

## **Desenvolvimento de milho submetido à aplicação de calcário e silicato de cálcio em um Argissolo arenoso do noroeste paranaense**

Antonio Nolla<sup>1</sup>, Itamar Pereira da Palma<sup>1</sup>, Gerson Sander<sup>1</sup>, Leandro Bochi da Silva Volk<sup>1</sup> e  
Tiago Roque Benetoli da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Agronomia, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP.: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR.

anolla@uem.br, itamar-pdp@hotmail.com, gerson\_sander@hotmail.com, leandrovolk@yahoo.com.br, trbsilva@uem.br

**Resumo:** A acidez do solo é um dos principais fatores limitantes na produção agrícola. O calcário é o corretivo mais utilizado, porém tem baixa mobilidade no perfil do solo, sendo lenta a correção abaixo da camada de 0-20 cm. Por isso, outros produtos têm sido testados para a correção da acidez, como os silicatos, que são resíduos que podem ser viabilizados para a agricultura. Objetivou-se estudar a influência da aplicação calcário e silicato no desenvolvimento de milho. Aplicou-se, em um Argissolo Vermelho distrófico típico, doses de calcário e silicato de cálcio (0, ½, 1, 2 e 4 vezes o recomendado para calagem - índice SMP). Cultivou-se milho por 45 dias. A aplicação de calcário e silicato no solo aumentou o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular do milho. O milho apresentou melhor desenvolvimento radicular nos tratamentos com a aplicação de silicato. Para os parâmetros avaliados, a dose que proporcionou o rendimento máximo variou entre 2250 e 4200 kg ha<sup>-1</sup> de corretivo, superior à necessidade de calagem para o solo estudado. A aplicação da dosagem recomendada (NC) dos corretivos neutralizou a acidez do solo e elevou o pH do solo a níveis adequados (pH 5,5).

**Palavras-chave:** Silicato de cálcio; calcário; solo arenoso, resíduos siderúrgicos.

## **Development of maize submitted to the application of lime and calcium silicate in a sandy Ultisol in the northwestern of Paraná**

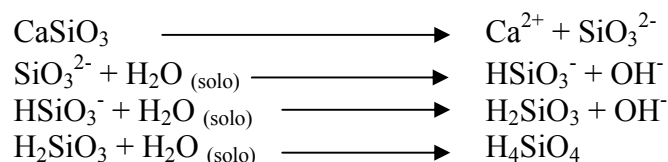
**Abstract:** Soil acidity is one of major limiting factors in agricultural production. Lime is the most used corrective, but has slow mobility in the soil profile, being slow it's correction below the layer of 0-20 cm. For this, others products have been tested to the acidity correction, such as silicates, which are residues that can be used in the agriculture. The Objective of this study was to study the influence of lime and silicate application in the development of maize under no-tillage system. It was applied in a sandy soil, doses of lime and calcium silicate (0, ½, 1, 2 and 4 times of the recommended lime - SMP). Corn were grown for 45 days. The application of lime and silicate in the soil increased the development of shoot and root of maize. Maize root development was better in treatments with the application of silicate. For all the variables, the dose that provided the maximum yield ranged between 2250 and 4200 kg ha<sup>-1</sup> of corrective, higher than the need for lime to the soil studied. The application of the recommended dose of correctives neutralized the soil acidity and increased the soil pH to adequate levels (pH 5.5).

**Key words:** Calcium silicate, limestone, sandy soil, slags.

### Introdução

A acidez do solo é um dos principais fatores capazes de reduzir o potencial produtivo dos solos tropicais. Segundo Sousa e Lobato (2004), grande parte dos solos de cerrado apresentam pH-H<sub>2</sub>O baixo (<5,5), alta concentração de alumínio (Al > 1,0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) e baixos teores de cálcio e magnésio, abrangendo a camada superficial (0-20 cm) e subsuperficial (> 20 cm). Esta condição na camada superficial do solo (0-20 cm) limita o desenvolvimento do sistema radicular das culturas (menor exploração do perfil de solo), a absorção de água e nutrientes, o que ocasiona redução de produtividade (Nolla, 2004). Assim, é efetuada a aplicação de substâncias que liberam hidroxilas (OH<sup>-</sup>), capazes de neutralizar os prótons (H<sup>+</sup> e Al<sup>+3</sup>) da solução do solo, o que restabelece o potencial produtivo das culturas. Os materiais empregados como corretivo de acidez são basicamente os óxidos, hidróxidos, silicatos e carbonatos (Alcarde, 1992). O calcário é o material mais utilizado, entretanto para ser efetivo, necessita de água para sua dissolução, devendo ser incorporado ao solo para uma maior eficácia (Alcarde e Rodella, 2003). É importante observar que grande parte da ação do calcário se restringe à camada de 0-20 cm (Amaral e Anghinoni, 2001), proporcionando níveis de fertilidade adequados ao crescimento das culturas.

Alguns resíduos siderúrgicos denominados de silicatos de cálcio e magnésio (escórias), subprodutos da fabricação do ferro (Coelho, 1998), também podem ser usados na correção da acidez do solo, constituindo uma alternativa para o aproveitamento de parte desses subprodutos acumulados pelas indústrias. Sua aplicação ao solo pode liberar cálcio e/ou magnésio em solução e ânions SiO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, que apresentam a mesma valência que o ânion carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>), proveniente da dissolução do calcário (Nolla, 2004). O mecanismo de correção da acidez pela escória resulta na formação de SiO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, que reage com a água e libera íons OH<sup>-</sup>, que neutraliza o Al<sup>+3</sup> fitotóxico, conforme observado na equação descrita por Alcarde e Rodella (2003):



Segundo Alcarde e Rodella (2003), o silicato de cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio, apresentando, portanto, um maior potencial para a correção da acidez do solo em profundidade que o calcário.

Vários trabalhos têm sido realizados para testar a eficiência dos silicatos na correção da acidez em subsuperfície. Pereira (1978) observou que a escória apresentou o mesmo poder corretivo que calcários de diferentes origens em dois Argissolos argilosos. Veloso (1992), no entanto, observaram que o calcário calcinado foi o produto que aumentou mais rápido o pH do solo, seguido do calcário dolomítico e da escória. Estudos realizados por Louzada (1987) indicaram que as escórias são um pouco menos eficientes na elevação do pH do solo que o calcário, sendo essas diferenças atribuídas ao valor neutralizante mais baixo na escória (VN = 86%) comparado a do calcário (VN = 100%).

O objetivo do trabalho foi estudar a influência da aplicação de doses crescentes de calcário e silicato de cálcio e magnésio no desenvolvimento de plantas de milho

### Material e Métodos

O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Maringá (UEM), campus Regional de Umuarama (CAU), na área experimental do Laboratório de solos, no ano 2008, utilizando-se um Argissolo Vermelho Distrófico típico (LVD), em condições de mata natural. A caracterização química original do solo está descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química da camada de 0-20 cm de um Argissolo Vermelho distrófico típico sob campo natural

pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Al	P	K	SB	H+Al	T	V	M.O.
1 : 2,5	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----	-- mg dm <sup>-3</sup>	--	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----	%	g kg <sup>-1</sup>
5,0	1,0	0,4	0,2	3,5	78	1,63	3,17	4,80	34	15

Ca, Mg, Al = (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>); SB = soma de bases; H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); T= CTC pH 7,0; V= Saturação por bases; M.O.= matéria orgânica(Walkley-Black).

Deste solo, foram coletadas amostras indeformadas (colunas), em tubos de PVC (250 e 150 mm de altura e diâmetro respectivamente). Para evitar o excesso de água nas colunas, foram feitos furos na parte superior e inferior das colunas. O fundo das colunas foi protegido por pratos plásticos, visando evitar a perda de solo. As colunas foram dispostas em condições de campo.

Aplicou-se nas colunas, superficialmente, calcário (PRNT 75,2%) nas doses de 0, 630, 1250 (necessidade de calagem - V=60%), 2500 e 5000 kg ha<sup>-1</sup> e 0, 740, 1470 (necessidade de calagem - V=60%), 2940 e 5880 kg ha<sup>-1</sup> de silicato (PRNT 68%). As colunas foram incubadas durante 90 dias, com umidade próxima à capacidade de campo.

Posteriormente semeou-se milho previamente tratado (Thiodicarb+Imidacoprido). Realizou-se a adubação no sulco de semeadura na dosagem de 450 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-14-8. Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, permanecendo duas plantas por coluna. Durante o desenvolvimento das plantas, a umidade foi mantida acima de 80% da capacidade de campo, através da irrigação.

A colheita verificou-se aos 45 dias da semeadura. Avaliou-se a altura das plantas de milho e o diâmetro médio de caule (com paquímetro de forma perpendicular ao eixo do caule). Avaliou-se também o comprimento do sistema radicular e do raio radicular conforme metodologia descrita em Tennant (1975) e Barber (1995), respectivamente.

As raízes e a parte aérea das plantas foram secas em estufa a 65 °C até atingirem massa constante, obtendo-se dessa forma, a matéria seca do sistema radicular e da parte aérea. Na época da colheita, o solo das colunas foi amostrado, seco ao ar, e peneirado (2 mm), procedendo-se à determinação do pH em água, pH SMP, Al, P e K, conforme metodologias descritas em (EMBRAPA, 1999).

As análises químicas das amostras de solo nas diferentes camadas foram necessárias, para comparar a eficiência das diferentes dosagens de calcário e silicato na produtividade do milho

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SANEST e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### **Resultados e Discussão**

Observa-se na figura 1 que o aumento das doses de calcário e silicato proporcionou um incremento no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular das plantas de milho. Isto decorre da redução dos efeitos tóxicos do alumínio na inibição da expansão e conseqüente engrossamento das raízes, concordando com os resultados obtidos por Taylor (1988).

De um modo geral, percebe-se que o sistema radicular do milho se desenvolveu mais nos tratamentos com aplicação de silicato. O acúmulo de matéria seca radicular foi de 9,49 e 8,33 g vaso<sup>-1</sup> para os tratamentos onde aplicou-se silicato e calcário, respectivamente (Figura 1f). Isto pode ter ocorrido porque o aumento da quantidade de silicato nos solos arenosos pode melhorar o crescimento radicular, o que promoveu maior exploração do subsolo. Segundo Ritchey (1982), o sistema radicular é a parte da planta que melhor reflete, a curto prazo, os efeitos da acidez do solo.

Em relação à altura da parte aérea das plantas (Figura 1a), observa-se que os dois corretivos apresentaram um comportamento semelhante, com exceção da dose mais alta de

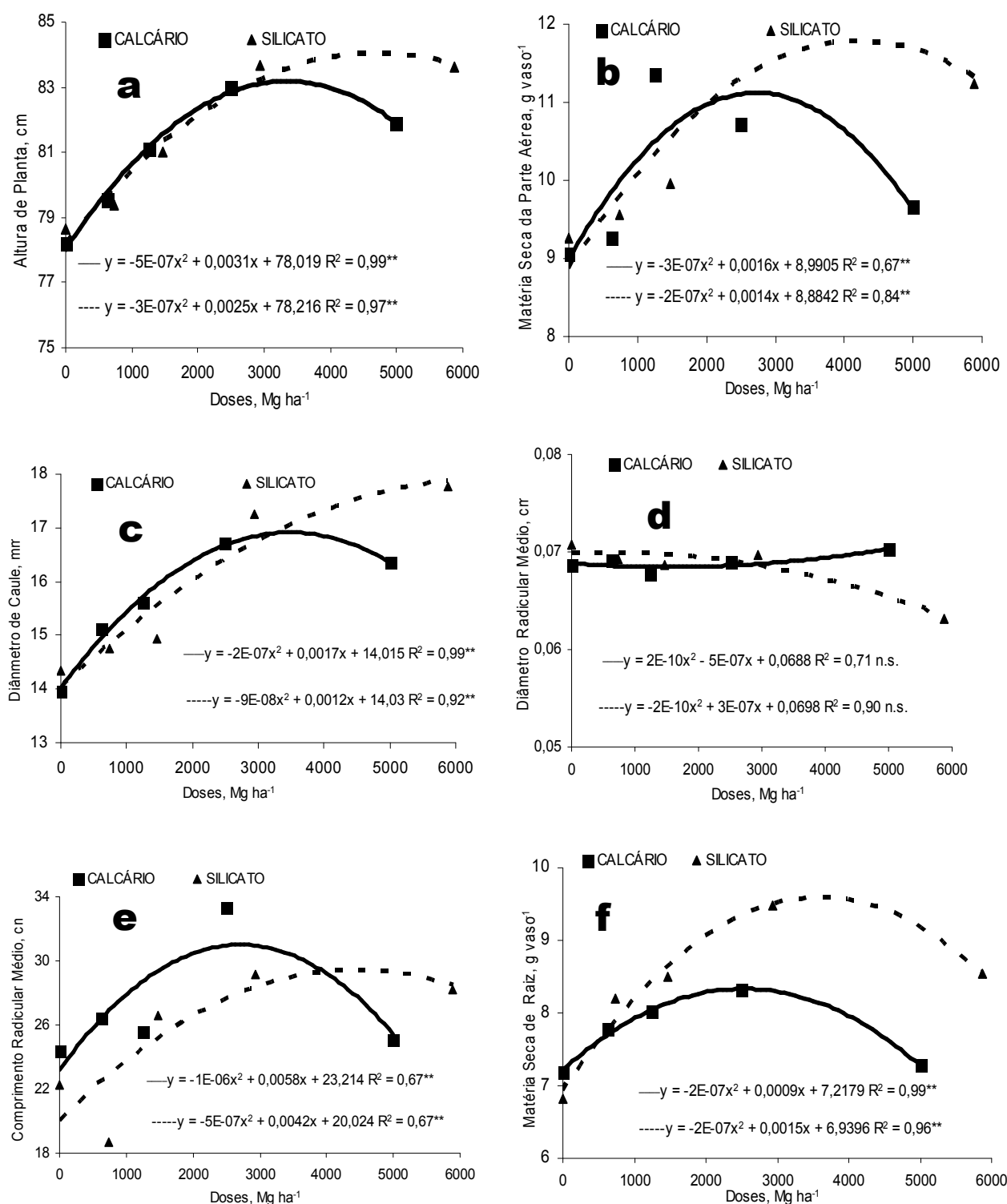


Figura 1. Relação da aplicação de doses crescente de calcário e silicato de cálcio com a altura de plantas (a), matéria seca da parte aérea (b), diâmetro de caule (c), diâmetro radicular médio (d), comprimento radicular (e) e matéria seca de raiz (f).

calcário (5000 kg ha<sup>-1</sup>) e silicato (5880 kg ha<sup>-1</sup>). Nesta condição ocorreu um aumento excessivo de pH principalmente no tratamento onde aplicou-se calcário (pH H<sub>2</sub>O = 6,3), o que pode ter causado um desequilíbrio nutricional, principalmente relacionado a uma possível deficiência de micronutrientes (Quaggio, 2000; Novais, 2007). O acúmulo de matéria seca das plantas de milho também apresentou valores semelhantes com a aplicação de calcário e silicato, com exceção das doses mais altas para os dois produtos (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Valores de pH em água e SMP e teores de Al, K e P, de um Argissolo Vermelho distrófico típico originalmente sob mata natural, submetido à aplicação superficial de doses de calcário para cultura do milho

Tratamento	pH		Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	P
	H <sub>2</sub> O	SMP			
kg ha <sup>-1</sup>			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		mg dm <sup>-3</sup>
0 Calcário	5,2 c	5,6 a	0,6 a	0,05 a	2,1 b
630 Calcário	5,4 c	5,5 a	0,3 b	0,05 a	3,1 ab
1250 Calcário	5,8 b	5,7 a	0,0 c	0,05 a	6,0 ab
2500 Calcário	5,9 b	5,8 a	0,0 c	0,05 a	5,3 ab
5000 Calcário	6,3 a	5,7 a	0,0 c	0,04 a	9,1 a

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si na coluna, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Valores de pH em água e SMP e teores de Al, K e P, de um Argissolo Vermelho distrófico típico originalmente sob mata natural, submetido à aplicação superficial de doses de Silicato para cultura do milho

Tratamento	pH		Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	P
	H <sub>2</sub> O	SMP			
kg ha <sup>-1</sup>			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		mg dm <sup>-3</sup>
0 Silicato	4,7 d	5,7 c	0,4 a	0,04 a	1,2 b
740 Silicato	5,2 c	5,7 bc	0,4 a	0,05 a	4,1 ab
1470 Silicato	5,4 bc	5,8 abc	0,1 b	0,05 a	5,5 ab
2940 Silicato	5,6 b	5,9 a	0,0 c	0,05 a	6,7 a
5880 Silicato	6,1 a	5,9 a	0,0 c	0,06 a	5,9 ab

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si na coluna, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Baseando-se nos resultados da Figura 1, também pode-se estabelecer o valor de máxima performance dos parâmetros de planta (Tabela 4). Percebe-se que para todos os parâmetros avaliados, a dose que proporcionou o rendimento máximo variou entre 2250 e 4200 kg ha<sup>-1</sup> de corretivo, superior à necessidade de calagem para o solo estudado (1250 e 1470 kg ha<sup>-1</sup> de calcário e silicato, respectivamente). Isto pode indicar que a dosagem indicada para elevar a saturação por bases até 60% (Raij, 1997) esteja subestimando a real necessidade de calagem para solos arenosos. Porém, é importante observar que esta constatação deve ser avaliada com cautela, uma vez a aplicação dos corretivos foi efetuada na superfície dos vasos com posterior incubação por 3 meses. Provavelmente, em função da condição limitada de aprofundamento e desenvolvimento das raízes do milho, seja necessária

a aplicação de pelo menos o dobro da dose de corretivos (2500 e 2940 kg ha<sup>-1</sup> de calcário e silicato, respectivamente) para atingir valores de máxima performance das plantas.

Tabela 4. Doses de calagem indicativas do ponto de máximo atingido pelos atributos das plantas de milho cultivada em colunas amostradas de um Argissolo Vermelho distrófico típico originalmente sob mata natural

Parâmetro avaliado	Calcário	Silicato
	-----Kg ha <sup>-1</sup> -----	
	--	
Altura de planta (cm)	3100	4160
Matéria seca da parte aérea (g vaso <sup>-1</sup> )	2660	3500
Comprimento radicular médio (mm)	2900	4200
Matéria seca radicular (g vaso <sup>-1</sup> )	2250	3750

Pode ser evidenciado nas tabelas 2 e 3 que com a adição de doses crescentes de calcário e silicato, os valores de pH em água, pHCaCl<sub>2</sub> e pH SMP apresentaram aumento gradual, levando à redução dos teores de alumínio trocável e a acidez potencial.

Nos tratamentos onde aplicou-se a dose necessária para elevar a saturação por bases a 60% (1250 e 1470 kg ha<sup>-1</sup> de calcário e silicato, respectivamente) ocorreu a elevação do pH do solo até 5,4 (silicato) e 5,8 (calcário). Dessa forma, nos tratamentos onde aplicou-se a dose recomendada (1250 kg ha<sup>-1</sup>) de calcário, todo o alumínio trocável foi neutralizado, o que indicou a sua eficiência em corrigir a acidez do solo (Quaggio, 1983). Entretanto, com a aplicação da dose recomendada (1470 kg ha<sup>-1</sup>) de silicato ainda foi possível observar uma pequena (0,1 cmolc kg<sup>-1</sup>) concentração de alumínio, o que pode ter sido associado ao valor do PRNT (68%) do silicato, o que pode ter ocasionado uma menor capacidade de redução da acidez do solo que o calcário (PRNT 75,2%). Provavelmente, faz-se necessário um tempo maior de reatividade no solo para que o silicato possa aumentar a sua eficiência na correção da acidez do solo (Alcarde, 1992).

A disponibilidade de fósforo aumentou de 2,1 a 9,1 e 1,2 a 6,7 mg dm<sup>-3</sup> para calcário e silicato, respectivamente. Isto pode ter ocorrido porque a aplicação de corretivos é capaz de fornecer hidroxilas, as quais podem deslocar os íons PO<sub>4</sub><sup>-2</sup> para a solução, o que aumenta a disponibilidade para as plantas (Bissani, 2004).

### Conclusões

A aplicação de calcário e silicato no solo proporcionou aumento no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular do milho.

As plantas de milho apresentaram melhor desenvolvimento radicular nos tratamentos com a aplicação de silicato.

Para todos os parâmetros avaliados, a dose que proporcionou o rendimento máximo variou entre 2250 e 4200 kg ha<sup>-1</sup> de corretivo, superior à necessidade de calagem para o solo estudado (1250 e 1470 kg ha<sup>-1</sup> de calcário e silicato, respectivamente).

A aplicação da dosagem recomendada (Necessidade de calagem) dos corretivos foi capaz de neutralizar a acidez do solo e elevar o pH do solo a níveis adequados (pH 5,5).

### Referências

- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. 2 ed. São Paulo: ANDA, 1992. 26p. (Boletim técnico, 6).
- ALCARDE, J.A.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de; LOPES, A. S.; ALVARES V., V.H. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 291-334.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.4, p. 695-702, 2001.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. 2. ed. New York: John Wiley e Sons, 1995. 414p.
- BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A. de O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004, 328 p.
- COELHO, P.E. 1998. Da escória ao vidro. **Revista Limpeza Pública**, v. 49, n.1, p.36-45, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.
- LOUZADA, P.T.C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo**. 1987. 52 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.
- NOLLA, A. Correção da acidez do solo com silicatos. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA. 3, 2004, Uberlândia. **Resumos**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. CD ROM.
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UFV, 2007, 1017 p.



PEREIRA, J.E. **Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno**. 1978. 84 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1978.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: IAC, 2000. 111 p.

QUAGGIO, J.A. Respostas das culturas à calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1983. Campinas. **Resumos expandidos**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. p.123-157.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285 p.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v.133, n.2, p. 378-382, 1982.

SOUSA, D.M.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

TAYLOR, G.J. The physiology of aluminum phytotoxicity. In: SIEGAL, H.; SIEGAL, A. (Eds.) **Metals Ions in Biological Systems**. New York: Marcel Dekker, 1988. p.123-163.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Apply Ecology**, Oxford, v. 63, n.4, p.995-1001, 1975.

VELOSO, C.A.C. ; BORGES, A. L. ; MUNIZ, A. S. ; VIEGAS, I. J. M. . Efeitos de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 49, n.2, p.123-128, 1992.