

EFEITO DO USO DE RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DE BAUXITA NOS TEORES DE MICRONUTRIENTES E SÓDIO EM PLANTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

EFFECTS OF THE USE OF BAUXITE MINING RESIDUES ON MICRONUTRIENT AND SODIUM LEVELS IN SUGARCANE

Nobile, F.O.¹, Galbiatti, J.A.², Ferreira, M.M.³, Andrião, M.A.⁴, Muraishi, R.I.⁵; Ribeiro, A. G.⁵

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo, aluno de Pós-Graduação, nível de Doutorado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Fone: (16)3203-2900, e-mail: fonobile@fcav.unesp.br

²Prof. Titular, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, e-mail: galbi@fcav.unesp.br

³Prof. Fundação Educacional de Barretos, Barretos-SP, e-mail: marcio@feb.br

⁴Graduando em Engenharia Agrônômica, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP

⁵Engenheiro Agrônomo

RESUMO

O crescimento populacional, a demanda por bens de consumo e, conseqüentemente o aumento do desenvolvimento industrial produz quantidades expressivas de resíduos. A indústria de extração de alumínio gera principalmente resíduos provenientes do processamento industrial da bauxita, em quantidades que se correlacionam diretamente com o porte industrial. Esse descarte é depositado em grandes lagos de contenção, causando forte impacto ambiental. Assim, o objetivo do presente trabalho foi verificar, em ambiente protegido, o efeito da adição do resíduo de processamento de bauxita em plantas de cana-de-açúcar (SP92 4221), em relação aos teores de micronutrientes na planta. Foram utilizados vasos de 10 litros que receberam as seguintes doses de resíduo da mineração de bauxita: 0, 2, 4, 6, 8 e 10% do volume dos vasos, correspondendo respectivamente a, 0, 28, 56, 84, 112 e 140 t ha⁻¹. Os resultados obtidos evidenciaram que a aplicação de resíduo do processamento de bauxita aumentou os teores de Mn e Na na planta e diminuiu a absorção de Zn, Cu e Fe e que doses mais elevadas são depressivas para o desenvolvimento da cultura.

Palavras-chave: Nutrição mineral. Reutilização. Zinco. Cobre. Manganês. Cana-de-açúcar.

Recebido em: 26/09/2006	<i>HOLOS Environment, v.8 n.1, 2008 - P. 19</i>
Liberado para Publicação em: 13/09/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

ABSTRACT

Population growth and the consequent demand for consumer goods as well as the increase in industrial development generates great amounts of residues. The aluminum extraction industry produces mainly residues from the industrial processing of bauxite, in amounts correlated with the industry size and they are disposed of in large containment lakes, causing significant environmental impact. Thus, the objective of the present study was to verify, in a protected environment, the effect of the addition of bauxite residues on sugarcane plants (SP92 4221), in relation to micronutrient levels in the plant. The following levels of bauxite processing residues were added to 10 litres containers: 0, 2, 4, 6, 8 and 10% of the volume of the containers, corresponding to 0, 28, 56, 84, 112 and 140 t ha⁻¹. Results indicate that application of bauxite mining residues increased the levels of Mn and Na in the plants and decreased Zn, Cu and Fe absorption, and that higher levels of the residue inhibited the development of the crop.

Keywords: Mineral nutrition. Reutilization. Zinc. Copper. Manganese. Sugarcane.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as atividades antrópicas que vêm causando forte impacto ambiental negativo, pode-se citar a construção de estradas, a urbanização, a expansão agrícola mal orientada, o uso e manejo inadequado do solo, as atividades de mineração, a construção de grandes lagos ou reservatórios artificiais e as áreas de disposição de resíduos sólidos industriais e urbanos (NOBILE, 2005).

É cada vez mais importante a conservação dos ecossistemas, principalmente em locais críticos, como aterros industriais dentro de bacias hidrográficas. Nos locais onde a ação antrópica se fez presente negativamente, as conseqüências são evidentes, mostrando a necessidade de recomposição da paisagem original, como forma de minimizar os impactos ambientais. A derrubada indiscriminada das florestas e o uso inadequado dos recursos naturais têm provocado, dentre outros efeitos, degradação dos solos, redução da biodiversidade e alterações nas redes hidrográficas com perdas qualitativas e quantitativas das águas dos rios, lagos e reservatórios (WARD, 1986).

A busca por soluções ecologicamente corretas para a disposição de resíduos consiste num grande desafio para pesquisadores, empreendedores, órgãos ambientais e sociedade civil organizada. A refinaria da Alcoa Alumínio S/A, em Poços de Caldas - MG, gera 275.000 toneladas por ano de resíduo do processamento de bauxita, o qual é disposto em depósitos previamente preparados, que ocupam grandes áreas. O resíduo apresenta-se inerte e com sérias restrições químicas, físicas e biológicas. Várias alternativas de reutilização e reciclagens do resíduo foram estudadas. Essa reutilização é de grande interesse, pois além de dar destino aos mesmos, torna-os úteis na medida em que, através da sua decomposição no solo, interferem

Recebido em: 26/09/2006	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 20
Liberado para Publicação em: 13/09/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

positivamente em seus atributos, especialmente através da correção do pH do solo e no fornecimento de nutrientes às plantas (FERREIRA, 2001).

O resíduo alcalino do refino da bauxita, também denominado “lama vermelha” (“red mud”), é gerado do processo de extração de alumina da bauxita. A alumina hidratada ocorre na bauxita como gibsitita, também chamada hidrargilita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) e como boemita e diásporo, nas formas de monohidrato ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). As principais impurezas encontradas nas bauxitas são os compostos de sílica, ferro e titânio. O comportamento desses compostos no beneficiamento da bauxita é de fundamental importância na obtenção de um produto final (alumina) de qualidade desejada assim como na composição do resíduo do processamento de bauxita (BARROSO, 1997).

A maior preocupação ambiental na produção de alumina é o armazenamento do resíduo de processamento da bauxita pelas suas propriedades químicas e quantidades geradas. Carbon et al. (1979) estimaram que uma área de aproximadamente 6.000 ha estava coberta por resíduos do refino de bauxita, sem a devida preocupação ambiental. A partir de 1984, as fábricas de alumina do grupo Alcoa localizadas na Austrália, Brasil, EUA, Jamaica e Suriname passaram a utilizar tecnologia mais adequada para disposição de resíduo de bauxita. Na década de 70, dependendo do local de produção, o resíduo era disposto em diferentes formas no ambiente: incineração, lançamento nos oceanos através de emissários submarinos e deposição em aterros sanitários. Outra forma de descarte consistia na deposição em lagos que depois eram esvaziados com lançamento do resíduo ao mar (UNEP, 1977).

A pesquisa tem demonstrado que o resíduo do processamento de bauxita tem grande potencial de uso como material de construção civil, na fabricação de agregados para utilização em concretos pré-moldados (SOUZA, 1989). Também na construção de estradas, melhorando a adesão asfáltica (HARTLEY e THORPE, 1980) e em algumas formas de uso em sistemas agrícolas, como condicionador de solo (WARD, 1986).

Ferreira (2001) utilizando resíduo do processamento de bauxita com teor de cálcio e comportamento semelhante aos corretivos, quanto à elevação do pH de dois solos ácidos e absorção de cálcio pelo trevo, não identificou nenhum efeito tóxico nas plantas cultivadas. No entanto, o resíduo promoveu menor absorção de potássio, o que deve estar associado à alta concentração de sódio presente, competindo com o potássio.

O objetivo principal deste trabalho foi estudar o comportamento da cana-de-açúcar, com seis doses de resíduo do processamento de bauxita, visando avaliar os teores de micronutrientes e sódio na planta.

2. MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido em ambiente protegido do tipo arco conjugada, coberto por filme plástico de polietileno, específico para este fim, e tela anti-afídica

em toda sua área externa, localizada no setor de Plasticultura do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus/Jaboticabal, SP, cujas coordenadas geográficas são 21°15'15" Latitude Sul, 48°18'09" Longitude Oeste e altitude em torno de 595 m. O clima da região é do tipo Cwa pela classificação de Köppen, seco no inverno com chuvas no verão, apresentando temperatura média de 22 °C.

Utilizaram-se amostras de solo oriundas do Latossolo Vermelho distrófico de mata mesófila semidecídua residual, textura média, retiradas na camada de 0 – 20 cm. As análises químicas e granulométricas foram realizadas no Departamento de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus/Jaboticabal, conforme metodologia recomendada por Rajj et al. (2001). As características químicas e granulométricas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química e granulométrica do solo

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H + Al	SB	T	V	argila	silte	areia fina	areia grossa	Classe textural
CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	g dm ⁻³	resina mg dm ⁻³		-----mmol _c dm ⁻³ -----					%	-----g kg ⁻¹ -----				
4,2	21	2	0,6	5	3	42	8,6	50,6	17	320	40	270	370	média
<hr/>														
			Zn	B	Cu		Mn		Fe		Na			
			----- mg dm ⁻³ -----								-- mg kg ⁻¹ --			
			0,1	0,07	0,5		1,7		37,0		8,0			

O resíduo do processamento da bauxita, em condições de ser empregado como condicionador de solo foi obtido junto a Alcoa Alumínio S/A – MG. Ele foi seco, moído e peneirado. O material peneirado foi homogeneizado e uma fração do mesmo foi submetida à análise conforme metodologia previamente estabelecida para quantificação total dos nutrientes (LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL, 1988).

Na Tabela 2 estão apresentados os dados da análise química para o resíduo do processamento da bauxita. O pH = 11 o resíduo revela uma alcalinidade do mesmo que se justifica pela alta concentração de sódio e ferro trocável e ausência de alumínio.

Tabela 2- Análise química do resíduo de bauxita, resultados expressos no material seco

Nt _k *	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	Na	Pb	Cd	Ni	Cr
	-----g kg ⁻¹ -----					-----mg dm ⁻³ -----								
4,0	0	11,4	17	1	0,5	137000	2100	4	111	50100	183	3	17	0

*Nitrogênio total Kjeldahl

Recebido em: 26/09/2006	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 22
Liberado para Publicação em: 13/09/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

Para a instalação do experimento, o solo foi peneirado em peneira de malha 20 mm, selecionando os torrões, em sua integridade, conforme a abertura da malha e retirando todos os agregados maiores e resíduos grosseiros de material orgânico. Antes do acondicionamento do solo nos vasos, este foi acrescido de doses dos resíduos da mineração da bauxita definidos previamente de acordo com os tratamentos estabelecidos. Misturou-se o solo e o resíduo do processamento de bauxita com o auxílio de saco plástico, em função dos tratamentos.

Utilizaram-se vasos de polietileno com capacidade para 10 litros e foram testadas 6 doses do resíduo do processamento da bauxita: controle (0), 2, 4, 6, 8 e 10% do volume do vaso, que corresponderam a: controle (0), 28, 56, 84, 112 e 140 t ha⁻¹. O cálculo para estimar a quantidade de resíduo em t ha⁻¹ levou em consideração a camada de 0 - 20 cm do solo, a densidade do solo e do resíduo do processamento da bauxita. A escolha das doses levou em consideração o experimento realizado anteriormente com volumes maiores de resíduo: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 100% do resíduo em vasos de 10 litros. Após o preenchimento dos vasos, procedeu-se o plantio da cana-de-açúcar em 02 de outubro de 2003, estabelecendo-se uma muda de cana-de-açúcar para cada vaso do experimento. Utilizou-se mudas provenientes de cultura de tecidos apresentando 5 plantas de cana-de-açúcar por muda.

Utilizando o método do tanque classe A e seguindo metodologia sugerida por Montero et al. (1985), na qual os vasos foram irrigados diariamente. Nessa metodologia a evapotranspiração das culturas sob ambiente protegido é normalmente de 60 a 80% da evapotranspiração no exterior. Especificamente para esse estudo, usou-se o valor de 80% devido à grande exigência da cultura em água. O Kc da cultura da cana-de-açúcar utilizado para o cálculo da quantidade de água a ser aplicada por vaso foi de 0,70 (DOORENBOS e KASSAM, 1994). Esse coeficiente foi estabelecido pelos autores para a fase de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, sendo que, no presente trabalho, devido ao tempo de condução do experimento, esta é a fase de maior duração. Por isso, a justificativa de se usar esse coeficiente. As reposições diárias de água eram feitas com proveta de 1 litro.

A cultura da cana-de-açúcar é adequada para o uso de resíduo, uma vez que não é de consumo direto, é plantada em grandes extensões e dotada de grande tecnologia. No experimento realizado, foram utilizadas mudas do clone SP92 4221.

A colheita do experimento foi realizada no dia 27 de janeiro de 2004, depois de decorridos 118 dias do desenvolvimento da planta.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão entre as doses de resíduo de bauxita e os micronutrientes e o sódio da planta e da massa seca da cana-de-açúcar, de acordo com os procedimentos do Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999).

As amostras de folhas foram coletadas ao final do experimento, mas antes do corte da cana-de-açúcar. Foram escolhidas ao acaso trinta folhas por tratamento. O tipo de folha escolhida foi à folha +1 (folha mais alta com o “colarinho” visível),

excluindo a nervura central. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel perfurados e identificados.

Logo após a coleta, as amostras de folhas, foram lavadas e conduzidas para secagem em estufa a 60-70 °C, e posteriormente trituradas e digeridas para a obtenção de extratos. A análise química das folhas (Cu, Fe, Zn, Mn e Na) se deu de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

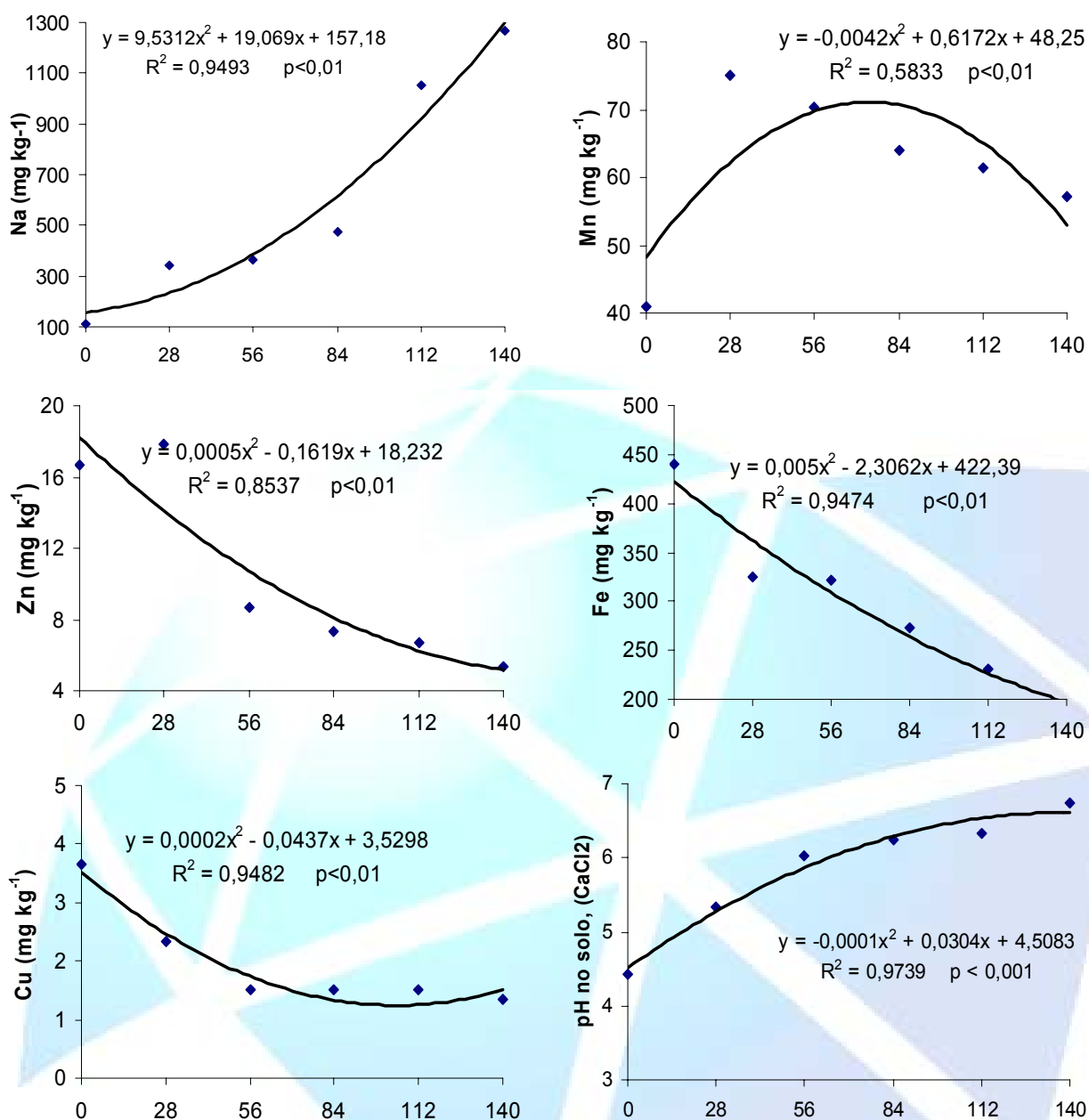
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de micronutrientes absorvidos pelas plantas são baixas. As deficiências de micronutrientes em plantas podem ter efeitos drásticos sobre as produtividades de culturas, embora as suas ocorrências sejam bem mais raras do que a deficiência de macronutrientes (MALAVOLTA, 1980).

Na Figura 1 pode-se observar que, os teores de sódio e manganês na planta tiveram seus valores aumentados com a aplicação do resíduo do refino de bauxita no solo. Além disso, verifica-se também que somente o teor de sódio na planta aumenta, conforme o aumento da aplicação do resíduo e os teores dos outros micronutrientes estudados tenderam a diminuir.

O zinco é importante componente de vários sistemas enzimáticos que regulam diversas atividades do metabolismo das plantas, este relacionado com o metabolismo normal do carbono. A aplicação de 28 t ha⁻¹ do resíduo aumentou a absorção de zinco, uma vez que o teor de zinco encontrado para essa aplicação foi de 17,83 mg kg⁻¹, enquanto que para o controle esse valor foi de 16,66 mg kg⁻¹. O menor teor de zinco foi atribuído à dose de 140 t ha⁻¹ com teor de 5,33 mg kg⁻¹ de zinco. Todas as doses testadas diminuíram a absorção de zinco significativamente de acordo com a Figura 1.

Como o zinco tem sua solubilidade afetada pelo pH do solo, no presente estudo os níveis de zinco permaneceram em níveis baixos (0,1 mg dm⁻³). O decréscimo na absorção de zinco pela planta pode ser explicado pela provável diminuição do sistema radicular em função do aumento das doses do resíduo.



Resíduo do processamento da bauxita (t ha⁻¹)

Figura 1. Regressão entre diferentes doses de resíduo do processamento da bauxita incorporados ao solo e o teor de micronutrientes e sódio da folha de cana-de-açúcar, bem como efeito do pH no solo.

De acordo com Coelho e Verlengia (1988) os teores encontrados de zinco estão dentro dos limites aceitáveis para um bom desenvolvimento da cultura (10 – 50 mg kg⁻¹), com exceção para as doses acima de 56 t ha⁻¹. A Figura 1 apresenta a evolução da aplicação de resíduo do processamento de bauxita nos teores de zinco da planta.

O sódio é benéfico para algumas culturas. Admite-se que o sódio possa substituir parcialmente o potássio, embora em plantas exigentes em potássio, respostas tenham sido observadas ao sódio independente do potássio. O resíduo rico em sódio adicionado ao solo também aumentou seus níveis em função do aumento das doses testadas. O aumento de sódio na planta é reflexo do alto teor desse

nutriente no resíduo, chegando a apresentar sintomas de toxicidade de sódio, quando da aplicação de 140 t ha⁻¹ de resíduo do processamento da bauxita. Na Figura 1 demonstra que há aumento progressivo na concentração de sódio nos tecidos vegetais à medida que aumenta a salinidade do solo. A maior dose (140 t ha⁻¹) foi a que mais contribuiu com o aumento de sódio na planta, 1226,66 mg kg⁻¹ de sódio. A aplicação de 28 t ha⁻¹ de resíduo triplicou a quantidade do elemento, passando de 112,00 mg kg⁻¹ (testemunha) para 341,66 mg kg⁻¹ de sódio. Muitas são as medidas para o controle da diminuição de teor de sódio, por exemplo, a aplicação de gesso agrícola na solução pode substituir o sódio no complexo de troca e permitir a lixiviação do ânion NaSO₄⁻ na água de drenagem, resultando em maior floculação da argila e aumento da permeabilidade do solo. O gesso agrícola é o usado como fonte de cálcio.

O cobre na planta parece ter função em certos sistemas enzimáticos e estar mais concentrado nas radículas das plantas do que nas folhas ou outros tecidos, e talvez tenha importante função no metabolismo da raiz. No solo, o cobre tem a solubilidade afetada pelo pH, e valores de pH acima de 6,0 podem induzir deficiências (RAIJ, 1991). Como já foi visto anteriormente, cada incremento da dose de resíduo do processamento da bauxita ocasionou decréscimo no teor de cobre no solo, como era de se esperar. Na planta, a cada aumento da dose, menor seria a absorção do nutriente em função das menores quantidades do elemento disponíveis no solo. A aplicação de 28 t ha⁻¹ da dose de resíduo do processamento da bauxita diminuiu os teores de cobre de 3,66 mg kg⁻¹ (controle) para 2,33 mg kg⁻¹. A menor quantidade de cobre encontrado na planta ocorreu com a aplicação de 140 t ha⁻¹ da dose, com um teor de 1,33 mg kg⁻¹ de cobre. Os níveis encontrados para cobre, de acordo com interpretação de Raij (1991), se encontram em concentrações consideradas deficientes (2 – 5 mg kg⁻¹).

As aplicações das doses de resíduo do processamento de bauxita aumentaram os teores de manganês na planta. A aplicação de 28 t ha⁻¹ da dose elevou o teor de manganês de 41,00 mg kg⁻¹ (controle), para 75,16 mg kg⁻¹, ver Figura 1. Todas as doses testadas foram superiores ao tratamento testemunha. Os teores de manganês encontrados nas plantas foram decrescendo em função do aumento das doses do resíduo.

A explicação, para a redução de absorção de manganês do solo pelas plantas, está provavelmente na pouca formação de raízes (observado na coleta do experimento) em função do aumento da dose de resíduo, pois quanto maior a dose menor a quantidade de raízes formadas, conseqüentemente, menor eficiência da planta em absorver o nutriente. Os teores de manganês em todos os tratamentos encontram-se adequados (25 – 250mgkg⁻¹) de acordo com Coelho e Verlengia (1988).

Uma das principais funções do ferro na planta é agir como catalisador na produção de clorofila. De acordo com os tratamentos utilizados, os teores de ferro nas plantas diminuíram em função do aumento das doses. A testemunha apresentou teor de 440,16 mg kg⁻¹ de ferro. A aplicação de 28 t ha⁻¹ da dose provocou queda para 324,50 mg kg⁻¹. Todas as doses testadas apresentaram teores de ferro na planta

menores que a testemunha e significativamente diferentes. A menor taxa de ferro na planta foi atribuída à dose 140 t ha⁻¹ de resíduo do processamento da bauxita com 189,66 mg kg⁻¹ de ferro. A menor absorção de ferro pelas plantas é reflexo da diminuição do nutriente no solo com a aplicação de resíduo do processamento da bauxita, já que a solubilidade do ferro é afetada pelo aumento de pH.

Os teores de ferro encontrado para as doses de 84, 112 e 140 t ha⁻¹ de resíduo do processamento da bauxita estão dentro dos limites (40 – 250 mg kg⁻¹) estabelecidos por Silva (1999), porém as aplicações de 0, 28 e 56 t ha⁻¹ estão acima desses limites. A Figura 1 apresenta a evolução dos teores de ferro na planta em função da adição do resíduo de bauxita em cada tratamento.

A aplicação de apenas 28 t ha⁻¹ da dose de resíduo do processamento da bauxita elevou o valor pH a 5,3. Para todas as outras doses os valores foram superiores, quando comparados com o tratamento controle. Cada incremento da dose promoveu aumento no valor de pH. A causa da elevação do pH está na alcalinidade do resíduo de bauxita, devido à adição de hidróxido de cálcio no resíduo, em uma das etapas de industrialização, para eliminação do fósforo.

Em relação ao elemento chumbo (Pb), presente no resíduo de processamento de bauxita (Tabela 2), não houve preocupação em quantificá-lo na planta, pelo fato de que o nível do elemento encontra-se abaixo do valor permitido pela legislação nacional e internacional. Segundo o United States Environmental Protection Agency (1994) o nível crítico desse elemento tóxico, nos biossólidos, é de 846 mg dm⁻³ de chumbo, muito superior ao valor encontrado no resíduo (183 mg dm⁻³). No solo, a concentração máxima permitida segundo o United States Environmental Protection Agency (1994) é de 300 kg ha⁻¹ de chumbo, muito acima do nível de chumbo que foi adicionado ao solo pelo resíduo de processamento de bauxita.

4. CONCLUSÕES

A aplicação de resíduo do processamento da bauxita proporcionou aumentos nos teores de manganês e sódio nas folhas de cana-de-açúcar, enquanto que os teores de zinco, cobre e ferro foram decrescentes em função do aumento das doses.

Menores doses de resíduo do processamento da bauxita mostraram-se eficientes no aumento dos nutrientes nas folhas de cana-de-açúcar, enquanto que doses mais elevadas, 112 e 140 t ha⁻¹, podem ser prejudiciais para o desenvolvimento da cultura em questão.

A aplicação de resíduo do processamento da bauxita pode ser opção para a agricultura, na medida em que fornece nutrientes para as plantas e permite destinação técnica ao resíduo.

Recebido em: 26/09/2006	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 27
Liberado para Publicação em: 13/09/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

5. REFERÊNCIAS

BARROSO, R. **Metalurgia do alumínio**. Parte 1. Processo Bayer de obtenção da alumina. Maranhão: CEFET, 1997. 12p. Apostila de Metalurgia.

CARBON, B.A.; MURRAY, A.M.; BARTLE, G.A. Prediction of depth to water table in bauxite residue ponds. **Australian Journal of Soil Research**, Austrália, v.17, p.263-269, 1979.

COELHO, F.S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do Solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola Agrônômico, 1988.

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: FAO/UEPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

FERREIRA, C.G. **Estudos sobre o comportamento de espécies florestais em áreas degradadas pela disposição de resíduo de bauxita através do uso de solo de camada superficial e gesso**. 2001. 117f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

HARTLEY, J.; THORPE, L.S. Red mud stabilized limestone road base trial. Alcoa of Australian Ltd. Pinjarra Refinery. A report to Alcoa by Hartley Thorpe Consulting Chartered Engineers, West Perth, 1980.

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL - LANARV. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**: métodos oficiais do Laboratório Nacional de Referência Vegetal. Brasília: LANARV, 1988. 104p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**: princípios e aplicações, 2 ed. rev. e atual, Piracicaba: POTAFOS, , 1997.

MONTERO, J.I.; CASTILLA, N.; GUTIERREZ de RAVÉ, E; BRETONES, F. Climate under plastic in the Almeria. **Acta Horticultural**, Hague, v.170, p.227-234, 1985.

NOBILE, F.O. de. **Efeito da aplicação de resíduo da mineração de bauxita no solo e na planta de cana-de-açúcar**. Jaboticabal, 2005. 117f. Dissertação (Mestrado em

Recebido em: 26/09/2006	HOLOS Environment, v.8 n.1, 2008 - P. 28
Liberado para Publicação em: 13/09/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**. Cary, 1999. 595p

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SOUZA, H.R. de. Aproveitamento de lama vermelha para produção de agregado para a construção civil. In: do Ó, O.M.P. (Coord). **Recuperação de Rejeitos da Indústria Metalúrgica**. Volta Redonda: Associação Brasileira de Metais, p.81-92, 1989.

UNEP. Industry Programmed. **Environmental Aspects of de Aluminum Industry**. Paris, 1977.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - U.S.EPA. **A plain English guide to the EPA Part 503 Biossolids Rule**. Whashington, 1994. 190p.

WARD, S.C. **The use of the fine residue from bauxite refining as a soil amendment**. 1986.318f. (Thesis of PhD). School of Environmental and Life Science, Murdoch University, Western Australia, 1986.