponível no tema. Utilizando-se o processo sistêmico englobar-se-ia quatro etapas distintas: 1) medida do que aconteceu/acontece, quantificando metais pesados (que já existiam no ambiente), a escolha dos métodos analíticos de extração, de determinação e os erros; 2) reconhecimento do que aconteceu/acontece, interpretando resultados de pesquisa com cuidados básicos e mostrando a potencialidade das fontes de nutrientes e o risco de contaminação; 3) entendimento do que aconteceu/acontece, verificando o que é válido concluir utilizando-se as metodologias de ensaios de incubação resíduo/solo, em vasos e em campo, ou modelos de transferência de metais no sistema e de especiação iônica; e 4) simulação do que acontecerá (previsão), através da modelagem da dinâmica de metais contidos nos resíduos sólidos adicionados aos agrossistemas. Nesta Circular, aborda-se a primeira etapa, isto é, a medição dos elementos químicos nas amostras de compostos de lixo.



Foto: Ronaldo S. Berton

Mostra das leiras antes e após compostagem do lixo urbano.

A obtenção de resultados confiáveis no laboratório inicia-se com a adequada “abertura” das amostras para as posteriores determinações analíticas. No caso de compostos de lixo urbano, onde pretende-se analisar, principalmente, elementos metálicos torna-se fundamental a adequada retirada da fração orgânica.

Em princípio, a eliminação da matéria orgânica desses resíduos pode ser efetuada por dois caminhos de oxidação: aquecimento a 550°C (Egreja Filho, 1993) ou a 750°C (Ayuso et al., 1996) e usando-se água oxigenada ( $H_2O_2$ ). Ocorre que a remoção da fração orgânica por aquecimento, que é amplamente utilizada pela facilidade operacional, pode eliminar compostos voláteis inorgânicos e, dessa forma, conduzir a erros que refletiriam em diferenças nos resultados. Entretanto, isto não deve acontecer se a matéria orgânica dos compostos for eliminada através de  $H_2O_2$ .

Para facilitar o entendimento, são apresentados os resultados de matéria orgânica obtidos de amostras de compostos de lixo urbano de duas Usinas de compostagem da Grande São Paulo, usando-se os dois procedimentos (aquecimento e  $H_2O_2$ ) de eliminação da fração orgânica, bem como os resultados para alguns macro e microelementos, usando-se digestão nítrico-perclórica.

A digestão nítrico-perclórica visa solubilizar totalmente uma amostra sólida. Todavia, no caso do compostos de lixo urbano, podem sobrar alguns materiais insolúveis no final da digestão, como por exemplo, a sílica. Tal fato poderia ser solucionado pelo uso de ácido fluorídrico (HF), cuja finalidade é dissolver silicatos e, dessa forma, liberar elementos que possam estar presentes nessa fração. Entretanto, o uso de HF causa danos no funcionamento dos espectrofotômetros de emissão de plasma, além de ser bastante corrosivo e de difícil manuseio, o que torna importante não se usar tal ácido.

No final desta Circular, são descritos os procedimentos técnicos recomendados pelos autores para a “abertura” de amostras de compostos de lixo urbano para as posteriores determinações analíticas de alguns elementos, que estão de acordo com a metodologia de apresentação analítica do Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (Silva, 1999).

## Pré-digestão de Amostras de Compostos

As pré-digestões testadas nas amostras de compostos de lixo para a eliminação de matéria orgânica foram: (a) reação com peróxido de hidrogênio e (b) aquecimento em mufla à 550°C:

- **Técnica do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) a 30%** - as amostras são colocadas em cápsulas de porcelana, sofrem ataque de peróxido de hidrogênio, com adição gradual de 10 mL por vez, aguardando a reação tornar-se branda para, novamente, adicionar o mesmo volume e assim por diante. Ao final, cada cápsula recebe 100 a 130 mL de peróxido de hidrogênio, quantidade suficiente para se eliminar a matéria orgânica;
- **Técnica de aquecimento em mufla a 550°C** - as amostras são colocadas em cadinhos de porcelana, sofrem aquecimento em mufla a 550°C por três horas, com posterior secagem em dissecador e medições antes e depois por pesagens dos cadinhos.

### Desempenhos dos Pré-tratamentos de Amostras: Peróxido de Hidrogênio ( $H_2O_2$ ) Versus Aquecimento em Mufla a 550°C

Pelos dados da Tabela 1, verifica-se que os métodos apresentam boa precisão, pois os intervalos entre o maior e o menor resultado de cada amostra analisada na mesma época e usina em triplicata (três repetições) foram bastante próximas. Além disso, o coeficiente de variação dos dados do ensaio foram relativamente baixos, ou seja, na ordem de 7,8%.

A análise estatística revelou que o teor de matéria orgânica médio para as duas usinas de compostagem foi maior, quando se empregou o aquecimento a 550°C (69,27%), em comparação a  $H_2O_2$  a 30% (55,39%), a 1% de probabilidade no teste F. Isto é indicativo que outras substâncias estariam se volatilizando, além da matéria orgânica. Por essa razão, optou-se pela utilização da metodologia de tratamento prévio com água oxigenada ( $H_2O_2$ ), pois, a eliminação de substâncias é, praticamente, apenas de material orgânico.

Os resultados de remoção de material orgânico obtidos nas duas usinas de compostagem da Grande São Paulo (Usina de Santo André – Usina A e Usina de São Mateus – Usina B) são comparáveis aos da literatura com valo-

res de 51 a 70% (Egreja Filho, 1993). Entretanto, foram mais elevados que os obtidos por outros autores (Peres, 1993; Ayuso et al., 1996; Cravo et al., 1995), que encontraram valores variando de 9 a 30%.

Outro aspecto a se comentar, é que a Usina A apresentou sistematicamente teores de matéria orgânica mais elevados em comparação à Usina B, o que é independente do método de eliminação dessa fração orgânica (Tabela 1). Tal fato poderia ser atribuído às diferenças nos tipos de lixo, recebendo a segunda unidade maior concentração de materiais inorgânicos (restos de construção, por exemplo), pois o processo tecnológico de bioestabilização usado é o mesmo para ambas as usinas de compostagem (Processo DANO).

## Digestão Nítrico-perclórica de Compostos de Lixo Urbano

Posteriormente à eliminação da matéria orgânica dos compostos de lixo urbano pela adição de  $H_2O_2$ , procedeu-se à digestão (solubilização) dos compostos pelo uso de ácidos nítrico ( $HNO_3$ ) e perclórico ( $HClO_4$ ), que foi adaptada de He et al. (1995). A argumentação científica para o citado método é que a digestão com  $HNO_3/HClO_4$  mineraliza, praticamente, o total dos metais presentes nos compostos, pois esta mistura digestora, além de oxidar totalmente a matéria orgânica, também solubiliza compostos inorgânicos insolúveis, tais como, carbonatos, sulfetos, fosfatos e outros que poderiam

**Tabela 1.** Eliminação prévia da matéria orgânica para digestão nítrico-perclórica em oito amostras (triplicatas) de compostos de lixo das Usinas de Santo André e São Mateus, através de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e em aquecimento em mufla a 550°C.

Usina	N.º das amostras	Pré-tratamento	
		$H_2O_2$ a 30%	Mufla a 550°C
<b>matéria orgânica % composto</b>			
<b>Santo André (A)</b>	<b>1</b>	59,4 – 60,6	72,2 – 73,6
	<b>2</b>	60,6 – 60,8	75,6 – 76,4
	<b>3</b>	62,6 – 63,6	70,6 – 73,4
	<b>4</b>	59,6 – 62,6	73,6 – 74,6
	<b>5</b>	62,8 – 65,4	76,8 – 78,2
	<b>6</b>	69,6 – 70,6	67,0 – 68,4
	<b>7</b>	66,6 – 67,4	73,0 – 73,4
	<b>8</b>	59,4 – 61,6	75,0 – 78,2
		<b>Média</b>	<b>63,3 Bb</b>
<b>São Mateus (B)</b>	<b>1</b>	39,0 – 41,8	53,4 – 54,4
	<b>2</b>	28,4 – 30,0	68,6 – 69,8
	<b>3</b>	47,4 – 48,4	60,8 – 61,2
	<b>4</b>	47,8 – 48,8	63,6 – 64,8
	<b>5</b>	50,4 – 51,6	66,0 – 67,2
	<b>6</b>	49,8 – 56,2	66,8 – 67,8
	<b>7</b>	55,8 – 57,6	67,6 – 71,0
	<b>8</b>	51,0 – 56,6	64,2 – 60,0
		<b>Média</b>	<b>47,5Bb</b>
<b>Média Geral</b>		<b>55,39B</b>	<b>69,27A</b>

Fonte: Relatório Científico Fapesp (Processo no. 96/00987-2).

Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente a 1% de probabilidade, no teste F.D.M.S. 1% = 3,71 e CV = 7,817%.

estar presentes nos compostos. Todavia, esta digestão não solubiliza metais precipitados ou ocluídos em silicatos, mas tais formas não ofereceriam risco de contaminação ambiental (Matthews, 1984) e a fração é baixa em comparação à orgânica, sendo composta, predominantemente por vidros triturados.

As modificações propostas nesta Circular pelos autores para o preparo de extratos nítrico-perclórico durante a digestão, em comparação com a marcha descrita em He et al. (1995), refere-se ao uso de 0,5 g de composto de lixo ao invés de 0,60g, 8 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado ao invés de 6 mL e 5mL de HClO<sub>4</sub> concentrado ao invés de 3 mL. Essa modificação mostrou-se mais adequada em tempo de digestão, o que foi demonstrado por testes laboratoriais preliminares.

## Resultados Analíticos de Compostos de Lixo Usando-se a Técnica de Eliminação da Fração Orgânica e a Digestão Nítrico-perclórica Propostas

São apresentados nas Tabelas 2 e 3, os resultados analíticos obtidos para alguns elementos contidos nos compostos de lixo usando-se as metodologias propostas nesta Circular Técnica. Na Tabela 2 encontram-se os resultados de elementos presentes nos compostos em maiores quantidades (macroelementos), cuja concentração é expressa em g.kg<sup>-1</sup>, e que são P, K, Ca, Mg, Fe, Al e Na. Na Tabela 3, en-

**Tabela 2.** Teores totais de macroelementos em extratos nítrico-perclórica em oito amostras (triplicatas) de compostos de lixo das Usinas de Santo André e de São Mateus, com pré-tratamento com peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Usina	N.º da amostra	Concentração do macroelemento						
		P	K	Ca	Mg	Fe	Al	Na
		<b>g.kg<sup>-1</sup> MS</b>						
<b>Santo André</b>	<b>1</b>	7,6-8,5	13,4-16,4	45,7-46,2	5,0-5,4	23,6-27,4	20,9-21,6	13,8-16,2
	<b>2</b>	8,0-9,2	12,6-15,4	46,6-48,8	5,3-5,7	26,0-27,9	21,5-22,9	13,4-16,0
	<b>3</b>	9,9-10,5	13,0-15,2	50,7-51,8	6,2-6,3	28,6-33,4	22,2-23,7	14,0-16,2
	<b>4</b>	10,0-10,6	13,4-14,4	46,2-48,2	4,8-5,6	30,0-32,9	22,0-24,0	13,8-14,8
	<b>5</b>	11,2-11,5	14,4-16,8	56,3-57,9	5,8-6,2	31,6-32,2	23,2-24,6	15,4-16,8
	<b>6</b>	11,6-12,0	9,6-11,4	60,1-61,6	5,6-6,5	30,6-32,5	21,3-23,2	8,8-11,6
	<b>7</b>	11,1-11,8	12,6-14,2	52,6-55,5	6,1-6,2	32,9-35,7	22,5-23,8	13,8-16,0
	<b>8</b>	10,3-11,5	14,0-15,6	52,4-58,3	6,0-6,5	30,0-32,6	22,2-24,3	14,8-16,0
	<b>Média</b>	<b>10,31</b>	<b>13,99</b>	<b>52,06</b>	<b>5,85</b>	<b>30,46</b>	<b>22,77</b>	<b>14,59</b>
<b>São Mateus</b>	<b>1</b>	5,3-5,6	8,6-9,8	35,1-37,3	3,2-3,7	20,7-23,3	13,2-16,2	8,4-10,2
	<b>2</b>	4,8-5,0	10,2-10,6	40,6-42,2	4,4-4,5	21,1-23,0	17,6-18,1	9,4-10,0
	<b>3</b>	5,0-5,6	7,2-9,0	35,6-40,9	3,5-4,1	22,3-26,1	16,5-18,3	6,6-8,6
	<b>4</b>	6,8-7,1	9,4-12,8	41,6-43,9	3,6-4,7	22,4-23,2	17,8-20,7	9,8-10,4
	<b>5</b>	5,4-6,8	7,8-12,2	14,6-18,9	2,9-4,3	21,8-26,4	14,6-18,9	7,6-12,6
	<b>6</b>	4,8-5,7	6,8-9,6	33,6-39,8	3,2-3,8	18,3-19,4	13,5-16,4	6,4-9,6
	<b>7</b>	5,5-6,1	6,4-9,4	35,6-39,6	2,7-3,6	20,4-21,7	14,7-16,6	6,8-9,8
	<b>8</b>	4,6-5,1	7,6-8,6	30,8-32,4	2,8-3,2	18,4-19,2	11,6-12,6	8,0-9,2
	<b>Média</b>	<b>5,60</b>	<b>10,12</b>	<b>38,08</b>	<b>3,62</b>	<b>23,84</b>	<b>16,18</b>	<b>9,16</b>

contram-se os resultados dos elementos presentes em menores quantidades (microelementos), cuja concentração é expressa em  $\text{mg.kg}^{-1}$ , e que são Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn.

As análises dos elementos presentes nos extratos nítrico-perclórico foram feitas por espectrofotometria de plasma induzido em argônio (ICP-AES) e os comprimentos de ondas (nm) respectivos foram: Al (308,215), Ca (317,933), Cd (228,802), Cr (267,716), Cu (324,754), Fe (259,940), Mg (279,940), Mn (257,610), Ni (231,604), P (178,225), Pb (220,353) e Zn (213,854).

Na Tabela 3, observa-se que as amostras de composto de lixo produzido na Usina A apresentaram maiores concentrações médias de B, Cr, Cu, Mn, Pb. As amostras da Usina B apresentam teores médios mais elevados de Ni e Zn, o que pode indicar um certo grau de contaminação de seu composto por pilhas.

Uma outro aspecto evidente é a variabilidade dentro das amostras de Cu e Pb da Usina A e de Cd, Cu, Mn, Ni e Pb em algumas amostras da Usina B.

**Tabela 3.** Teores totais de microelementos em extratos nítrico-perclórica em oito amostras (triplicatas) de compostos de lixo crus das Usinas de Santo André e de São Mateus, com pré-tratamento com peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

Usina	N.º da amostra	Concentração do microelemento						
		Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
		<b><math>\text{mg.kg}^{-1}</math> MS</b>						
<b>Santo André</b>	<b>1</b>	4,6-6,2	199-238	180-398	335-391	68-79	152-187	593-702
	<b>2</b>	5,4-5,9	210-246	227-249	364-425	76-113	164-168	630-675
	<b>3</b>	5,4-7,2	171-210	293-326	364-413	66-98	194-246	762-810
	<b>4</b>	6,1-7,4	242-287	199-421	380-430	106-131	208-215	623-709
	<b>5</b>	8,8-10,5	253-255	266-348	400-421	119-128	202-214	765-807
	<b>6</b>	7,7-8,3	338-353	262-302	434-441	156-185	250-445	864-930
	<b>7</b>	7,7-8,3	359-475	360-427	417-437	163-175	251-318	1019-1059
	<b>8</b>	5,9-8,3	268-306	235-278	376-412	108-122	248-251	727-815
	<b>Média</b>	<b>7,13</b>	<b>274,91</b>	<b>292,19</b>	<b>402,72</b>	<b>117,16</b>	<b>229,72</b>	<b>229,72</b>
<b>São Mateus</b>	<b>1</b>	3,9-10,4	108-123	107-122	237-457	46-1299	117-166	365-436
	<b>2</b>	3,1-4,3	243-259	154-317	304-324	104-276	147-236	429-492
	<b>3</b>	4,7-5,3	130-185	194-701	292-307	83-378	149-230	478-430
	<b>4</b>	3,5-4,3	167-196	143-246	311-398	645-1524	131-274	467-532
	<b>5</b>	3,0-4,5	172-240	230-328	276-350	65-77	150-254	461-604
	<b>6</b>	2,5-3,5	183-214	194-242	238-271	69-229	137-141	421-503
	<b>7</b>	3,5-4,0	271-318	177-268	266-302	123-125	197-214	466-514
	<b>8</b>	2,5-4,0	141-159	155-210	240-301	49-68	117-224	375-437
	<b>Média</b>	<b>4,15</b>	<b>193,60</b>	<b>226,84</b>	<b>300,89</b>	<b>284,37</b>	<b>180,12</b>	<b>472,93</b>

De um modo geral, os valores médios dos elementos encontrados nas amostras das duas usinas foram compatíveis aos observados na literatura nacional (Berton & Valadares, 1991; Egreja Filho, 1993; Cravo et al., 1995) e internacional (He et al., 1995; Ayuso et al., 1996).

## Metodologia Padronizada por Silva (1999), Recomendada pela Embrapa

### Preparo da amostra de composto

- A amostra de composto úmido deve ser inicialmente homogeneizada sobre a lona de plástico, previamente lavada e seca.
- Após a homogeneização deixa-se a amostra secar na própria lona. Em seguida, passar o composto por peneira de 4 mm de malha e proceder-se uma nova homogeneização.
- Armazenar em congelador a  $-4^{\circ}\text{C}$  até o momento da digestão, secar novamente a amostra em estufa com circulação de ar forçada a  $60^{\circ}\text{C}$ , até peso constante.
- Retirar uma parte da amostra e moer em moinho Wiley, utilizando-se peneira 30.

### Pré-digestão da amostra de composto utilizando-se água oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a 30%

Princípio:

- Fundamenta-se na oxidação do carbono da matéria orgânica por  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 30%, a qual atua como agente oxidante.

Reagentes:

- Água oxigenada.

Equipamentos (utensílios):

- Cadinho de porcelana.
- Proveta de 20 mL.

Procedimento:

- Pesar uma cápsula de porcelana devidamente seca ( $P_1$ ).
- A partir de composto seco e moído, pesar 5,000 g e transferir para a cápsula de porcelana.
- Adicionar, usando-se proveta, 10 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 30% e aguardar a reação tornar-se branda para novamente adicionar mais 10 mL e assim por diante, até observar-se ausência de borbulhamento. Utilizando-se, aproximadamente, 80 a 120 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  no processo total.

Foto: Ronaldo S. Berton



Vista geral de uma unidade de compostagem de lixo urbano.

- Levar a cápsula para um banho de areia, previamente aquecida a 70-80°C para a evaporação da fase líquida ainda presente, sobrando o resíduo no fundo da cápsula.
- Retirar a cápsula do banho de areia, esperar esfriar e pesar ( $P_2$ ).
- Cálculos:  
 $P_1$  = peso da cápsula de porcelana;  
 $P_2$  = peso da cápsula + peso do resíduo;  
 % Matéria Orgânica =  $100 \times [ 5 - (P_2 - P_1) ] / 5$ .

### Vantagens e desvantagens

As principais vantagens do método são:

- a. Oxida, praticamente apenas material orgânico.
- b. Dispensa a mufla.

A desvantagem do método é o tempo de oxidação da matéria orgânica ( $\pm 2$  dias).

### Digestão Nítrico-perclórica do Composto

Princípio:

- Fundamenta-se na oxidação do carbono da matéria orgânica, se ainda existir na amostra de composto, e solubilização de compostos inorgânicos insolúveis, tais como carbonatos, sulfetos, fosfatos e outros presentes nos materiais.

Reagentes:

- Ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) concentrado (T = 65%) p.a.
- Ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) concentrado (T = 72%) p.a.

Equipamentos (utensílios):

- Bloco digestor para 40 tubos ou placa aquecedora, ambos com controle de temperatura.
- Tubo digestor de 80 mL ou balão de kjeldahl de 100 mL.

Procedimentos:

- Com auxílio de um pistilo pequeno, desestruturar o resíduo sólido presente na cápsula de porcelana e homogeneizar.
- Pesar 0,5000g de resíduo e transferir para o tubo digestor de 80 mL (ou balão de kjeldahl de 100 mL).
- Adicionar 8 mL de ácido nítrico concentrado e colocar em bloco digestor (ou placa aquecedora).
- Aquecer a 180°C até cessar o desprendimento do vapor castanho de  $\text{NO}_2$  e esperar até o volume reduzir-se a, aproximadamente, 1 a 2 mL.

- Esperar esfriar, adicionar 5 mL de ácido perclórico concentrado.
- Reiniciar o aquecimento até 200°C, esperando-se o volume se reduzir a metade e a solução adquirir uma leve coloração verde, ou seja, até o desaparecimento da tonalidade escura do material.
- Esperar esfriar e filtrar através do papel de filtro, recolhendo-se o extrato em balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com água bidestilada e homogeneizando a solução.
- É possível determinar Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S e Zn no extrato digerido.

Limitações do Método:

- Tempo prolongado de digestão (2 a 4 horas).
- Desprendimento de gases tóxicos.
- Necessidade de capela e bloco digestor.

### Referências Bibliográficas

- ABREU, M. H. F.; BERTON, R. S.; ANDRADE, J. C. Comparison of methods to evaluate heavy metal in organic wastes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 27, n. 5/8, p. 1125-1135, 1996.
- AYUSO, M.; PASCUAL, J. A.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, T. Evaluation of urban wastes for agricultural use. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 42, n. 1, p. 105-111, 1996.
- BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S. Potencial agrícola do composto de lixo urbano no Estado de São Paulo. **O Agrônomo: Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo, Campinas**, v. 43, n. 2/3, p. 87-93, 1991.
- BOAVENTURA, G. R. Performance do espectrômetro de emissão com plasma (ICP), espectroflame FVMO3, para determinação de 20 elementos químicos nas amostras de referência geoquímica DNC-1, W-2, UNB B-1 e UNB G-1. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 3., São Paulo, 1991. **Anais...** São Paulo: SBGq, 1991. v. 2, p. 423-426.
- CRAVO, M. da S.; MURAOKA, T.; GINÉ, M. F. Caracterização química do composto de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**: - resumos expandidos. Viçosa: SBSC/UFV, 1995. p. 2298-2300.

EGREJA FILHO, F. B. **Avaliação da ocorrência e distribuição química de metais pesados na compostagem de lixo domiciliar urbano.** 1993. 174 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HE, X. T.; LOGAN, T. J.; TRAINA, S. J. Physical and chemical characteristics of selected U.S. municipal solid waste composts. **Journal of Environmental Quality**, v. 24, p. 543–552, 1995.

MATTHEWS, P. J. Control of metal application rates from sewage sludge utilization in agriculture. **Critical Reviews in Environmental Control**, v. 14, n. 3, p. 199–250, 1984.

PERES, C. S. **Avaliação técnico-econômica da produção de composto de lixo.** [São Paulo: Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo], 1993. 46 p. Relatório técnico parcial n. 31369/93 apresentado à Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo.

SILVA, F. C. da (Org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

### Circular Técnica, 1

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO



### Embrapa Informática Agropecuária Área de Comunicação e Negócios

Av. Dr. André Tosello s/nº  
Cidade Universitária - "Zeferino Vaz"  
Barão Geraldo - Caixa Postal 6041  
13083-970 - Campinas, SP  
Telefone/Fax: (19) 3789-5743  
E-mail: sac@cnptia.embrapa.br

1ª edição

© Embrapa 2001

### Comitê de Publicações

**Presidente:** Francisco Xavier Hemerly  
**Membros efetivos:** Amarindo Fausto Soares, Ivanilde Dispatto, Marcia Izabel Fugisawa Souza, José Ruy Porto de Carvalho, Suzilei Almeida Carneiro  
**Suplentes:** Fábio Cesar da Silva, João Francisco Gonçalves Antunes, Luciana Alvim Santos Romani, Maria Angélica de Andrade Leite, Moacir Pedroso Júnior

### Expediente

**Supervisor editorial:** Ivanilde Dispatto  
**Normalização bibliográfica:** Marcia Izabel Fugisawa Souza  
**Capa:** Intermídia Publicações Científicas  
**Editoração Eletrônica:** Intermídia Publicações Científicas