

## **AÇÃO DE CINZAS DE INCINERADOR DE LIXO SÓLIDO URBANO COMO CORRETIVO DA ACIDEZ DE SOLOS<sup>1</sup>**

**José Carlos Chitolina<sup>2,3</sup>**

**Ana Elisa Galante Feliconio<sup>2,4</sup>**

**Janaina Braga do Carmo<sup>2,4</sup>**

**Fernando Carvalho Oliveira<sup>2,5</sup>**

**Arquimedes Lavorenti<sup>2</sup>**

### **INTRODUÇÃO**

A incineração do lixo domiciliar urbano tem sido realizada para reduzir a massa de lixo sólido. O uso de aterros sanitários para disposição das cinzas geradas é dispendioso e, atualmente, há ferrenha oposição pública para o estabelecimento de novos aterros. As cinzas, que aparecem como um dos produtos da incineração, podem apresentar, em sua composição, espécies químicas que atuam como aceptores de prótons ( $H^+$ ). Desta forma, a aplicação das cinzas em solos ácidos deve promover a elevação do seu pH, o que pode significar uma alternativa para a disposição do alumínio presente nos solos ácidos como  $Al^{3+}$ , bastante tóxico aos vegetais (RAIJ, 1991), aumenta a disponibilidade de vários nutrientes de plantas e produz efeitos favoráveis na microflora do solo, inclusive em bactérias fixadoras de nitrogênio (MALAVOLTA, 1976).

Nos raros estudos em que as cinzas foram utilizadas como corretivo da acidez de solos (WADGE & HUTTON, 1986; BACHE &

<sup>1</sup> Trabalho realizado com auxílio pesquisa da FAPESP.

<sup>2</sup> Departamento de Química da ESALQ/USP, Caixa Postal 9, Piracicaba, SP, CEP 13.418-900.

<sup>3</sup> Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Bolsista da FAPESP (Iniciação Científica).

<sup>5</sup> Bolsista da FAPESP (Doutorado).

LISK, 1990) as quantidades adicionadas aos solos variaram de 5 a 40% em peso. Estas quantidades excedem as necessidades de nutrientes das culturas e podem levar a problemas de salinidade. Até o momento, não se conhecem estudos sobre a atuação das cinzas de incineradores de lixo em solos do Brasil, haja vista que a incineração não é prática difundida no País.

O objetivo deste trabalho foi verificar a ação das cinzas como corretivo da acidez em solos tropicais comparada à ação corretiva do  $\text{CaCO}_3$ , reagente analítico, para elevar o pH dos solos até perto da neutralidade, e também verificar as correspondentes quantidades de cinzas adicionadas aos solos em porcentagem de peso.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Coleta e caracterização química das cinzas

Utilizaram-se cinzas do incinerador da Ponte Pequena, localizado à Av. do Estado, 300, no município de São Paulo, SP. A amostra de cinzas foi obtida de acordo com o seguinte procedimento: 4 subamostras de, aproximadamente, 4 litros cada, foram coletadas diariamente, em vários horários de funcionamento do incinerador, e acondicionadas em recipiente plástico, com homogeneização no final de cada dia. Este procedimento repetiu-se por 15 dias, obtendo-se uma amostra composta da qual foi retirada uma parte para o desenvolvimento do trabalho. Nas dependências do laboratório, as cinzas foram secas ao ar sobre lona plástica. Após secagem, os materiais grosseiros, como pedras, vidros e latas foram removidos, com o material remanescente sendo passado em peneira de 4 mm de malha e homogeneizado.

Para caracterização química, uma amostra de, aproximadamente, 5,0 g do material homogeneizado foi pulverizada em gral de porcelana, passada em peneira 100 e novamente homogeneizada. Fez-se a digestão das cinzas com água régia e ácido fluorídrico em bombas de digestão Parr, para completa solubilização

da amostra (PRATT, 1965). Nos extratos obtidos foram feitas as determinações de Ca, Mg, P, B, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Pb, Cr, Cd e Al por espectrometria de plasma induzido em argônio (ICP) e de K por fotometria de chama de emissão. Os resultados obtidos são apresentados na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Caracterização química parcial das cinzas.

Elemento	Teor mg kg <sup>-1</sup>	Elemento	Teor mg kg <sup>-1</sup>
Ca	50.285	Zn	2.500
Al	41.374	Pb	1.050
Fe	19.317	Mn	465
Mg	10.300	Cu	282
K	9.577	Ni	145
P	5.367	Cr	127
B	3.233	Cd	< 0.2

A determinação do poder de neutralização (PN) das cinzas foi feita pelo método da titulação potenciométrica (KOCHE *et al.*, 1989); obteve-se um valor de PN igual a 9,64%.

### **Coleta, caracterização química e granulometria dos solos**

Foram coletadas amostras, na profundidade de 0 a 20 cm, de três solos classificados como Latossolo Vermelho-Escuro (LE), Latossolo Amarelo (LA) e Areia Quartzosa (AQ), que ocorrem na região dos municípios de Piracicaba-SP e de São Pedro-SP. No laboratório, essas amostras foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira de 2 mm de malha (Terra Fina

Seca ao Ar - TFSA). Procedeu-se às caracterizações química e física parciais dos solos, cujos resultados são apresentados na **Tabela 2**.

**Tabela 2.** Caracterização química e física parcial dos solos.

Solo	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O.	Areia	Silte	Argila
		%			
LE	4,3	2,5	70	6	24
LA	3,7	1,8	80	10	10
AQ	4,1	1,7	90	2	8

Nas amostras de solo também foram feitas as determinações de prótons ( $H^+$ ) para a avaliação da exigência de  $CaCO_3$  necessária para elevar o pH a um valor próximo de 7,0 (CATANI & JACINTHO, 1974), com os resultados apresentados na **Tabela 3**.

**Tabela 3.** Extração de prótons e necessidade de  $CaCO_3$  para elevar o pH do solo à neutralidade.

Solo	mmol $H^+$ /g TFSA	mg $CaCO_3$ /200g TFSA
LE	0,0413	412
LA	0,0288	288
AQ	0,0152	152

Com base nos resultados de extração de prótons, incubaram-se, em copos plásticos de 500 mL, 200 g de amostra de cada solo com quantidades variáveis de  $CaCO_3$  p.a. para obtenção de curvas de neutralização. O período de incubação foi de 60 dias, durante o qual as amostras foram mantidas com umidade constante correspondente a 30% da capacidade de retenção de água dos solos. As quantidades de  $CaCO_3$  incubadas com os solos encontram-se apresentadas na **Tabela 4**.

**Tabela 4.** Doses de  $\text{CaCO}_3$  e de cinzas utilizadas na incubação dos solos para obtenção das curvas de neutralização.

Solo	Doses de $\text{CaCO}_3$ (mg/200g TFSA)							
	LE	0	103	206	309	412	515	618
LA	0	72	144	216	288	360	432	504
AQ	0	38	76	114	152	190	228	266
Solo	Doses de cinzas (mg/200g TFSA)							
	LE	0	1070	2140	3210	4280	5350	6420
LA	0	745	1490	2235	2980	3725	4470	5215
AQ	0	395	790	1185	1580	1975	2370	2765

Da mesma forma, os resultados de extração de prótons serviram de base para estabelecimento das quantidades de cinzas necessárias para elevar o pH dos solos até perto da neutralidade, em função do PN determinado, as quais foram 4280, 2980 e 1580 mg/200g de TFSA para, respectivamente, o LE, o LA e AQ. Para a obtenção das curvas de neutralização, incubaram-se, em copos plásticos de 500 mL, 200g de amostra de cada solo com quantidades variáveis de cinzas, moídas e passadas em peneira 30 (**Tabela 4**).

Após a incubação dos solos com quantidades variáveis de  $\text{CaCO}_3$  ou de cinzas, determinou-se o pH correspondente a cada uma das quantidades aplicadas.

Os experimentos de incubação foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições. Os resultados foram submetidos a uma análise de regressão polinomial, feita com o aplicativo SAS (Statistical Analysis System Institute, 1996).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da composição química das cinzas (**Tabela 1**) estão de acordo com aqueles encontrados por LISK (1988). Verifica-se que as cinzas contêm vários macronutrientes, com o cálcio

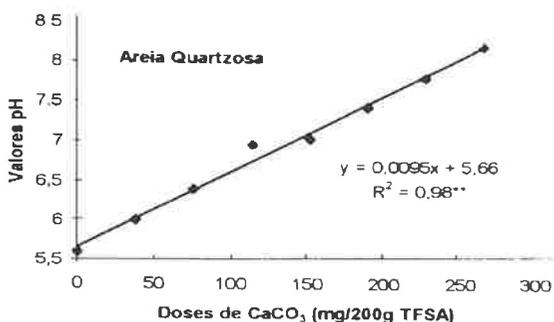
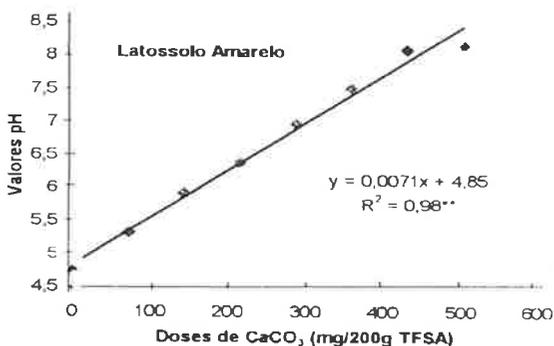
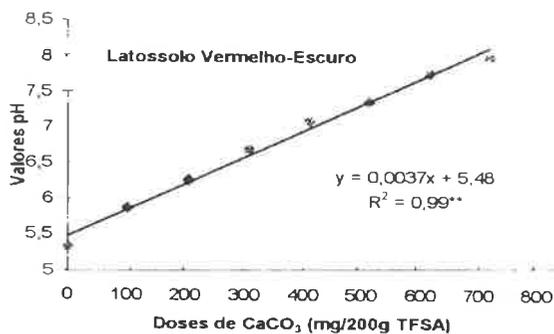
apresentando o maior teor, e também micronutrientes, com o ferro apresentando o maior teor. Por outro lado, nota-se a presença de alguns elementos potencialmente tóxicos aos vegetais, como alumínio, chumbo, níquel e cromo. Entretanto, possivelmente não estão eles em formas totalmente fitodisponíveis, o que atenuaria sua absorção.

A necessidade de  $\text{CaCO}_3$  para corrigir o pH dos solos para próximo da neutralidade (**Tabela 3**) foi mais elevada para o LE, que apresenta maior teor de matéria orgânica e também de argila (**Tabela 2**), o que lhe confere maior capacidade de tamponamento e, pois, exigência de uma quantidade mais elevada de  $\text{CaCO}_3$  para atingir o pH desejado.

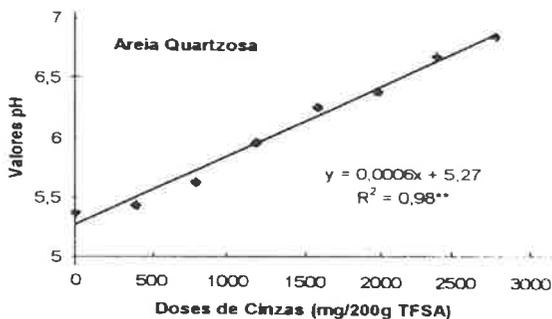
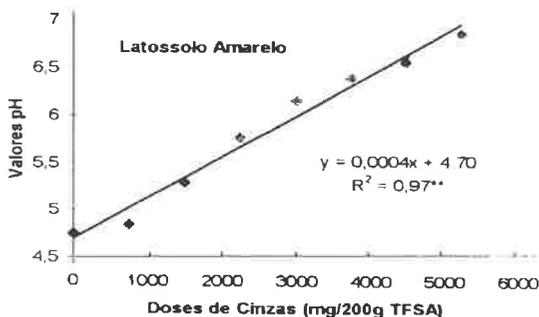
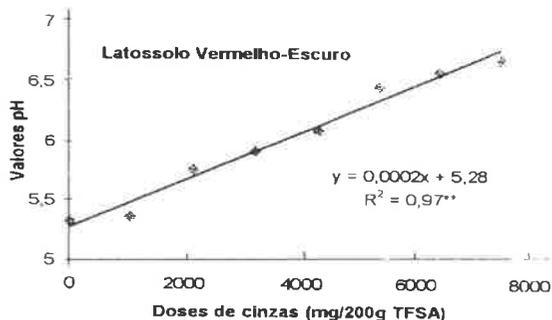
O valor PN das cinzas foi 9,64%. Isto indica que 100-g de cinza equivalem, do ponto de vista de neutralização da acidez do solo, a 9,64 g de  $\text{CaCO}_3$ . Em outras palavras, a capacidade corretiva do pH exibida pelas cinzas é, aproximadamente, 10 vezes menor do que a do  $\text{CaCO}_3$ .

A incubação de doses de  $\text{CaCO}_3$  e de cinzas com os solos (**Tabela 4**) permitiu obter as curvas de neutralização apresentadas nas **Figuras 1 e 2**. Calculando-se através das equações de regressão obtidas (**Figura 1**) os valores de pH alcançados pela incubação de  $\text{CaCO}_3$  nas doses 412, 288 e 152 mg/200 g de TFSA, que elevariam o pH dos solos até a neutralidade, obtiveram-se os valores 6,99, 6,89 e 7,11, respectivamente para LE, LA e AQ. Isto evidencia que no período de incubação (60 dias) ocorreu a completa reação do  $\text{CaCO}_3$  com os componentes que provocam a acidez nos solos.

Por sua vez, fazendo-se os cálculos de pH para as cinzas, com as equações de regressão apresentadas na **Figura 2** e correspondentes a incubação de cinzas nas doses 4280, 2980 e 1580 mg/200 g TFSA, obtiveram-se os valores 6,14; 5,90 e 6,21 respectivamente para LE, LA e AQ. Isto significa que as cinzas apresentaram menor velocidade de reação de neutralização em comparação com o  $\text{CaCO}_3$  no período de incubação considerado.



**Figura 1.** Gráficos de neutralização obtidos para os diversos solos em função das doses de  $\text{CaCO}_3$  aplicadas. \*\* Equações significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.



**Figura 2.** Gráficos de neutralização obtidos para os diversos solos em função das doses de cinzas aplicadas. \*\* Equações significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A velocidade de reação dos corretivos depende do grau de acidez do solo, da granulometria e do grau de intimidade da mistura do corretivo com o solo (RAIJ, 1991). No presente trabalho utilizou-se  $\text{CaCO}_3$  p.a. finamente moído, enquanto que as cinzas foram moídas e passadas em peneira 30, tendo, portanto, uma granulometria maior do que a do  $\text{CaCO}_3$ , o que, possivelmente, poderá exercer influência na velocidade da reação de neutralização. Além disso, as cinzas poderiam conter aceptores de prótons numa forma menos solúvel do que o  $\text{CO}_3^{2-}$  do  $\text{CaCO}_3$ , o que também provocaria diminuição da velocidade de neutralização das cinzas, podendo ser considerada uma característica favorável destes materiais.

De qualquer forma, os valores de pH obtidos com as doses de cinzas necessárias para neutralização dos solos, ou seja, 6,14; 5,90 e 6,21 para, respectivamente LE, LA e AQ faz com que praticamente todo o alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ) presente nos solos esteja precipitado na forma de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , pois, a partir de pH 5,5 a quantidade de  $\text{Al}^{3+}$  em solução e ou trocável é desprezível (CATANI & ALONSO, 1969). Além disso, os valores de pH atingidos pelos solos em função da aplicação de cinzas são considerados favoráveis ao crescimento vegetal (MALAVOLTA, 1976).

Para atingir pH próximo de 6,0, as quantidades de cinzas aplicadas aos solos, expressas em porcentagem em peso, foram, respectivamente, 4,3; 2,9 e 1,4% para LE, LA e AQ. Tais valores estão abaixo das doses utilizadas em outros trabalhos (WADGE & HUTTON, 1986; BACHE & LISK, 1990) e relativamente próximas daquelas utilizadas por ROSEN *et al.* (1994), em estudo de doses de cinzas levando em consideração os teores de nutrientes por elas apresentados.

## CONCLUSÃO

As cinzas do lixo domiciliar urbano incinerado atuaram adequadamente como corretivo da acidez dos solos estudados, com velocidade de reação de neutralização menor do que quando se usa

CaCO<sub>3</sub>. Para atingir um valor pH próximo de 6,0 as doses de cinzas, expressas em porcentagem de peso, foram 4,3; 2,9 e 1,4% respectivamente para os solos LE, LA e AQ.

A viabilidade do uso das cinzas em solos deve ser verificada através de outros estudos, tendo em vista a fitodisponibilidade de elementos essenciais e a determinação do potencial de acúmulo no solo e absorção por plantas de metais pesados, que poderiam provocar danos ambientais e riscos para a saúde animal.

## RESUMO

Este estudo foi conduzido para verificar o efeito de cinzas de incinerador de lixo urbano como corretivo da acidez de três solos ácidos. Foi feita a incubação de cinzas com solos para obtenção de curvas de neutralização. Os resultados mostraram que as cinzas foram eficientes como corretivo de acidez, porém apresentando velocidade de reação de neutralização menor que a do CaCO<sub>3</sub>. Um valor de pH próximo de 6,0 foi obtido com doses de cinzas correspondentes a 4,3; 2,9 e 1,4% em peso respectivamente para os solos LE, LA e AQ.

**Palavras-chave:** Cinzas de incinerador, acidez do solo, corretivo da acidez, solos ácidos, doses de cinzas.

## SUMMARY

### EFFECTIVENESS OF MUNICIPAL SOLID WASTE INCINERATOR ASHES AS LIMING AMENDMENT OF SOILS

A study was carried out to estimate the effects of a municipal solid waste incinerator ashes on the pH of three acid soils. Incubation of ashes with soils was made in order to obtain the neutralization curves.

The results showed that ashes were effective as a liming amendment, but the neutralization reaction rates were lower as

compared to  $\text{CaCO}_3$ . A value of pH 6.0 was obtained when the amendment rates were 4.3; 2.9 and 1.4% by weight, respectively, for soils classified as Typic Hapludox loamy, Typic Hapludox sandy and Typic Quartzipsament.

**Key words:** Incinerator ashes, soil acidity, liming amendment, acid soils, ashes rates.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHE, C.A. & D.J. LISK, 1990. Heavy-Metal Absorption by Perennial Ryegrass and Swiss Chard Grown in Potted Soils Amended with Ashes from 18 Municipal Refuse Incinerators. **J. Agric. Food Chem.**, 38: 190-194.
- CATANI, R.A. & O. ALONSO, 1969. Avaliação da Exigência de Calcário do Solo. **Anais da ESALQ**, 26: 141-156.
- CATANI, R.A. & A.O. JACINTHO, 1974. **Avaliação da Fertilidade do Solo. Métodos de Análises**. Piracicaba, Editora Livrocere Ltda., 61p.
- KOCHE, A.; J. HANASIRO; A.R. SANTOS; A.M.S. ROMERO; M. LAVIGNÉ; A.S. GUIDOLIN; J.C. ALCARDE, 1989. **Análise de Corretivos Agrícolas**. Ed. ANDA, 30p.
- LISK, D.J., 1988. Environmental Implications of Incineration of Municipal Solid Waste and Ash Disposal. **Sci. Total Environm.**, 74: 39-66.
- MALAVOLTA, E., 1976. **Manual de Química Agrícola**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 528p.
- PRATT, P.F., 1965. Potassium. In: C.A. Black et al. (ed.) **Methods of Soil Analysis**, part 2. **Agronomy**. Am. Soc. of Agron. Madison, 9: 1023-1031.
- RAIJ, B. van, 1991. **Fertilidade do Solo e Adubação**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 343p.
- ROSEN, C.J.; P.M. BIERMAN & P. OLSON, 1994. Swiss Chard and Alfalfa Responses to Soils Amended with Municipal Solid Waste Incinerator Ash: Growth and Elemental Composition. **J. Agric. Food Chem.**, 42: 1361-1368.

- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE, 1996.  
**SAS/STAT User's Guide**. Ed. Cary, NC.
- WADGE, A. & M. HUTTON, 1986. The Uptake of Cadmium, Lead  
and Selenium by Barley and Cabbage Grown on Soils Amended  
with Refuse Incinerator Fly Ash. **Plant Soil**, **96**: 407-412.