

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE MILHO À ACIDEZ DO SOLO E EFICIÊNCIA DE RESPOSTA À CALAGEM¹

E.L. OLIVEIRA, O. MUZILLI, A.C. GERAGE e A. CATANEO²

RESUMO - Conduziu-se um experimento de campo em um Latossolo Roxo álico, nunca cultivado, com o objetivo de caracterizar a tolerância de cultivares de milho (*Zea mays* L.) à acidez do solo, avaliada através da percentagem de saturação de Al^{3+} trocável, e sua eficiência de resposta à calagem. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas; nas parcelas aplicou-se calcário nas doses de 0; 3,5 e 13,5 t/ha; nas sub-subparcelas semearam-se 36 cultivares de milho. As diferenças no rendimento de grãos entre cultivares cultivadas na ausência de calcário, evidenciaram grande variabilidade na tolerância à acidez do solo. Observou-se também grande variação na eficiência de resposta à calagem, indicada pelo coeficiente de regressão das equações lineares entre o rendimento relativo e a percentagem de saturação Al^{3+} trocável, proporcionado pelas doses de calcário aplicadas. Com base na média dos rendimentos obtidos em ausência de calagem e na média do coeficiente de regressão daquelas equações, as cultivares foram agrupadas em três classes: baixa tolerância à acidez do solo, com alta eficiência de resposta à calagem; alta tolerância à acidez do solo, com baixa eficiência de resposta à calagem; alta tolerância à acidez do solo e alta eficiência de resposta à calagem.

Termos para indexação: toxidez de alumínio, *Zea mays* L.

MAIZE CULTIVARS TOLERANCE TO SOIL ACIDITY AND EFFICIENCY TO LIMING RESPONSE

ABSTRACT - A field experiment was conducted on an alic dystrophic latosol which was not cultivated before, aiming to characterize the tolerance of maize (*Zea mays* L.) cultivars to soil acidity, evaluated through the percentage of saturation of exchangeable Al, and the efficiency to lime response. A randomized block experiment design with split-plots was used. Lime was added to the main plots at rates of 0.0, 3.5 and 13.5 t/ha and the 36 maize cultivars were sown in the sub-plots. Yield differences among cultivars, when compared from the absence of liming, showed a great variability to soil acidity tolerance. A great variability among cultivars to liming response was also observed, this being indicated by the regression coefficient of the linear equation for the relative yield as function of the percentage of Al saturation, provided by the rates of lime applied. All cultivars were grouped into three classes, based on the yield average obtained from the absence of liming and the average of the regression coefficient of the equations. The classes are the following: 1. low tolerance to soil acidity, with high efficiency to liming response; 2. high tolerance to soil acidity, with low efficiency to liming response; 3. high tolerance to soil acidity and high efficiency to liming response.

Index terms: Aluminum toxicity, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

A maioria dos solos paranaenses é de natureza ácida e apresenta altas concentrações de Al^{3+} trocável, freqüentemente, tóxicas às plantas, em todo o perfil do solo. Os efeitos negativos da acidez podem ser facilmente eliminados pela calagem, na camada superficial do solo, mas não são eliminados com facilidade nas camadas subsuperficiais, o que impede o desenvolvimento normal do sistema radicular. Esta condição é particularmente agravada em condições de seca. Por outro lado, plantas que

apresentarem maior tolerância à acidez do solo terão um melhor desenvolvimento nestas condições.

Espécies e variedades de plantas cultivadas apresentam um comportamento diferencial frente ao Al^{3+} tóxico, tanto em solução nutritiva como em solos minerais ácidos (Foy & Brown 1964, Foy et al. 1965a e 1967, Arminguer et al. 1968). Este comportamento está associado à alteração diferencial do pH do solo e do meio de cultura em torno das raízes das plantas (Foy et al. 1965 e Foy 1974), e à habilidade das plantas em absorver e utilizar o fósforo na presença de concentrações excessivas de Al^{3+} tóxico (Foy & Brown 1964).

A caracterização da tolerância das plantas à acidez tem sido feita em soluções nutritivas e em solos ácidos (Foy et al. 1973). Entretanto, a quantificação da tolerância à acidez é dificultada pela

¹ Aceito para publicação em 2 de setembro de 1983. Trabalho apresentado no XIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - Florianópolis, SC, julho de 1982.

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Fundação Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR - Caixa Postal, 1331 - CEP 86100 - Londrina, PR.

inter-relação dos fatores que a influenciam. Mohr (1960) quantificou os níveis de tolerância à acidez nociva para as culturas de arroz, feijão, milho, trigo e cevada, baseando-se em um índice determinado por $M = 100 \times Al/T$. Kamprath (1970) verificou que a percentagem de saturação de Al abaixo de 44 e 20% não reduzia o crescimento do milho e da soja, respectivamente. Mais recentemente, Muzilli et al. (1978) determinaram níveis limites de tolerância à percentagem de saturação de Al^{3+} para cultivares de soja e trigo.

O uso da percentagem de saturação de Al^{3+} como um parâmetro de avaliação da tolerância das plantas à acidez do solo é justificável devido à relação existente entre a saturação de Al^{3+} e a concentração de Al^{3+} na solução do solo (Evans & Kamprath 1970).

O objetivo deste trabalho é caracterizar cultivares de milho (*Zea mays* L.) quanto à tolerância à acidez do solo, com base na saturação de Al^{3+} trocável e associá-la à eficiência de resposta à calagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se um ensaio de campo, em Latossolo Roxo álico (LRa), nunca cultivado, cujos resultados analíticos, obtidos segundo a metodologia preconizada pelo Programa Nacional de Análise do Solo, são apresentados na Tabela 1.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições, aplicando-se nas parcelas os seguintes tratamentos:

1. sem calcário;
2. calcário para neutralizar o Al^{3+} trocável;
3. calcário para elevar o pH do solo a 6,0.

A necessidade de calcário para neutralizar o Al^{3+} trocável foi estimada aplicando-se 2 t/ha de calcário para cada miliequivalente de Al^{3+} trocável. Foi revelada pela análise do solo na camada arável (0-20 cm) (Kamprath 1967), com base nas médias dos resultados analíticos dos blocos experimentais (Tabela 2). Para elevar o pH ao redor de 6,0, utilizou-se o método SMP (Shoemaker et al. 1961). As quantidades de calcário aplicadas em cada tratamento foram equivalentes a 3,5 e 13,5 t/ha, respectivamente. Essas quantidades foram previamente corrigidas para a sua equivalência a um calcário com PRNT de 100%.

O calcário do tipo dolomítico foi aplicado quatro meses antes da semeadura do milho, sendo distribuído manualmente em toda a superfície das parcelas e incorporado à profundidade aproximada de 10 cm, mediante o uso de uma grade tipo Rome. Por ocasião da semeadura do milho, efetuou-se a amostragem de solo das parcelas.

Nas subparcelas, foram semeadas 36 cultivares de mi-

lho. Cada cultivar foi semeada em duas fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas por 1 m entre si.

Por ocasião da semeadura, aplicaram-se 20 kg de N, 80 kg de P_2O_5 e 40 kg de K_2O , mediante o uso de 400 kg/ha da fórmula comercial 5-20-10, distribuídos manualmente em toda a superfície das parcelas e incorporados por meio de uma grade niveladora.

A adubação nitrogenada em cobertura foi efetuada 45 dias após a emergência das plantas, aplicando-se, ao lado das fileiras das plantas de milho, o correspondente a 60 kg/ha de N, na forma de sulfato de amônia.

Os resultados foram avaliados pela produção de grãos de cada subparcela, deixando-se 0,5 m em cada extremidade das fileiras, num total de 8 m² de área útil. As produções obtidas foram transformadas em kg/ha com a umidade corrigida para 14,5%.

A comparação dos rendimentos nos diferentes níveis de calagem foi feita pelo teste de Tukey (5%).

Procedeu-se também à análise de regressão entre o rendimento relativo e a percentagem de saturação Al^{3+} do solo, usando-se o coeficiente de regressão das equações como parâmetro de caracterização da eficiência de resposta das cultivares de milho à calagem. A classificação das cultivares segundo tolerância à acidez do solo e eficiência de resposta à calagem, foi realizada através de método adaptado de Informe Anual CIAT (1978). De acordo com este método, a tolerância das cultivares de milho à saturação de Al^{3+} trocável do solo foi determinada com base na média dos rendimentos de grãos, proporcionados pelas cultivares na ausência de calagem. A eficiência de respostas à calagem foi calculada com base na média do valor absoluto de "b" da equação de regressão linear entre o rendimento relativo (Y) e a saturação de Al^{3+} trocável do solo (X). Assim, rendimentos de grãos e valores absolutos de "b", abaixo e acima de suas respectivas médias, são considerados de baixa e alta tolerância à acidez do solo e de baixa e alta eficiência de resposta à calagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito da calagem nas características químicas do solo é apresentado na Tabela 3. A análise do solo revelou que, embora houvesse efeito positivo da calagem, o aumento de pH observado no tratamento, no qual se aplicou calcário para sua elevação ao redor de 6,0, segundo o método SMP, ficou aquém do esperado.

Os resultados obtidos mostraram que a calagem influenciou positivamente o rendimento de grãos das cultivares de milho, conforme pode ser observado na Tabela 4. A comparação estatística dos rendimentos de grãos de milho (Tukey 5%) evidenciou diferenças significativas para calagem e cultivares. Por outro lado, não se encontrou significân-

TABELA 1. Caracterização química e granulométrica do perfil do solo Latossolo Roxo álico, em amostras coletadas por ocasião da escolha da área, onde localizou o experimento.

Profundidade	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	K	Al	p*	Arg.	Silte	Areia
0 - 20	4,3	2,2	1,0	0,4	0,11	59	2,1	71	13	16
21 - 40	4,5	2,0	0,7	0,3	0,05	64	0,6	77	14	9
41 - 60	4,7	1,5	0,8	0,4	0,03	56	0,6	76	13	10
61 - 80	4,8	1,3	0,8	0,3	0,03	53	0,3	80	13	7
81 - 100	4,6	0,9	0,7	0,3	0,03	49	0,2	78	12	2

* Extração com H₂SO₄ 0,025 N + HCl 0,05N.

TABELA 2. Resultado da análise química das amostras de solos coletadas na camada arável (0 - 20 cm) dos blocos experimentais.

Blocos	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	K*	Al	p*
I	4,8	1,5	1,7	0,5	0,16	38	3,6
II	4,6	1,9	1,1	0,4	0,11	54	1,8
III	4,7	1,7	1,2	0,4	0,10	50	1,5
Média	4,7	1,7	1,3	0,4	0,12	47	

* Extração com H₂SO₄ 0,025N + HCl 0,05N.

TABELA 3. Resultado das análises químicas das amostras coletadas na camada arável (0 - 20 cm) das parcelas experimentais por ocasião da semeadura.

Doses de calcário (t/ha)	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	K*	Al	p*
0	4,8	0,94	1,11	0,48	0,21	35	1,9
3,5	5,0	0,28	2,42	1,48	0,22	6	1,7
13,5	5,3	0,06	4,30	3,16	0,22	1	1,2

* Extração com H₂SO₄ 0,025N + HCl 0,05N.

cia estatística para a interação entre calagem e cultivares de milho.

Analisando individualmente as cultivares de milho quanto ao efeito da calagem, notou-se que houve um comportamento diferencial, desde ausência, até resposta a todos os níveis de calcário utilizados. Observou-se, também, que 31 das 36

cultivares de milho testadas responderam positivamente à calagem, comprovando a sensibilidade da cultura à acidez do solo. A grande variabilidade na resposta de cultivares de uma mesma espécie vegetal à calagem tem sido amplamente divulgada (Muzilli et al. 1978, Miranda & Lobato 1978).

A análise de regressão mostrou relação linear

TABELA 4. Rendimento de grãos e diferentes cultivares e híbridos intervarietais de milho com aplicação de doses crescentes de calcário.

Cultivares	Doses de calcário (t/ha)		
	0	3,5	13,5
	Rendimentos de grãos (kg/ha)		
Tuxpan Laposta ($BC_2 \neq Su 1 = 1,0$)	874 a	854 a	1.156 a
V-1802 ($Su 1 = 1, 0/\theta_2 = 1,0$)	1.836 a	2.705 a	2.656 a
SRR Duro II	3.681 a	3.776 a	4.254 a
Cat. Prol. IX x Ast. Prol. IX	3.940 a	4.331 a	4.796 a
Composto Dentado III	4.081 a	4.809 a	4.986 a
Pirame x ($BC_2 \neq Su 1 = 1,0$)	1.298 a	2.267 a	3.556 b
Ast. Prol. VII - RP	3.173 a	3.756 a	5.293 b
Ast. Prol. IX	3.368 a	4.153 a	5.267 b
WP 12 III	2.756 a	4.165 b	4.611 b
Piranão	2.852 a	4.355 b	4.248 b
SRR Dentado II	2.942 a	4.282 b	4.874 b
Cat. Prol. IX x MEB III	3.158 a	3.378 b	4.839 b
Ast. Prol. IX x Múltiplos II	3.244 a	4.881 b	5.459 b
Maya IX	3.452 a	4.541 b	4.408 ab
Cat. Prol. IX	3.696 a	4.808 b	4.660 ab
Ast. Prol. IX x SRR Dentado II	3.743 a	4.878 b	4.729 ab
Maya V ($BC_2 \neq \theta_2 = 1/2/Su 1 = 1,0$)	1.795 a	2.268 ab	3.209 b
IAC 1 - IV ($BC_1 \neq Su 2 = 1,0$)	1.856 a	2.302 ab	3.293 b
Braciat Amarelo Opaco	2.381 a	3.332 ab	3.967 b
Braciat Amarelo	2.423 a	2.903 ab	3.942 b
Braciat Branco	2.434 a	3.241 ab	3.707 b
MEB III	3.275 a	4.278 ab	4.530 b
Erecta	3.328 a	4.249 ab	4.833 b
CEC-1227	3.448 a	4.248 ab	4.601 b
Cat. Prol. VII-RP	3.464 a	4.280 ab	4.601 b
Múltiplos II	3.580 a	4.498 ab	5.115 b
IAC 1 IX	3.590 a	4.338 ab	5.002 b
Ast. Prol. VII-RP x IAC 1-VIII	3.678 a	4.286 ab	4.867 b
IAC 1-VIII	3.739 a	4.737 ab	5.052 b
Maya X	3.767 a	4.388 ab	4.957 b
Composto Duro III	3.786 a	4.173 ab	5.217 b
MEB III x SRR Duro II	3.788 a	4.781 ab	5.612 b
Maya VII-RP	3.953 a	4.088 ab	5.125 b
Ast. Prol IX x SRR Duro II	4.292 a	4.611 ab	5.433 b
Ast. Prol. VII-RP x Maya VII-RP	2.723 a	4.774 b	5.433 b
MEB III x Piranão	3.280 a	4.774 b	6.024 c
DMS (Tukey a 5%)		1.083	
C.V. Calagem		38,8	
C.V. Cultivares		13,2	

Obs.: DMS para nível de calcário dentro de cada cultivar.

Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

significativa entre o rendimento relativo sem calagem e a percentagem de saturação de Al^{3+} do solo, para 29 das 36 cultivares de milho estudadas.

A variabilidade do coeficiente de regressão da equação linear entre o rendimento relativo e a percentagem de saturação de Al^{3+} trocável, proporcionada pelas doses de calcário, revelou uma grande diferença na eficiência de resposta à calagem entre as cultivares estudadas (Tabela 5).

Os resultados obtidos permitiram separar as 29 cultivares de milho que apresentaram significância

estatística para a regressão linear, segundo sua tolerância à acidez do solo, com base nos rendimentos obtidos na ausência de calcário, e sua eficiência de resposta à calagem, com base no coeficiente de regressão das equações lineares, conforme mostra a Tabela 6, em 3 categorias:

1. Baixa tolerância à acidez do solo, com alta eficiência de resposta à calagem.
2. Alta tolerância à acidez do solo, com baixa eficiência de resposta à calagem.
3. Alta tolerância à acidez do solo, com alta eficiência de resposta à calagem.

TABELA 5. Relação entre a produção relativa de cultivares de milho (Y) e a saturação de Al^{3+} trocável (X), expressa pela regressão linear.

Cultivar	Regressão linear	r
SRR Duro II	Y = 95 - 0,24 x	0,24 NS.
Ast. ProI. IX x SRR Duro II	Y = 94 - 0,49 x	0,69*
Cat. ProI. IX x Ast. ProI. IX	Y = 95 - 0,51 x	0,68*
Composto Duro III	Y = 92 - 0,54 x	0,66 NS.
Maya VII - RP	Y = 93 - 0,57 x	0,57 NS.
Tuxpan Laposta ($BC_2 \neq Su 1 = 1,0$)	Y = 91 - 0,58 x	0,52 NS.
Composto Dentado III	Y = 97 - 0,59 x	0,72*
Cat. ProI. IX	Y = 93 - 0,62 x	0,72*
Ast. ProI. VII RP x IAC 1 - VIII	Y = 97 - 0,68 x	0,83*
Maya X	Y = 98 - 0,68 x	0,83*
Maya IX	Y = 100 - 0,68 x	0,94*
Ast. ProI. IX x SRR Dent. II	Y = 100 - 0,71 x	0,88*
IAC 1 - IX	Y = 97 - 0,77 x	0,90*
Erecta	Y = 94 - 0,78 x	0,71*
IAC 1 - VIII	Y = 100 - 0,78 x	0,92*
Braciat Amarelo	Y = 89 - 0,79 x	0,61 NS.
Cat. ProI. VII - RP	Y = 97 - 0,79 x	0,73*
CEC 1227	Y = 96 - 0,80 x	0,79*
MEB III x SRR Duro II	Y = 94 - 0,81 x	0,78*
MEB III	Y = 100 - 0,82 x	0,90*
Múltiplos II	Y = 98 - 0,87 x	0,81*
V-1802 ($Su 1 = 1, 0/\theta_2 = 1,0$)	Y = 95 - 0,92 x	0,84*
Maya V ($BC_2 \neq \theta_2 = 1/2 Su 1 = 1,0$)	Y = 88 - 0,94 x	0,73*
Ast. ProI. VII RP	Y = 90 - 0,94 x	0,79*
Piranão	Y = 93 - 0,95 x	0,81*
Ast. ProI. IX	Y = 94 - 0,95 x	0,81*
Cat. ProI. IX x MEB III	Y = 97 - 0,96 x	0,93*
Braciat Branco	Y = 98 - 0,97 x	0,94*
SRR Dent. II	Y = 97 - 1,01 x	0,93*
Piramex ($BC_2 \neq Su 1 = 1,0$)	Y = 90 - 1,04 x	0,66 NS.
IAC 1 - IV ($BC_1 \neq Su 2 = 1,0$)	Y = 88 - 1,05 x	0,65 NS.
Braciat Amarelo Opaco	Y = 96 - 1,06 x	0,87*
WP - 12 III	Y = 96 - 1,00 x	0,89*
Ast. ProI. VII - RP x Maya VII - RP	Y = 95 - 1,07 x	0,91*
Ast. ProI. IX x Múltiplos II	Y = 96 - 1,11 x	0,92*
MEB III x Piranão	Y = 91 - 1,17 x	0,84*

TABELA 6. Classificação das cultivares segundo a tolerância à acidez do solo e a eficiência de resposta à calagem.

Tolerância à sat. de alumínio	Eficiência da resposta à calagem	Cultivares	Rendimento na ausência de calcário (kg/ha)	Valor absoluto* de "b"		
Baixa	Alta	Maya V ($BC_2 \neq \theta_2 = 1/2 Su 1 = 1,0$)	1.795	0,94		
		V - 1802Su 1 = 1,0/ $\theta_2 = 1,0$)	1.836	0,92		
		Braciat Amarelo Opaco	2.381	1,06		
		Braciat Branco	2.434	0,97		
		Ast. Prol. VII-RP x Maya VII-RP	2.723	1,07		
		WP - 12 III	2.756	1,06		
		Piranão	2.852	0,95		
		SRR Dentado II	2.942	1,01		
		Cat. Prol. IX x MEB III	3.158	0,96		
		Ast. Prol. VII-RP	3.178	0,94		
		Ast. Prol. IX x Múltiplos II	3.244	1,11		
		Alta	Baixa	MEB III	3.275	0,82
Erecta	3.328			0,78		
CEC 1227	3.448			0,80		
Maya - IX	3.452			0,68		
Cat. Prol. VII - RP	3.464			0,79		
IAC 1 - IX	3.590			0,77		
Ast. Prol. VII-RP x IAC-1 VIII	3.678			0,78		
Cat. Prol. IX	3.696			0,68		
IAC 1 - VIII	3.739			0,78		
Ast. Prol. IX x SRR Dentado II	3.743			0,71		
Maya X	3.767			0,68		
MEB III x SRR Duro II	3.788			0,81		
Cat. Prol. IX x Ast. Prol. IX	3.940			0,51		
Composto Dentado III	4.081			0,59		
Ast. Prol. IX x SRR Duro II	4.292			0,49		
Alta	Alta			MEB III x Piranão	3.280	1,17
				Ast. Prol. IX	3.368	0,95
				Múltiplos II	3.580	0,87

* Valor do parâmetro "b" da equação de regressão linear entre rendimento relativo e a porcentagem Al^{3+} do solo.

REFERÊNCIAS

- ARMINGUER, W.H.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & CALDWEL, L.B.E. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil height in exchangeable aluminum. *Agron. J.*, 68:67-70, 1968.
- EVANS, C.E. & KAMPRATH, E.J. Lime response as related to percent Al Saturation, solution Al, and organic matter content. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:893-6, 1970.
- FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.D. ed., *The plant roots, and its environment*. Charlottesville, University Press J. Virginia, 1974. p.601-42.
- FOY, C.D.; ARMINGUER, W.H.; BRIGGLE, L.W. & REID, D.A. Differential aluminum tolerance of wheat and barley varieties in acid soils. *Agron. J.*, 57:413-7, 1965a.
- FOY, C.D. & BROWN, J.C. Toxic factors in soils: II Differential aluminum tolerance of plant species. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 28:27-32, 1964.
- FOY, C.D.; BURNS, G.R.; BROWN, J.C. & FLEMING, A.L. Differential aluminum tolerance of two wheat varieties associated with plant-induced pH changes around the roots. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29:64-7, 1965.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; BURNS, G.R. & ARMINGUER, W.H. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 31:513-21, 1967.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & SCHWARTZ, J.W. Opposite aluminum and magnese tolerance of two wheat varieties. *Agron. J.*, 65:123-6, 1973.
- INFORME ANUAL CIAT. Colômbia, 1978.
- KAMPRATH, E.J. A acidez do solo e a calagem (Soil acidity and liming). *Bol. intern. Soil test. Prog.*, 4:24, 1967.
- KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminum as criterion for liming leached mineral soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:252-4, 1970.
- MIRANDA, L.N. & LOBATO, E. Tolerância de variedade feijão e de trigo ao alumínio e a baixa disponibilidade de fósforo no solo. *R. bras. Ci. Solo*, 2:44-50, 1978.
- MOHR, W. A influência da acidez sobre a fertilidade dos solos. In: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1, Campinas, São Paulo, 1960. *Anais* . . . São Paulo. Secretaria da Agricultura, D.E.M.A., 1960. p.62-75.
- 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 à acidez do solo. *R. bras. Ci. Solo*, 2:34-40, 1978.
- SHOEMAKER, H.E.; MCLEAN, E. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 25:274-7, 1961.