

CORREÇÃO DA ACIDEZ DE UM NEOSSOLO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE CARBONATO E SILICATO DE CÁLCIO

Antonio Nolla¹, Gaspar Henrique Korndörfer², Tiago Roque Benetoli da Silva¹, Antonio Saraiva Muniz³, Maria Anita Gonçalves da Silva³

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP.: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: anolla@uem.br, trbsilva@uem.br

²Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Instituto de Ciências Agrárias, Campus Umuarama. Avenida Amazonas s/n, Caixa Postal 593, CEP.: 38400-902, Bairro Umuarama, Uberlândia, MG. Email: ghk@triang.com.br

³Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Agronomia, Campus Sede. Avenida Colombo 5790, CEP.: 87020-900, Bairro Jd. Universitário, Maringá, PR. E-mail: asmuniz@uem.br, magsilva@uem.br

RESUMO: *A acidez é um dos principais fatores de degradação química, porque em solos ácidos, com pH baixo e alumínio trocável alto, há menor disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo e redução e engrossamento do sistema radicular da planta, o que prejudica o desenvolvimento e produtividade das culturas. O controle da acidez do solo pode ser efetuado utilizando-se calcário e resíduos siderúrgicos. Além do efeito corretivo, as escórias são fontes de silício, elemento considerado benéfico para o desenvolvimento das plantas. Objetivou-se comparar o potencial corretivo do carbonato e silicato de cálcio. Acondicionou-se 200 kg de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob mata natural em tambores (200 l) aplicando-se superficialmente o equivalente a zero, 1500, 3000, 6000 e 12000 kg ha⁻¹ de carbonato e silicato de cálcio em um DBC com 4 repetições. Cultivou-se cana-de-açúcar durante 1 ano. Na colheita, amostrou-se as parcelas experimentais na camada de 0-10 cm. Determinou-se o pH-H₂O, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis. O silicato de cálcio foi menos eficiente que o carbonato de cálcio em corrigir o pH e aumentar a concentração de Ca trocável na solução do solo. Entretanto, os dois produtos foram igualmente eficientes em reduzir a concentração de alumínio trocável no solo.*

PALAVRAS-CHAVE: *Toxidez de alumínio, escórias de siderurgia, fertilização cálcica e magnésiana.*

SOIL ACIDITY CORRECTION OF A QUARTZIPSAMMENT SOIL SUBMITTED TO APPLICATION OF CARBONATE AND CALCIUM SILICATE

ABSTRACT: *Soil acidity is a major factor of chemical degradation, because in acid soils with low pH and high exchangeable aluminum, there is less availability of calcium, magnesium and phosphorus, reduction and thickening of the plant root system, which impairs the yield and development of cultures. Correcting soil acidity can be performed using limestone and steel waste. In addition to the corrective effect, the slags are sources of silicon, a element that is beneficial to plant growth. This study aimed to compare the potential corrective of carbonate and calcium silicate. It was applied 200 kg of a Quartzipsamment soil under native forest in drums (200 l) applying superficially equivalent to zero, 1500, 3000, 6000 and 12,000 kg ha⁻¹ of carbonate and calcium silicate in RBD with 4 replicates. It was grown sugarcane for 1 year. At*

harvest, the soil plots was sampled at 0-10 cm layer. It was determined pH-H₂O, calcium, magnesium and aluminum exchangeable. Calcium silicate was less efficient than the calcium carbonate to increase pH in water and the level of exchangeable Ca in soil solution. However, both products were equally effective in reducing the level of exchangeable Al in the soil.

KEYWORDS: *Aluminum toxicity, slags, calcium and magnesium fertilization*

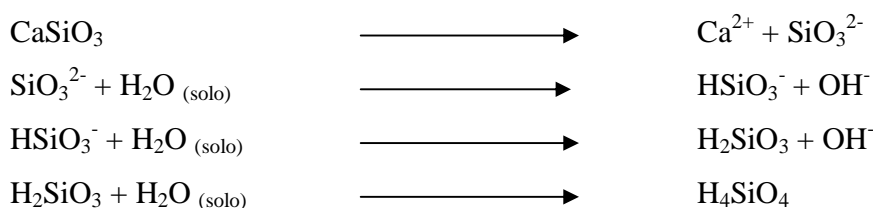
INTRODUÇÃO

A acidez do solo é considerada um dos principais fatores de degradação química, capaz de reduzir o potencial produtivo das culturas. Em solos ácidos com pH baixo (<5,5), há menor disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo, o que prejudica o desenvolvimento das plantas, afetando sua capacidade produtiva. Além disso, em condições de elevada acidez ($Al^{3+} > 1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), o alumínio presente na solução do solo provoca inibição da expansão da raiz e, posteriormente, redução e engrossamento do sistema radicular da planta (Taylor, 1988), resultando em menor absorção de nutrientes e água devido ao menor volume de solo explorado.

O controle da acidez do solo é efetuada com a aplicação de substâncias que liberam oxidrilas (OH⁻), capazes de neutralizar os prótons (H⁺) da solução do solo. Os materiais empregados como corretivo de acidez são basicamente os óxidos, hidróxidos, escórias e carbonatos de Ca e Mg (Malavolta, 1989, 1980). O calcário é o material mais utilizado, entretanto para ser efetivo, necessita dissolver-se em água.

Como o calcário, alguns resíduos siderúrgicos são usados na correção da acidez do solo. As escórias siderúrgicas são resíduos da metalurgia do ferro, processadas em altas temperaturas (>1900^o C), produzidas pela reação do calcário com a sílica, na proporção de 4 toneladas de ferro-gusa para uma tonelada de escória de alto forno (Coelho, 1998). Assim, o uso das escórias na agricultura tem sido uma alternativa interessante para o aproveitamento de parte desses subprodutos acumulados pelas indústrias.

O mecanismo de correção da acidez pela escória resulta na formação de ácido monossilícico (H₄SiO₄), que se dissocia menos que os H⁺ adsorvidos ao complexo de troca, e por isso, o pH do solo se eleva, conforme a equação descrita por Alcarde & Rodella (2003):



Além do efeito corretivo, as escórias são fontes de silício, elemento considerado benéfico para o desenvolvimento das plantas (Brasil, 2004). De modo geral, a adubação rica em silício resulta em aumentos significativos no crescimento e na produtividade de muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, aveia, trigo, milho, grama kikuyu, grama bermuda) e em algumas espécies não gramíneas (feijão, alfafa, tomate, alface, pepino e repolho), tem sido observados aumentos de produtividade com o aumento da disponibilidade de Si no solo (Elawad et al., 1979).

O trabalho foi desenvolvido com objetivo de comparar o potencial corretivo e fornecimento de nutrientes pelo carbonato de cálcio e silicato de cálcio aplicados em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob condições de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do ensaio, foi utilizado como base experimental um Neossolo Quartzarênico Órtico típico em condições de mata natural, situado em Santa Vitória – MG, 1, cuja caracterização química original está descrita nas Tabelas 1 e 2. Coletou-se aproximadamente 8 toneladas do solo para a montagem do ensaio. Para corrigir a baixa fertilidade natural, o solo foi adubado previamente, misturando-se o equivalente a 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 400 kg ha⁻¹ de K₂O, 240 kg ha⁻¹ de Mg e 100 g de micronutrientes na forma de fritas – FTE BR12 (9% de Zn, 1,8% de B, 2% de Mn, 0,8% de Cu, 0,1 % de Mo e 3% de Fe). Em seguida, acondicionou-se 200 kg do Neossolo previamente adubado em tambores de 250 litros de 54 (diâmetro) x 83 cm (altura), os quais foram dispostos em um cercado telado e descoberto.

Nos tambores preenchidos com o solo, aplicou-se superficialmente o equivalente a zero, 1500, 3000, 6000 e 12000 kg ha⁻¹ de carbonato de cálcio p.a. (99% de CaCO₃) e silicato de cálcio (58% de CaO e 40% de SiO₂), num delineamento em blocos casualizados com 4 repetições. As colunas foram deixadas em repouso por 15 dias, ao ar livre, aplicando-se 12 litros de água para proporcionar uma maior reatividade dos materiais aplicados no solo.

Inicialmente, os tambores foram sulcados (2 linhas – 25 cm de espaçamento entre-linhas) para o plantio da cana-de-açúcar variedade RB 86-7515, onde as mudas foram picadas em toletes e colocadas dentro dos sulcos, permanecendo 3 plantas/vaso após o desbaste. Na ocasião do plantio aplicou-se o equivalente a 500 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20 (N-P₂O₅-K₂O).

Tabela 1. Caracterização química do Neossolo Quartzarênico Órtico típico utilizado para a instalação do experimento

pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Al	P	K	H+Al	T	V	M	M.O
1:2,5	----- cmol _c dm ⁻³	-----	-----	--- mg. dm ⁻³ ---	---	----cmol _c dm ⁻³ ----	-----	-----%	-----	g kg ⁻¹
4,6	0,1	0,1	0,7	1,3	19	4,5	4,77	5	74	17

Ca, Mg, Al = (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); T= CTC pH 7,0; V= Saturação por bases; M.O.= matéria orgânica (Walkley-Black).

Tabela 2. Caracterização química e análise textural do Neossolo Quartzarênico Órtico típico utilizado para a instalação do experimento

S-SO ₄	Si	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5	0,6	190	6,3	1,0	0,4	0,32	626	218	1	155

S-SO₄ = [Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol L⁻¹]; Si = [CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹]; Fe, Mn, Cu, Zn = [DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol L⁻¹ a pH 7,3] B = [BaCl₂.2H₂O a 0,125% à quente]. Análise textural pelo Método da Pipeta (Embrapa, [14]).

Cultivou-se cana-de-açúcar durante 1 ano, de forma que o solo dos vasos foi mantido úmido através da precipitação pluviométrica natural e pela irrigação (água natural). Ao final de 12 meses, amostrou-se as parcelas experimentais, com trado calador, na camada de 0-10 cm. As amostras de solos foram secas ao ar e passadas em peneiras com malha de 2 mm. Determinou-se o pH-H₂O, cálcio e magnésio trocáveis (KCl 1 mol L⁻¹), determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; alumínio trocável extraído com KCl 1 mol L⁻¹, e determinado por titulação com NaOH 0,0125 mol L⁻¹; todos conforme Ribeiro et al. (1999).

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SANEST e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Através de estudos regressão, estabeleceram-se relações entre as doses dos corretivos aplicados e os atributos de acidez do solo, para comparar o potencial corretivo do silicato e carbonato de cálcio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se os resultados obtidos com base na amostragem efetuada após 12 meses da implantação do ensaio (Figura 1), percebe-se que a aplicação de silicato de cálcio no Neossolo Quartzarênico Órtico típico proporcionou correção da acidez do solo superficial durante o cultivo da cana-de-açúcar, atingindo valores máximos de pH ao redor de 6,0 (Figura 1a), concordando

com resultados obtidos por Carvalho (2000). Essa condição é considerada como ideal (pH 6,0) para o desenvolvimento das culturas (Ribeiro et al., 1999). A aplicação de carbonato de cálcio (Figura 1a), no entanto, ocasionou uma maior eficiência no aumento de pH, atingindo valores máximos de pH ao redor de 7,0, valor superior ao referencial (5,5) de necessidade de calagem para o sistema plantio direto (Nolla, 2003). Provavelmente essa superioridade possa estar relacionada ao menor PRNT (89% - Raij et al., 1997) apresentado pelo silicato, aliado ao seu menor teor de CaO (58%).

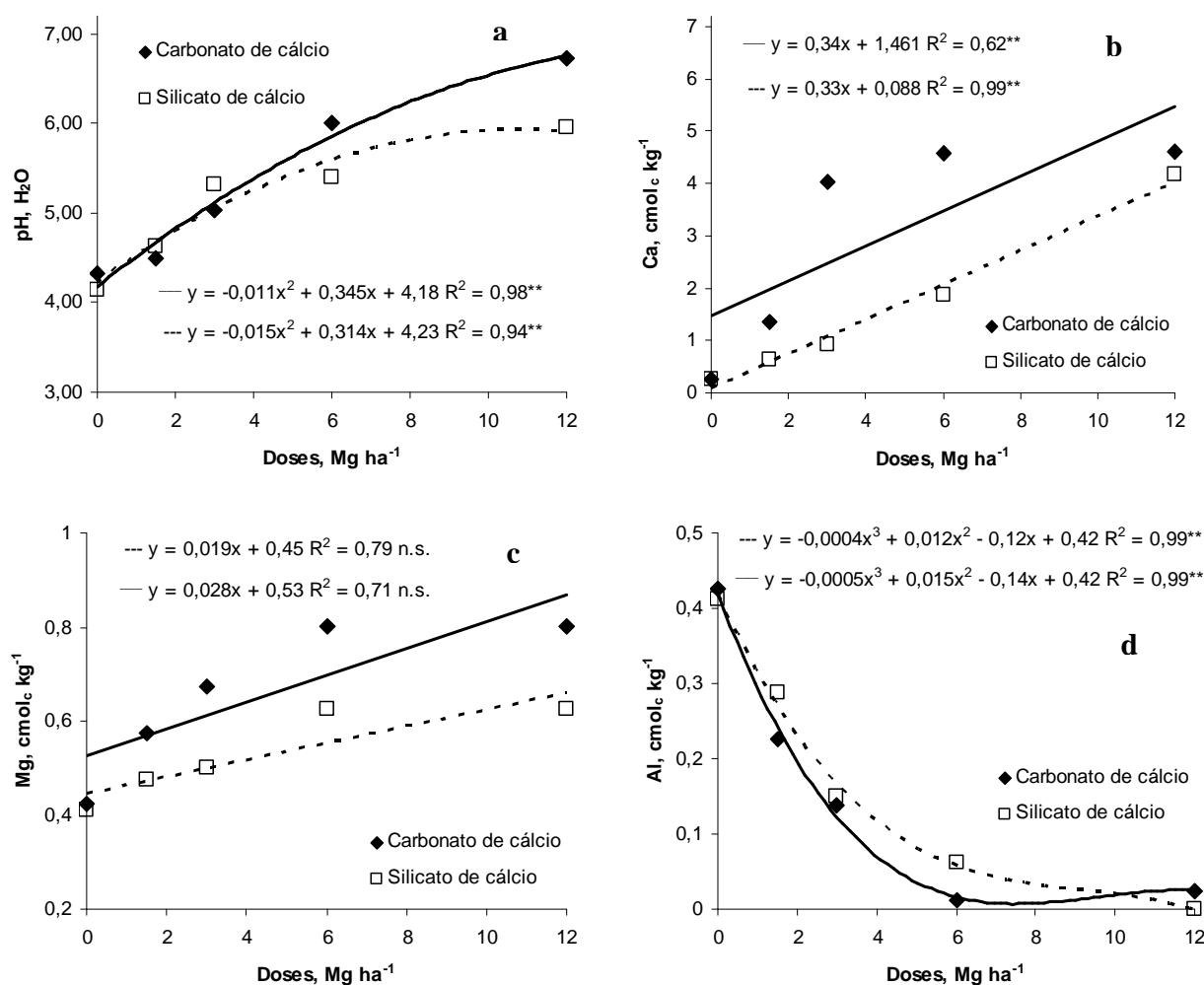


Figura 1. Dinâmica do pH - H₂O (a), cálcio (b), magnésio (c) e alumínio (d) trocáveis na camada superficial (0-10 cm) de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico, em função da aplicação de doses crescentes de carbonato de cálcio e silicato de cálcio.

Vale lembrar que a disponibilidade de vários micronutrientes como boro, cobre, ferro e manganês é controlada pelo pH do solo (Lindsay, 1972). Nos vasos onde aplicou-se 12 Mg ha⁻¹ de calcário, o pH atingiu valores próximos a 7,0 (Figura 1a). Nessa condições, pode ocorrer redução na atividade de micronutrientes. Segundo Fageria & Zimmerman (1979), a correção da acidez do solo até 6,0 não gera deficiência de micronutrientes para várias culturas. No entanto, quando o pH atinge valores acima de 6,5-7,0, pode ocorrer problemas de redução na disponibilidade das culturas, o que reduz seu potencial produtivo (Horowitz, 1978), apesar do solo apresentar altos teores de cálcio (> 4,0 cmolc kg⁻¹) e magnésio (>0,9 cmolc kg⁻¹) trocáveis no solo (Ribeiro et al., 1999).

Apesar dos dois materiais terem sido eficientes na redução da acidez do solo, observa-se que o silicato tendeu a disponibilizar menos cálcio em solução em relação ao carbonato de cálcio (Figura 1b), provavelmente em função da menor concentração do elemento nas partículas de silicato (58% de CaO). Em solos argilosos, pobres em cátions básicos como o cálcio, típicos da região do cerrado brasileiro, um maior aumento na concentração de cálcio pode ser importante para incrementar a produtividade das culturas (Sousa et al., 1993), uma vez que o solo testado apresenta originalmente baixos teores de cálcio (0,1 cmolc kg⁻¹ – Tabela 1), sendo fundamental que o corretivo, além de corrigir a acidez do solo, aumente também a concentração de cálcio em solução (Sousa & Lobato, 2004). Observa-se que a concentração de cálcio (Figura 1b), nos tratamentos onde aplicou-se silicato, variou de 0,1 a 4,3 cmolc kg⁻¹, atingindo valores acima do nível crítico para a cana-de-açúcar (3,0 cmolc kg⁻¹ - Ribeiro et al., 1999). Nos tratamentos onde aplicou-se CaSiO₃ e CaCO₃, a dosagem de 8,5 e 4,3 Mg ha⁻¹ seria suficiente para aumentar a concentração de cálcio a 3,0 cmolc kg⁻¹, respectivamente. Nessas condições, é possível um crescimento ideal, uma vez que o nível crítico de cálcio para culturas como a cana-de-açúcar é de 3,0 cmolc kg⁻¹ (Ribeiro et al. 1999). Assim, pode-se mencionar que os dois produtos testados podem ser utilizados para a fertilização cálcica das culturas (Quaggio, 2000).

Observando-se a dinâmica nos teores de magnésio trocável (Figura 1c), percebe-se que o carbonato de cálcio tendeu a apresentar maior eficiência que o silicato de cálcio em aumentar a concentração de magnésio no solo, apesar de não terem sido observadas diferenças significativas. Vale lembrar que os dois produtos não apresentam em sua composição magnésio e que aplicou-se 240 kg ha⁻¹ de Mg em todas as parcelas na instalação do experimento. A tendência ao aumento no teor de Mg quando aplicou-se doses crescentes dos corretivos, principalmente carbonato de

cálcio, segundo Mello et al. (1989) e Malavolta (1989), pode ter ocorrido porque a disponibilidade de magnésio aumenta com o pH do solo, atingindo a máxima disponibilidade em torno de 6,0. É importante destacar que a aplicação de corretivos ricos em magnésio é interessante para o desenvolvimento de cana-de-açúcar, uma vez que a cultura necessita um teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no solo (Quaggio, 2000). Essas condições são atingidas nos tratamentos onde aplicou-se 1,5 e $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ de carbonato e silicato de cálcio, respectivamente.

Um dos principais problemas dos solos cultivados, refere-se à toxicidade do alumínio. O alumínio (Al^{3+}) presente na solução do solo provoca inibição da expansão da raiz e, posteriormente, redução e engrossamento do sistema radicular da planta (Taylor, 1988), resultando em menor absorção de nutrientes e água devido ao menor volume de solo explorado. Observando-se a Figura 1d, percebe-se que a aplicação de silicato e carbonato de cálcio foi eficaz na neutralização do alumínio. Doses superiores a 6 Mg ha^{-1} reduziram a concentração de alumínio trocável a uma concentração próxima a zero, o que é desejável para atingir o potencial produtivo das culturas. Deve-se observar que a neutralização do alumínio contribui para o aumento na saturação por bases, o que proporciona um melhor potencial produtivo das culturas (Sousa & Lobato, 2004), além do efeito positivo da aplicação dos produtos no fornecimento de cálcio (Figura 1b) e aumento de pH (Figura 1a).

CONCLUSÕES

O silicato de cálcio foi menos eficiente que o carbonato de cálcio em corrigir o pH e aumentar a concentração de Ca trocável na solução do solo. Entretanto, os dois produtos foram igualmente eficientes em reduzir a concentração de alumínio trocável no solo.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.A.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G. (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo. 2003. p. 291-334.

BRASIL - Decreto N^o 2954. 2004. Aprova o regulamento da lei n^o 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Normas jurídicas (Texto Integral). Brasília: Imprensa Nacional. 27 p.

- CARVALHO, J.G. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício.** 2000. 119. p. Dissertação (mestrado em agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- COELHO, P.E. Da escória ao vidro. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v.49, p. 36-45, 1998.
- ELAWAD, S.H.; GREEN, V.E. Jr. Silicon and the rice plant environment: A review of recente research. **Revista IL Riso**, Milano, v.28, p. 235-253. 1979.
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.1, p. 88-92, 1979.
- HOROWITZ, A. Os íons do molibdênio no solo – um exemplo da aplicação dos diagrama Eh-pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, n.2, p.98-103, 1978.
- LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. IN: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America. 1972. p. 41-57.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 1989. 292 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**, Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MELLO, F. de A. F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do; ARZOLLA, S. **Fertilidade do solo**. Piracicaba: Nobel. 1989. 400p.
- NOLLA, A. **Crítérios para a calagem no sistema plantio direto**. 2003. 169p. Tese (doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. 2000. 111p.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Methods used for diagnosis and correction of soil acidity in Brazil: an overview. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; SCHAFFERT, R.E. (Ed.) **Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production**. Campinas: Brazilian Soil Science Society. 1997. p. 205-214.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V. V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG-UFV. 1999. 359 p.
- SOUSA, D.M.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2004. 416 p.
- SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E.; MIRANDA, L.N. Correção do solo e adubação da cultura da soja. IN: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I. DE M. (Ed.) **Cultura da soja nos cerrados**. Uberaba: Potafos. 1993. p. 137-158.
- TAYLOR, G.J. The physiology of aluminum phytotoxicity. In: SIEGAL, H.; SIEGAL, A. (Ed.) **Metals Ions in Biological Systems**. New York: Marcel Dekker, 1988. p.123-163.
- WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil**, Passo Fundo: EMBRAPA Trigo. 2000. 104p.

Recebido para publicação em: 10/07/2013

Aceito para publicação em: 01/08/2013