

EFEITO DA CALAGEM NAS PRODUÇÕES DE CINCO CULTIVOS DE MILHO, SEGUIDOS DE ALGODÃO E SOJA¹

ANTONIO PEREIRA DE CAMARGO², BERNARDO VAN RAIJ³, HEITOR CANTARELLA⁴, TÚLIO RIBEIRO DA ROCHA, VIOLETA NAGAI⁵ e HIPOLITO A.A. MASCARENHAS²

RESUMO - Conduziu-se um ensaio de calagem, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, de Mococa, SP, por um período de sete anos. Nos cinco primeiros anos cultivou-se milho (*Zea mays* L.) e, depois, algodão e soja. Foram aplicadas 0, 3, 6 e 9 t/ha de calcário dolomítico com PRNT de 59%. O nível mais elevado de aplicação do corretivo elevou o pH a 5,9. O efeito da calagem no solo persistiu até o sétimo ano, embora com perda de bases do solo durante esse período. O efeito da calagem na produção foi altamente significativo. O aumento de produção já no primeiro ano seria suficiente para pagar o investimento na calagem. Verificou-se que o critério do alumínio trocável para determinar a necessidade de calagem indicaria, para as condições deste trabalho, quantidades muito baixas de calcário.

Termos para indexação: calcário dolomítico, corretivo, alumínio trocável.

EFFECT OF LIMING ON YIELDS OF FIVE SUCCESSIVE CROPS OF MAIZE FOLLOWED BY COTTON AND SOYBEANS

ABSTRACT - A liming experiment was conducted during seven years on a red-yellow podzolic soil of Mococa, state of São Paulo. Maize (*Zea mays* L.) was grown during the five first years and thereafter cotton and soybeans. The amounts of dolomitic limestone applied, with PRNT (relative power of total neutralization) of 59% were 0, 3, 6 and 9 t/ha. With 9 t/ha of applied limestone the pH reached 5,9. The effect of liming remained until the seventh year, although with losses of calcium and magnesium from the soil. The effect of liming on yield was highly significant for all crops. The increases in yield of maize of the first year would be sufficient to repay the investment with limestone. The aluminum criteria to determine the lime requirements of the soil of this experiment would indicate far too low amounts of limestone.

Index terms: dolomitic limestone, exchangeable aluminum, fertilizer.

INTRODUÇÃO

A calagem em solos tropicais tem suscitado controvérsias, havendo bastante preocupação em não aplicar quantidades muito elevadas de corretivos da acidez.

No Estado de São Paulo, a recomendação de calagem mais difundida preconizava a elevação do pH a 6,5 (Catani & Galo 1955). Contudo, já na década de 60, havia publicações que preconizavam calagens mais moderadas. Assim, Amaral et al. (1965) verificaram que não era vantajoso aplicar, de uma vez, o calcário, calculado para elevar o pH do solo

a 6,5, sendo preferível o parcelamento em vários anos. Verdade et al. (1968), em um trabalho de revisão, mostram diversos resultados com efeitos apenas moderados da calagem. Miranda (1971) sugeriu que a calagem para elevar o pH do solo a 5,4 seria suficiente para milho.

O critério do alumínio para recomendar calagem (Coleman et al. 1958, Kamprath 1970), que preconiza aplicações moderadas de calcário, ao ser introduzido no País em 1965, veio ao encontro dessa tendência de aplicar pouco calcário.

Por outro lado, havia também resultados experimentais indicando consideráveis efeitos de calagens para culturas. Por exemplo, McClung et al. (1961) conseguiram aumentos de mais de 50% na produção de algodão em sete ensaios. Mikkelsen et al. (1963), em ensaio de calagem em Latossolo Roxo de Cerrado, constataram a diferença de comportamento de culturas com relação a essa prática, obtendo aumentos de produção de mais de 100% para algodão, de cerca de 30% para milho e de 20% para soja.

¹ Aceito para publicação em 29 de janeiro de 1982. Trabalho apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Salvador, BA, de 30 de agosto a 6 de setembro de 1981.

² Eng^o Agr^o, Dr., Instituto Agronômico, C.P. 28, CEP 13100 - Campinas, SP.

³ Eng^o Agr^o, Ph.D., Instituto Agronômico, Campinas, SP.

⁴ Eng^o Agr^o, M.Sc., Instituto Agronômico, Campinas, SP.

⁵ Eng^o Agr^o, Instituto Agronômico, Campinas, SP.

Dois aspectos deixam a desejar na maioria dos trabalhos publicados sobre calagem. A avaliação do efeito residual raramente ultrapassa dois anos e não há, em geral, preocupação em testar o critério usado para calcular as quantidades de calcário a aplicar. Raij et al. (1977) mostraram importante efeito residual para soja até no terceiro ano e constataram, também, que o critério do alumínio indicava quantidades insuficientes de calcário. Freitas e Raij (1974) constataram efeito residual da calagem de pelo menos seis anos.

Neste trabalho são apresentados e discutidos resultados de ensaio de calagem, conduzido por cinco anos com milho, e mais dois anos com algodão e soja.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em 1973, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo da Estação Experimental de Mococa, do Instituto Agrônomo. Esse solo, com 44% de argila na camada arável, apresentou, em amostra composta, coletada antes da instalação do ensaio, pH de 4,6, 1,1 meq/100 cm³ de Al, 1,0 me/100 cm³ de Ca + Mg, 60 µg/cm³ de K e 9 µg/cm³ de P. O teor de matéria orgânica era de 2,3 g/100 cm³. Outros detalhes são descritos por Camargo (1979), que apresentou Tese de Doutorado com os três primeiros anos de produção.

Foram aplicadas quantidades correspondentes a 0, 3, 6 e 9 t/ha de calcário dolomítico. Estas quantidades foram baseadas em curvas de incubação do solo, com quantidades crescentes de carbonato de cálcio; com o equivalente a 6 t/ha de CaCO₃, chegou-se a pH 6,6. Adotou-se o fator 1,5 para calcular as quantidades de calcário a aplicar no campo.

O calcário utilizado apresentava 22,1% de CaO, 16,5% de MgO, sendo que 40,2% do material passava na peneira ABNT nº 10 e 57,8 na peneira nº 50. O valor calculado do PRNT foi de 59% em equivalente CaCO₃.

Por ocasião da instalação do ensaio, foi feita uma incorporação de cloreto de potássio, na base de 100 kg/ha de K₂O.

Nos três primeiros anos de cultivo de milho, foram feitas adubações anuais, aplicando-se, no sulco de plantio, 10 kg/ha de N, 60 ou 120 kg de P₂O₅, 30 de K₂O e 10 kg/ha de sulfato de zinco. Trinta e cinco dias após a germinação, foram aplicados em cobertura 50 ou 110 kg/ha de N. Os adubos empregados foram sulfato de amônio, cloreto de potássio e superfosfato simples. No quarto plantio de milho, aumentou-se a aplicação de K₂O para 60 kg/ha.

Instalou-se o ensaio em parcelas subdivididas, num delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela era constituída de um nível de calagem, sen-

do subdividida em quatro subparcelas que receberam os tratamentos com N ou P₂O₅, representados por N₁P₁, N₁P₂, N₂P₁ e N₂P₂, com as quantidades indicadas no parágrafo anterior. Os níveis de calagem serão indicados por C₀, C₁, C₂ e C₃.

Cada subparcela ou canteiro, com dimensões de 10 m x 5 m continha cinco linhas de plantas, sendo de 1,0 m o espaçamento entre linhas e de 0,2 m entre plantas. Na colheita foram aproveitadas as três linhas centrais. Os restos culturais foram sempre incorporados nas próprias parcelas experimentais.

O calcário foi aplicado dois meses antes do plantio, em 27.8.73, tendo sido incorporado na profundidade de 20 cm, com auxílio de enxada e ancinho.

Plantaram-se duas sementes por cova do milho HMD 7974, deixando-se cinco plantas por metro linear, por ocasião do desbaste. Foram feitos plantios de milho, adotando o esquema de adubação descrito em 1973, 1974, 1975 e 1976.

Para o plantio de milho em 1977, alterou-se o esquema de adubação, aplicando-se doses únicas de N e P₂O₅. Foram aplicados 10-80-60 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, além de 10 kg/ha de sulfato de zinco e 90 kg/ha de N em cobertura.

Em 1978 foi plantado algodão, com a adubação de 300 kg/ha da fórmula 5-30-20 e mais coberturas de 150 kg/ha de sulfato de amônio, aos 30 e 60 dias depois do plantio.

Em 1979 foi plantada a soja variedade Bossier, sem aplicação de fertilizantes.

O solo foi amostrado anualmente, retirando-se da camada arável amostras compostas, constituídas de 20 amostras simples, de cada parcela de calagem. Os meses de amostragem foram 10/73, 8/74, 8/75, 10/76, 8/77, 7/78 e 1/80. Nas amostras foram analisados os teores de matéria orgânica, alumínio, cálcio, magnésio, potássio, fósforo e o pH.

No terceiro ano de cultivo de milho, foram coletadas amostras de folhas de quinze plantas por canteiro, cerca de 60 dias após o plantio, amostrando-se o terço basal clorofilado da folha de posição + 4. As amostras foram analisadas em seus teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calagem aplicada visava, com o nível mais elevado, neutralizar a acidez até pH 6,6. Os resultados da Tabela 1 mostram que esse objetivo não foi atingido. Além disso, nota-se que os teores de cálcio e magnésio tiveram uma elevação pouco acentuada, indicando que a parte mais grosseira do calcário não deve ter sido dissolvida. É importante frisar que, não obstante a calagem de até 9 t/ha não ter proporcionado os efeitos esperados na neu-

TABELA 1. Resultados de análise de solo para diversas amostragens realizadas no ensaio de calagem de Mococa.

Mês da amostragem	Nível de calagem	pH	-meq/100 cm ³ -			Saturação de Al
			Ca	Mg	Al	%
10/1973	C ₀ ¹	4,7	0,9	0,3	0,6	27
	C ₁	4,9	1,3	0,7	0,4	15
	C ₂	5,4	1,9	1,5	0,1	3
	C ₃	5,5	2,1	1,7	0,1	2
8/1974	C ₀	4,4	0,7	0,2	1,0	48
	C ₁	4,8	1,4	0,8	0,5	17
	C ₂	5,4	2,0	1,6	0,1	3
	C ₃	5,7	2,3	1,8	0,1	2
8/1975	C ₀	4,6	0,6	0,2	1,1	52
	C ₁	5,1	1,2	0,6	0,4	17
	C ₂	5,6	2,0	1,3	0,1	3
	C ₃	5,9	2,5	1,7	0,1	2
8/1976	C ₀	4,7	0,5	0,1	1,3	62
	C ₁	5,1	1,0	0,4	0,6	27
	C ₂	5,6	2,0	1,1	0,1	3
	C ₃	5,8	2,3	1,5	0,1	2
8/1977	C ₀	4,6	0,5	0,1	1,4	64
	C ₁	5,0	1,0	0,4	0,7	30
	C ₂	5,4	1,7	0,8	0,2	7
	C ₃	5,9	2,4	1,2	0,1	3
7/1978	C ₀	4,6	0,3	0,1	1,4	74
	C ₁	4,9	0,7	0,2	1,0	50
	C ₂	5,3	1,5	0,6	0,3	12
	C ₃	5,6	2,0	1,0	0,1	3
1/1980	C ₀	4,5	0,3	0,1	1,7	74
	C ₁	4,8	0,8	0,3	0,9	41
	C ₂	5,1	1,3	0,5	0,4	17
	C ₃	5,3	1,8	0,8	0,2	6

¹ A calagem foi aplicada apenas no primeiro ano, na base de 0, 3, 6 e 9 t/ha de calcário dolomítico.

tralização as doses aplicadas são mais elevadas do que a quantidade de calcário que seria recomendada pelo critério do alumínio, que seria de 2 x Al ou 2,2 t/ha.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados para os quatro primeiros anos do ensaio. Fica evidenciada a importância da calagem nas produções de milho neste ensaio. Note-se que a calagem afetou a produção de maneira muito mais importante que a adubação acima da dose N₁P₁, com a vantagem de que a correção do solo só foi feita no

primeiro ano. Não houve interação entre os níveis mais elevados de adubação e a calagem. A análise estatística indicou efeitos altamente significativos da calagem, lineares no primeiro ano e quadráticos nos três outros anos. Para a adubação, notou-se efeito altamente significativo para nitrogênio em 1973/74 e 1974/75 e efeito significativo para fósforo em 1975/76.

Os resultados da Tabela 3 indicam que o efeito da calagem continuou importante nos três últimos anos do ensaio. Os efeitos foram altamente signi-

TABELA 2. Resultados de produção de milho obtidos para os diferentes níveis de calagem e de adubação, nos quatro primeiros anos do ensaio de Mococa.

Ano agrícola	Nível de calagem ¹	Produção de milho p/diversas adubações							
		N ₁ P ₁		N ₁ P ₂		N ₂ P ₁		N ₂ P ₂	
		kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
1973/74	C ₀	3.524	64	3.549	65	4.058	74	4.524	83
	C ₁	3.966	72	4.216	77	4.716	86	4.241	77
	C ₂	4.124	75	4.774	87	5.266	96	5.158	94
	C ₃	4.774	87	4.766	87	5.291	96	5.483	100
1974/75	C ₀	4.325	62	4.283	62	4.741	68	5.274	76
	C ₁	5.416	78	5.841	84	5.891	85	5.700	82
	C ₂	6.091	88	6.166	89	6.508	94	6.575	94
	C ₃	6.408	92	6.524	94	6.441	93	6.958	100
1975/76	C ₀	2.883	40	3.247	46	2.114	30	3.172	44
	C ₁	4.803	67	5.345	75	4.978	70	5.053	71
	C ₂	5.919	79	5.869	82	5.902	83	6.610	93
	C ₃	6.219	87	6.477	91	6.893	97	7.134	100
1976/77	C ₀	2.435	33	2.708	37	1.893	26	3.110	43
	C ₁	4.943	68	5.190	71	5.193	71	5.015	69
	C ₂	5.835	80	5.393	74	5.408	74	6.500	89
	C ₃	6.268	87	6.400	88	7.093	97	7.300	100

¹ A calagem foi aplicada apenas no primeiro ano, na base de 0, 3, 6 e 9 t/ha.

TABELA 3. Resultados de produções de milho, algodão e soja, obtidos no quinto, sexto e sétimo ano de execução do ensaio de Mococa.

Ano agrícola	Cultura	Nível de calagem ¹	Produção	
			kg/ha	%
1977/78	Milho	C ₀	417	11
		C ₁	2.133	58
		C ₂	3.244	88
		C ₃	3.688	100
1978/79	Algodão	C ₀	337	9
		C ₁	2.042	56
		C ₂	3.324	91
		C ₃	3.662	100
1979/80	Soja	C ₀	1.194	65
		C ₁	1.596	86
		C ₂	1.597	87
		C ₃	1.846	100

¹ A calagem foi aplicada apenas em 1973, nas quantidades indicadas na Tabela 2. As adubações foram constantes, conforme indicado no texto.

ficativos em 1977/78 e 1978/79, evidenciando a natureza quadrática da resposta em 77/78 e linear em 78/79. Já para a soja, em 1979/80, o efeito da calagem foi significativo a 5%, com resposta de natureza quadrática.

Não é demais frisar o importante efeito da calagem na produtividade das três culturas. Mesmo em 1977/78, ano com excepcional seca em janeiro e fevereiro, as produções mantiveram-se bem mais elevadas nas parcelas que receberam calagem. Considerando aplicações médias em torno de 90 kg/ha de nitrogênio como sulfato de amônio, adubo altamente acidificante, o efeito residual da calagem, constatado até o sétimo ano de duração do ensaio, é surpreendente e de maior relevância prática para a produção agrícola, mormente na época atual, em que a importância da calagem como fator positivo para a produtividade vem sendo negligenciada.

Diversos são os benefícios da calagem e é, em geral, difícil estabelecer qual o parâmetro de solo que reflete os benefícios dessa prática na produ-

ção. Os resultados de diagnose foliar para milho, realizados para o ano agrícola de 1975/76, indicam considerável efeito da calagem nos teores de magnésio nas folhas. É curioso que o efeito é crescente até a dose mais elevada de calcário (Tabela 4), isto não obstante tratar-se de calcário dolomítico, com o que as aplicações de magnésio, até mesmo com a dose menor de 3 t/ha de calcário, foram elevadas.

Comparando os resultados da Tabela 1, com os das Tabelas 2 e 3, percebe-se que aquelas propriedades que sofreram variação com a calagem, isto é, diminuição de alumínio e aumento de cálcio, magnésio e pH, acompanharam os aumentos de produção. Percebe-se claramente que o teor de alumínio não é um critério adequado para indicar o efeito da calagem, quando os seus teores no solo são mais baixos, já que a redução do teor trocável desse elemento no solo não acompanha a elevação dos teores de cálcio e magnésio ou as tendências de aumentos de produção. Isto é indicado na Fig. 1, na qual é apresentada a relação entre a saturação de alumínio dos solos e as produções do milho, expressas como percentagem da produção máxima obtida com a dose mais elevada de calcário. Note-se que esta provavelmente não foi a produção máxima possível, já que ela poderia ser maior com maiores aplicações de calcário.

A natureza sigmoideal da curva indica dois fatos. No extremo inferior, as altas saturações de alumínio indicam que, ao aumentarem demais esses valores, o efeito negativo do alumínio na produção passa a ser extremamente crítico. Na parte superior, os resultados indicam que a saturação de alu-

TABELA 4. Teores de macronutrientes nas folhas de milho para os diversos níveis de calagem, no ano agrícola de 1975/76.

Nível de calagem	N	P	K	Ca	Mg	%	
C ₀	3,00	0,25	3,04	0,38	0,06		
C ₁	3,11	0,23	2,93	0,40	0,18		
C ₂	3,08	0,23	2,80	0,39	0,26		
C ₃	3,05	0,23	2,67	0,40	0,30		

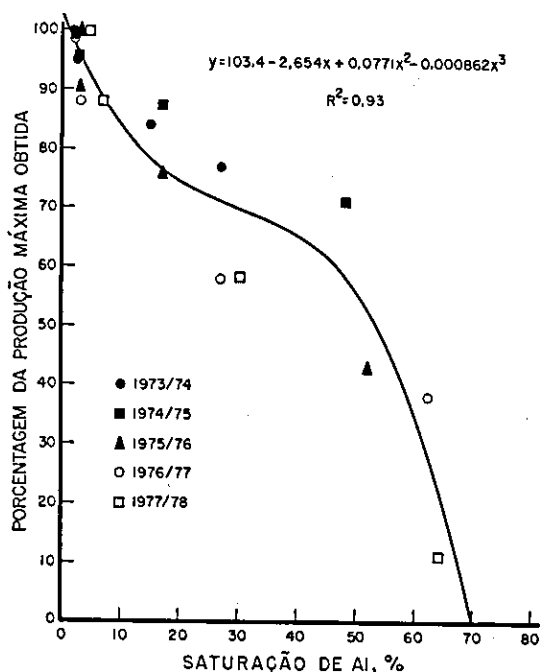


FIG. 1. Relação entre a saturação de alumínio e a percentagem da produção máxima observada para os cinco cultivos de milho.

mínio não mais acompanha a percentagem de produção, isto porque, mesmo com calagens mais elevadas do que aquelas necessárias para baixar a saturação de alumínio a zero, a produção continua aumentando com a calagem. Note-se que na Fig. 1, o que está apresentando como 100% pode ainda não ser a produção máxima.

Os resultados deste trabalho, além de indicarem que o critério do alumínio para calcular a necessidade de calagem (Raij 1977/78) é insuficiente, indicam a grande importância dessa prática para aumentar ou manter a produtividade das culturas.

Economicamente, a calagem é extraordinariamente importante em casos como o narrado. Se forem analisadas as curvas de aumentos acumulados de produção de milho para os cinco anos, indicadas na Fig. 2, percebe-se que, já no primeiro ano, o investimento na calagem é praticamente pago. Nos anos seguintes, a calagem, feita apenas inicialmente, continua a favorecer a produção até o quin-

to ano de milho e, posteriormente, nos cultivos de algodão e soja. Pelos resultados de análise de solo (Tabela 1), pode-se prever que os resultados de calagem provavelmente se estenderiam por mais tempo. Isto está de acordo com a observação de Freitas & Raij (1974). Poucas práticas agrícolas de simples execução, como é a calagem, têm efeito tão favorável.

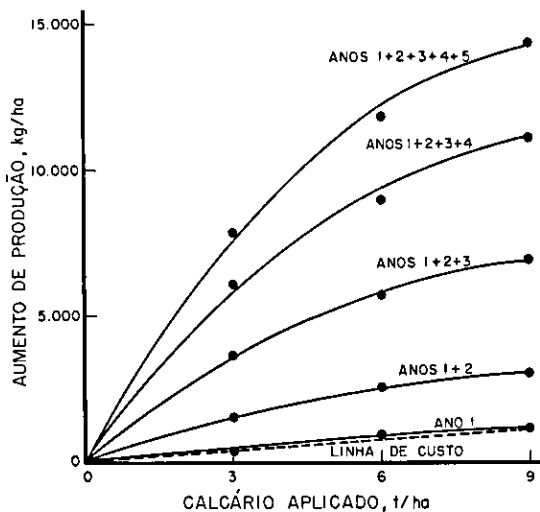


FIG. 2. Curvas indicando os aumentos acumulados de produção de milho devidos à calagem. A linha de custo considerou que 120 kg de milho pagariam 1 t de calcário.

CONCLUSÕES

1. A calagem apresentou efeito residual de pelo menos sete anos.
2. O critério do alumínio, para calcular a necessidade de calagem, mostrou-se insuficiente.
3. A calagem, em solos ácidos como os do ensaio, constitui um excelente investimento para aumentar a produtividade.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, A.Z.; VERDADE, F.C.; SCHIMIDT, N.C.; WUTKE, A.C.P. & IGUE, K. Parcelamento e intervalo da aplicação de calcário. *Bragantia*, 24:83-96, 1965.
- CAMARGO, A.P. Níveis de calagem e de adubação nitrogenada e fosfatada para milho. Piracicaba, ESALQ, 1979. 84p. Tese Doutorado.
- CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação de bases. *R. Agric.*, Piracicaba, 30:49-60, 1955.
- COLEMAN, N.T.; KAMPRATH, E.J. & WEED, S.D. Liming. *Adv. Agron.*, 10:475-522, 1958.
- FREITAS, L.M.M. & RAIJ, B. van. Efectos residuales del encalado de un Latosol en São Paulo, Brasil. In: BORNEMISSA E. & ALVARADO, A. eds. *Manejo de suelos en la América Tropical*. Raleigh, U.S.A. North Carolina State University, 1974. p.304-12.
- KAMPRATH, E.J. Exchangeable Al as a criterion for liming leached mineral soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:252-4, 1970.
- MCCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; MIKKELSEN, D. S. & LOTT, W.L. Adubação do algodoeiro em solos de campo de cerrado do Estado de São Paulo, Brasil. s.l., IBEC Research Institute, 1961. 35p. (Boletim, 27).
- MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M. & MCCLUNG, A.C. Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. s.l., IBEC Research Institute, 1963. 48p. (Boletim, 29).
- MIRANDA, L.T. A adubação do milho. I - Relação entre dados de ensaios de campo de análise química do solo. Campinas, 1971. Instituto Agrônomo, 11p. (Boletim, 11).
- RAIJ, B. VAN. Interpretação da análise de terra. *O Agrônomo*, Campinas, 29/30:63-73, 1977/78.
- RAIJ, B. VAN.; CAMARGO, A.P.; MASCARENHAS, H. A.A.; HIROCE, R.; FEITOSA, C.T.; NERY, C. & LAUN, C.R.P. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. *R. bras. Ci. Solo*, 1:28-31, 1977.
- VERDADE, F.C.; GARGANTINI, H. & MIRANDA, L.T. Uso e aplicações do calcário; campanha de calagem do solo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1968. 63p.