

# SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO E RELAÇÃO Al/Ca PARA A CULTURA DA SOJA EM SOLOS DE CERRADO<sup>1</sup>

*David Vieira Lima<sup>2</sup>, Huberto José Kliemann<sup>3</sup>, Nand Kumar Fageria<sup>4</sup>, Milton Ferreira de Moraes<sup>5</sup>, Wilson Mozena Leandro<sup>3</sup> e Eduardo da Costa Severiano<sup>5</sup>*

**RESUMO:** Foi conduzido um ensaio em casa de vegetação, utilizando-se dois solos ácidos de Cerrado, um Latossolo Vermelho-Amarelo (argiloso) e um Neossolo Quartzarênico (arenoso), em delineamento inteiramente casualizado, submetidos a cinco doses de calcário (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes o necessário para elevar a saturação por bases para 50%), com o objetivo de avaliar os efeitos da saturação por Al e da relação Al/Ca na produção de massa seca de soja. Os tratamentos influenciaram significativamente o crescimento e a produção de massa seca de soja nos dois solos, porém, o efeito foi maior no solo arenoso do que no argiloso, principalmente sob alta saturação por Al e relação Al/Ca no solo. Conclui-se que, nos solos estudados, a calagem é essencial para desenvolvimento normal da planta de soja.

**Termos para Indexação:** acidez do solo, calagem, crescimento radicular.

## ALUMINUM SATURATION AND Al/Ca RATIO FOR SOYBEANS IN CERRADO SOILS

**ABSTRACT:** A greenhouse experiment was conducted using two acid cerrado soils: one Red-Yellow Latosol (clayey soil) and one Quartzarenic

<sup>1</sup>Extraído de Parte dos Experimentos de Tese de Doutorado em Produção Vegetal do primeiro autor, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás - UFG. Trabalho apresentado no 10º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo, realizado em Piracicaba (SP) em 07 e 08 de novembro de 2002.

<sup>2</sup>Professor do Centro Federal de Ensino Tecnológico de Rio Verde-GO. E-mail: dvlima@yahoo.com.br.

<sup>3</sup>Professores da Escola de Agronomia e Eng. de Alimentos-UFG, Goiânia-GO. E-mail: kliemann@agro.ufg.br; leandro@agro.ufg.br.

<sup>4</sup>Pesquisador Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: fageria@cnpaf.embrapa.br.

<sup>5</sup>Acadêmicos de Agronomia, UFG. Bolsistas de PIBIC. E-mail: moraesmf@yahoo.com.br; eceveriano@yahoo.com.br.

Neosol (sandy soil), which received five levels of lime (0; 0.5; 1.0; 1.5; and 2.0 times the necessary amount to raise base saturation to 50%). The objective of the experiment was to evaluate the effects of Al saturation and of the Al/Ca ratio on dry matter yield of the above-ground parts and roots of soybean plants cultivated in acid cerrado soils. The treatments significantly influenced growth and yield of the above-ground parts and roots in both soils. However, growth and yield of the above-ground parts and roots were more influenced in the sandy soil as compared to the clayey soil, especially at higher Al saturations and higher Al/Ca ratios. It can be concluded that, for the soils under study, liming is essential for normal soybean growth.

**Index Terms:** acid soil, liming, root development.

## INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro ocupa uma área de, aproximadamente, 205 milhões de hectares, sendo que, da sua área total, 100 milhões de hectares estão disponíveis para o cultivo, dos quais, cerca de 12 milhões estão ocupados com culturas anuais, 40 milhões com pastagens cultivadas e 2 milhões com culturas perenes, restando, ainda, pelo menos, 46 milhões de hectares a explorar, além dos 79 milhões que constituem as reservas legais (Resck, 2001). A maioria desses solos são Oxissolos, que são ácidos de baixa fertilidade, sendo a sua produtividade baixa em estado natural (Lopes, 1983; Malavolta & Kliemann, 1985; Resck, 2001). A correção da acidez e a adubação desses solos são imprescindíveis para a obtenção de elevada produtividade das culturas (Fageria, 2001; Lima et al., 2000). É importante destacar que a calagem é a prática mais efetiva e barata para a correção da acidez dos solos (Fageria & Stone, 1999).

A soja é a principal cultura da região, tanto em termos econômicos quanto em área plantada. Dos quase 43 milhões de toneladas de soja da safra 2001/2002, só o estado de Goiás contribuiu com mais de 12%, em 1 885 381 de hectares plantados, conforme dados preliminares do IBGE (Lima, 2002). Na região sudoeste do Estado, destaca-se o município de Rio Verde, que produz cerca de 1% da produção nacional de grãos, mas também tem a maioria dos solos compostos de Latossolos e Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos), com limitações típicas destas classes, o que restringe a produção em condições naturais (Braga et al., 1997; Correia et al., 1997).

A soja é considerada uma espécie muito exigente em termos nutricionais e, sensível à acidez dos solos (Rosolem, 1980; Faquin et al., 2000), que reduz o crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, também a absorção de água e nutrientes.

Para Faquin (1994), o principal efeito da acidez dos solos é a toxidez do Al, sendo a saturação por alumínio (m%) o índice que melhor afere esse componente da acidez do solo (Sousa et al., 1980).

Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar os efeitos da saturação por Al e da relação Al/Ca no crescimento da soja, tendo como parâmetro a produção de massa seca (parte aérea e raiz).

## MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se um experimento com soja (*Glycine max* L. Merrill, cv. Emgopa-316), em vasos com 4kg de solo, sob condições de casa-de-vegetação da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás.

Foram utilizados dois solos: um Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) e um Neossolo Quartzarênico (NQ), coletados na camada de 0-20cm, em área representativa do município de Rio Verde-GO. Em seguida, as amostras foram secas ao ar e passadas por peneira de malha de cinco milímetros.

As características químicas e físicas iniciais dos solos (Tabela 1), analisadas conforme a Embrapa (1997), foram: pH em água; matéria orgânica; Ca, Mg e Al (extraídos pelo KCl 1 mol/L); P, K, Cu, Fe, Mn e Zn (extraídos pelo Mehlich-1); B (água quente); textura e densidade de partículas.

**TABELA 1.** Caracterização química e física dos solos, na camada de 0 a 20cm de profundidade, coletados na região de Rio Verde (GO).

Características	Solos	
	LV	NQ
PH em água	4,9	5,0
P (mg/dm <sup>3</sup> )	1,7	1,6
K (mg/dm <sup>3</sup> )	49	58
Ca (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	4	4
Mg (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1	2
Al (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	10	4
H+Al ( " )	93	47
SB <sup>(1)</sup> ( " )	6,2	7,5
T ( " )	99,2	54,5
m (%)	61,5	34,8
V (%)	6,2	13,8
Mat.Org.(g/dm <sup>3</sup> )	53	8
B (mg/dm <sup>3</sup> )	1,05	4,5
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	0,3	0,2
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	99,3	143,9
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	16,1	23,0
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	0,5	0,3
Areia (g/kg)	220	810
Silte (g/kg)	120	60
Argila (g/kg)	660	130
dp (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>(2)</sup>	2,70	2,80

<sup>(1)</sup> Soma de bases trocáveis (Ca + Mg + K); <sup>(2)</sup> Densidade de partículas

Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, constituído de cinco doses de calcário, equivalentes a 0; 0,5; 1,0; 1,5; e 2,0 vezes a dose recomendada para elevar a saturação por bases para 50%, pelo método da saturação de bases proposto por Quaggio (1983), que foi de 2,05g/kg de solo (equivalente a 4,14t/ha, se considerada a camada superficial de 20cm e a densidade global do solo) para o solo argiloso e 0,68g/kg de solo (da mesma forma, equivalente a 1,89t/ha) para o arenoso, com cinco repetições por tratamento. Como corretivo foi empregada a mistura de CaCO<sub>3</sub> mais MgCO<sub>3</sub> p.a., na proporção de 3:1, com 104,75% de PRNT, deixando-se o solo sob incubação aeróbica por 30 dias.

Aos solos foram adicionados, como adubação básica, em solução, os seguintes nutrientes (mg/kg de solo), sempre como fontes puras p.a.: N – 80; K – 150; P – 200; S – 50; Mo – 0,1; B – 1,5; Cu – 1,5; Zn – 5 e Mn – 5. O nitrogênio foi fornecido no plantio e em duas coberturas, de acordo com o desenvolvimento das plantas, na forma mineral, para eliminar o efeito dos tratamentos e das condições experimentais sobre a simbiose, evitando-se, dessa forma, possíveis interferências nos resultados.

Foram plantadas oito sementes por vaso e, uma semana após a emergência das plântulas, fez-se um desbaste para quatro plantas por vaso.

A umidade do solo nos vasos foi controlada pela perda de peso dos vasos, mantendo-a, aproximadamente, a 80% da capacidade de campo, como sugerido por Freire et al. (1980). Para homogeneizar as condições experimentais, foram realizados rodízios freqüentes do posicionamento dos vasos dentro da estufa, de modo aleatório. O experimento foi conduzido até as plantas atingirem a fase de pré-florescimento (estádio R2), cortando-se a parte aérea rente ao solo. O solo de cada vaso, depois de seco, foi revolvido e o sistema radicular das plantas foi cuidadosamente retirado, lavado, seco em estufa a 65-70°C, até peso constante, determinando-se a massa seca (MS).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as interações, avaliadas por regressão, utilizando-se o modelo polinomial quadrático (Gomes, 2000; SAS Institute, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

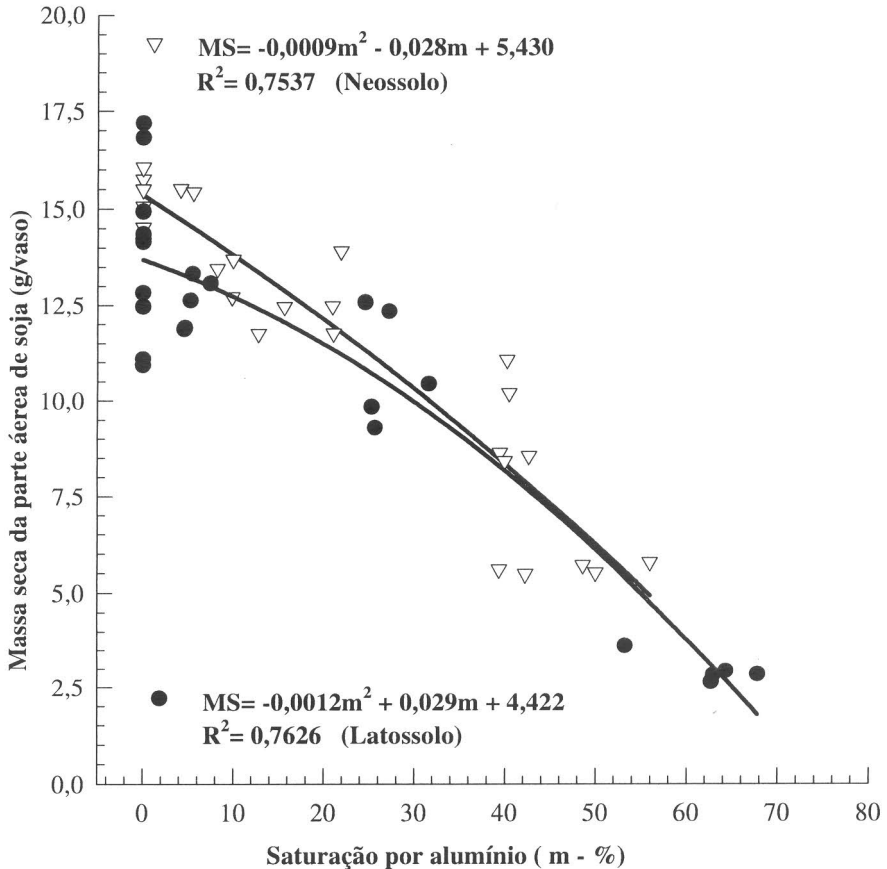
### Efeito da saturação por Al

Em ambos os solos, houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da saturação por Al sobre a produção de massa seca (Figuras 1 e 2).

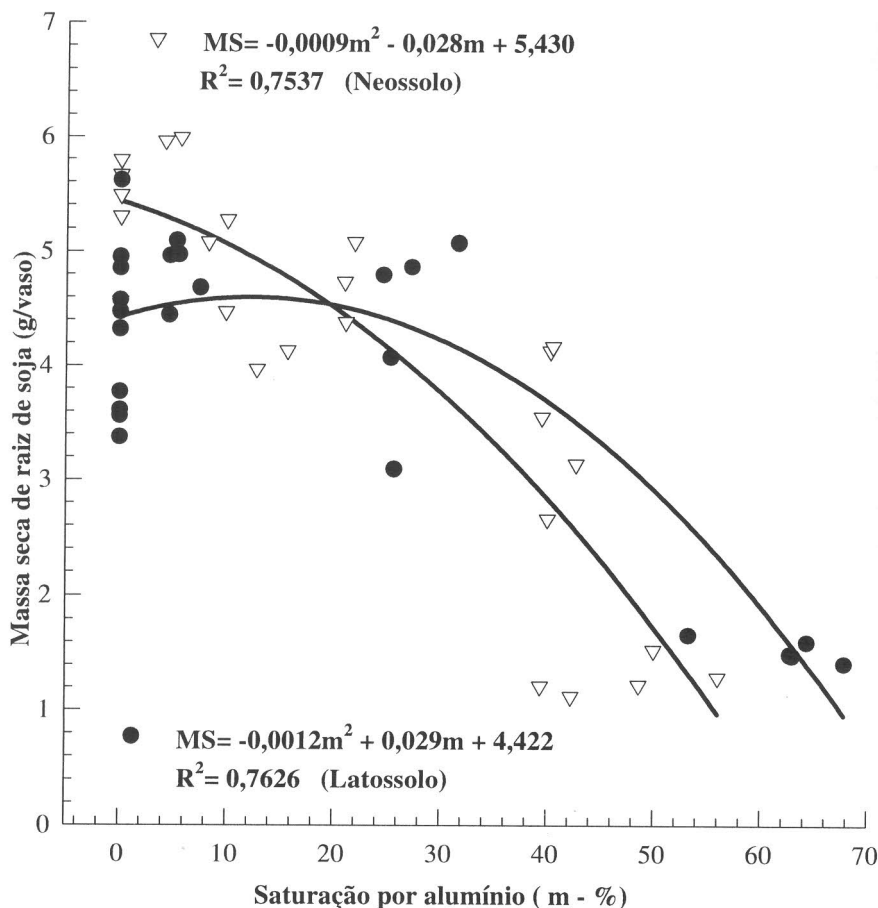
Verificou-se que o efeito foi maior no solo arenoso, principalmente sob alta saturação por Al. Neste solo, a saturação por Al deprimiu significativamente a produção (redução  $> 10\%$ ) a partir de 12%, valor que enquadra a cultivar como sensível à saturação em Al, segundo critério de Muzilli et al. (1978).

Para o solo arenoso, a dose ideal de calagem seria equivalente a 2270kg/ha, suficiente para assegurar uma saturação por bases de, pelo

menos, 60% ao se implantar um sistema de cultivo de soja, especialmente no sistema de plantio direto (SPD), que demanda alguns anos para se estabilizar e não permite revolvimento do solo para incorporação de calcário.



**FIGURA 1.** Efeito da saturação por alumínio sobre a produção de massa seca da parte aérea de soja.



**FIGURA 2.** Efeito da saturação por alumínio sobre a produção de massa seca da raiz de soja

O solo argiloso apresentou um comportamento bastante diferente, onde se verificou que o efeito do alumínio foi menos drástico. Tomando-se como limiar a produção de 90% da máxima produção de MS, verificou-se que esse patamar foi mantido até uma saturação por Al de 31,5%, a partir desta saturação limitante. Nesse solo, a cultivar teve um comportamento classificado por Muzilli et al. (1978) como muito tolerante, pois, tradicionalmente, o nível crítico para a saturação por Al para a cultura é de 20%, e esse esteve superior ao valor citado, sem, contudo, afetar a produção.

Nesse solo, considerando-se somente a variável “saturação por Alumínio”, o cálculo da calagem para elevar a saturação por bases para 50% (4140kg/ha) seria suficiente, nas condições experimentais do presente trabalho. No entanto, para iniciar o SPD, sugere-se que a saturação ideal seja de 60%, principalmente considerando-se o baixo custo dessa operação e a relação custo/benefício proporcionada.

O comportamento verificado no solo argiloso possivelmente se deve ao fato de esse solo apresentar maior teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, maior ocorrência de ácidos orgânicos capazes de complexar o Al, tornando-o menos tóxico à cultura (Malavolta et al., 1977; Miyazawa et al., 2000).

### **Efeito da relação de Al/Ca**

Da mesma forma da saturação por Al, verificou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da relação Al/Ca sobre a produção de massa seca, em ambos os solos (Figuras 3 e 4).

A exemplo da saturação por Alumínio, a relação Al/Ca afetou a produção de massa seca de soja de forma mais drástica no solo arenoso, onde a produção caiu significativamente a partir da relação próxima a 0,2, portanto, menos da metade daquela verificada para o solo argiloso (0,5).



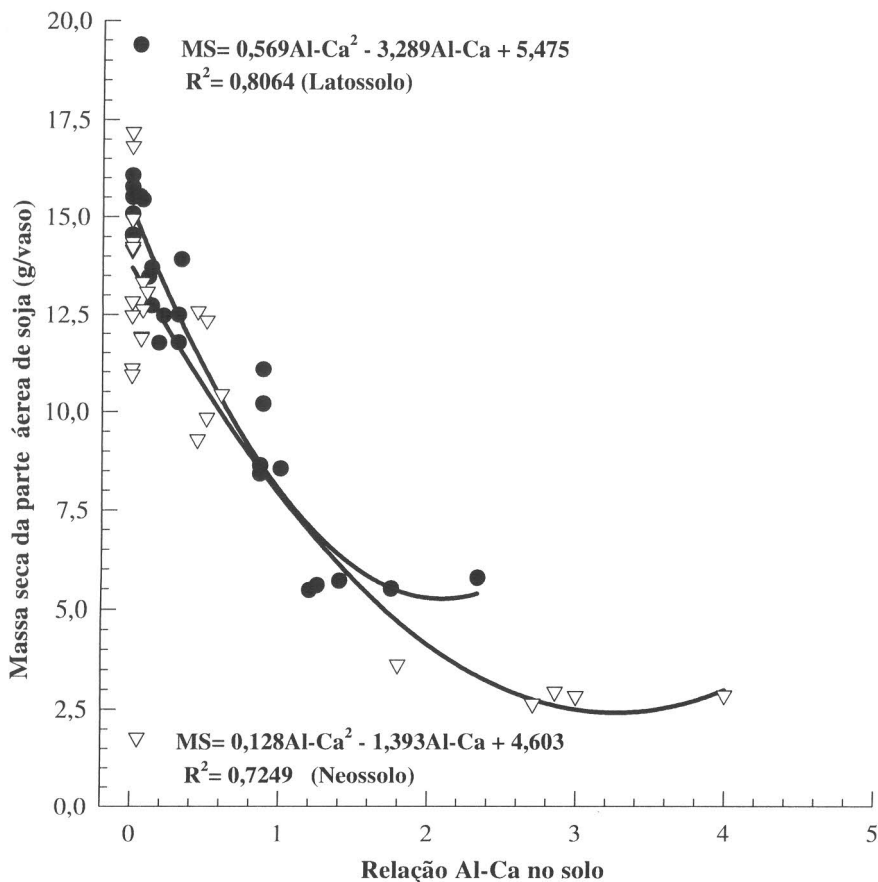
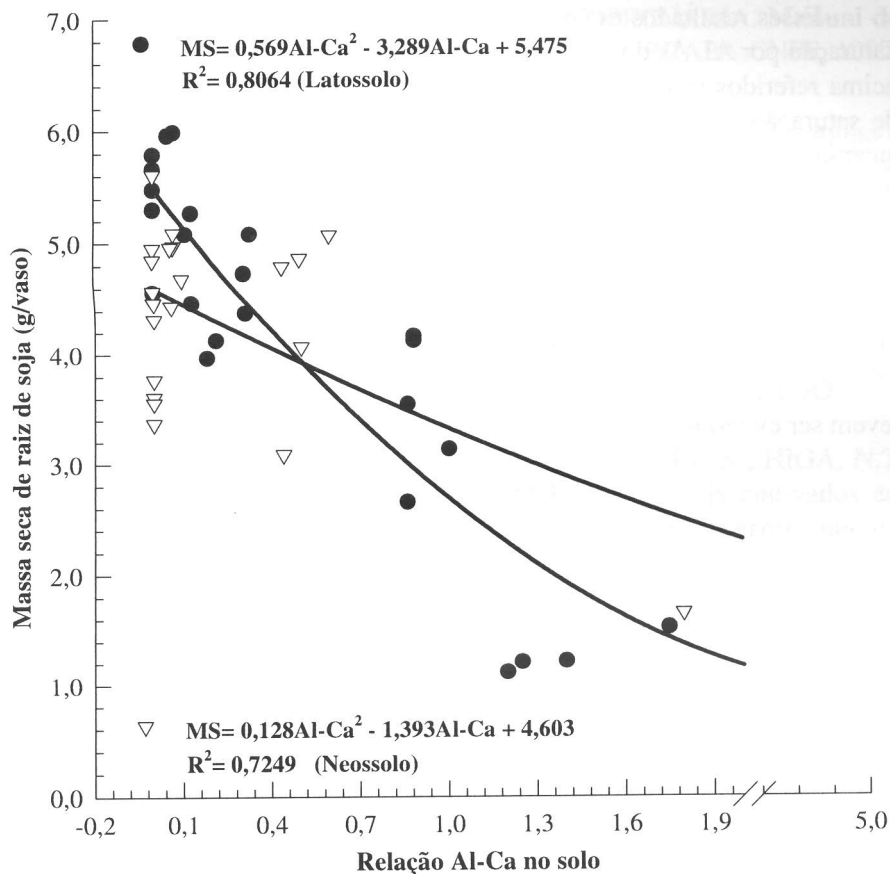


FIGURA 3. Efeito da relação Al-Ca sobre a produção de massa seca da parte aérea de soja.



**FIGURA 4.** Efeito da relação Al-Ca sobre a produção de massa seca da raiz de soja.

Não foram encontradas na literatura referenciais para essas relações, mas se pode depreender que, no solo arenoso, quando a saturação por Ca no complexo sortivo do solo foi inferior a quatro ou cinco vezes a do Al, a produção da cultura foi afetada significativamente. No solo argiloso, a cultura suportou uma relação bastante superior, praticamente duas vezes mais Ca do que Al, ou seja, uma relação Al/Ca de 0,5. A explicação plausível para a diferença de comportamento observado é a mesma dada para a saturação por Al.

Esses resultados estão compatíveis com os discutidos para o efeito da saturação por Al. As doses de calagem necessárias para se atingir os limiares acima referidos são equivalentes àquelas citadas para atingir o nível crítico de saturação por alumínio, evidenciando-se a necessidade da calagem nas quantidades requeridas e do monitoramento mais freqüente da calagem no solo arenoso.

O comportamento diferenciado da cultivar nos diferentes solos é de grande importância para o manejo da cultura, porque se soma ao diferencial genético que as cultivares apresentam entre si, com relação à tolerância ao Al (Muzilli et al., 1978; Faquin & Vale, 1991).

Os resultados permitem reforçar que os Neossolos Quartzarênicos devem ser evitados para o cultivo intensivo de soja nos Cerrados.

## CONCLUSÕES

A saturação por Al e a relação Al/Ca influenciaram significativamente a produção de massa seca de soja nos dois solos.

O efeito tóxico do alumínio foi maior no solo arenoso que no argiloso.

A produção de soja em solos ácidos de Cerrado aumenta com a aplicação de calagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, A.R.S.; CORREIA, J.R.; MADEIRA NETO, J.S.; SPERA, S.T.; MARTINS, E.S. Solos do município de Rio Verde-GO II: Variabilidade mineralógica de Latossolos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Viçosa-MG: SBCS, 1997. (CD-ROM).

CORREIA, J.R.; BRAGA, A.R.S.; SPERA, S.T.; CHAGAS, C. da S.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; CALDERANO FILHO, B.; MADEIRA NETO, J.S. Solos do município de Rio Verde-GO I: Distribuição na paisagem e relações com a geologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Viçosa-MG: SBCS, 1997. (CD-ROM).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

FAGERIA, N.K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1419-1424, 2001.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. **Manejo da acidez dos solos de Cerrado e de várzea do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA arroz e feijão, 1999, 42p. (Documentos, 92).

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1994. 227p.

FAQUIN, V.; LIMA, D.V.; FURTIN NETO, A.E.; CURTI, N.; HIGA, N.T.; MORAES, A.R. Nutrição mineral do braquiário e da soja cultivados em Latossolos sob Cerrado da região de Cuiabá-MT. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.110-117, 2000.

FAQUIN, V.; VALE, F.R. do. Toxidez de alumínio e de manganês. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.15, n.170, p.29-38. 1991.

FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. de. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n. 1, p.5-8, 1980.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. rev. e ampliada. São Paulo: Nobel, 2000. 477p.

LIMA, D.V.; FAQUIN, V.; FURTIN NETO, A.E.; MORAIS, A.R. de; CURTI, N.; HIGA, N.T. Macro e micronutrientes no crescimento do braquiário e da soja em Latossolos sob Cerrado da região de Cuiabá-MT. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.96-104, 2000.

LIMA, E. de S. **Safra goiana deve somar 8,1 milhões de toneladas**. Goiânia: O popular, 2002. 6p. (Edição especial: Caderno Economia).

LOPES, A.S. **Solos sob "Cerrado": características, propriedades e manejo**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983. 161p.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; SARRUGE, J.R.; BITTENCOURT, V.C. Toxidez de alumínio e de manganês. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: BASES PARA UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4, 1976, Brasília. **Anais...** Belo Horizonte-MG: Itatiaia/São Paulo: USP, 1977. p.275-301. (Coleção Reconquista do Brasil, 38).

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2000. 16p. (Informações Agrônômicas, 92).

MUZILLI, O.; SANTOS, D.; PALHANO, J.B.; MANETTI FILHO, J.; LANTMANN, A.F.; GARCIA, A.; CATANEO, A. Tolerância de cultivares de soja e de trigo a acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, n.1, p.34-40, 1978.

QUAGGIO, J.A. **Critérios para calagem em solos do Estado do São Paulo**. 1983. 76f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

RESCK, D.V.S. Uso e ocupação do solo e a crise energética no Brasil. **Boletim Informativo SBCS**, Viçosa, v.26, n.4, p.14-18, 2001.

ROSOLEM, C.A. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1980. 80p. (Boletim Técnico, 6).

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS/STAT user's guide: statistics**. version 8, Cary, 1999. v. 1.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E.; KLIEMANN, H.J. Avaliação de métodos para determinar as necessidades de calcário em solos de Cerrados de Goiás e do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.2, p.144-148, 1980.