



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C.  
EFEITO RESIDUAL DO CALCÁRIO NA PRODUÇÃO DE MILHO E SOJA EM SOLO GLEI POUCO  
HÚMICO

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 24, núm. 1, 2000, pp. 209-215

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218272024>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## SEÇÃO VIII - FERTILIZANTES E CORRETIVOS

### EFEITO RESIDUAL DO CALCÁRIO NA PRODUÇÃO DE MILHO E SOJA EM SOLO GLEI POUCO HÚMICO<sup>(1)</sup>

L. N. MIRANDA<sup>(2)</sup> & J. C. C. MIRANDA<sup>(2)</sup>

#### RESUMO

O cultivo de milho e soja em solos ácidos requer a aplicação de calcário, para elevar o pH, reduzir a toxidez de alumínio e fornecer os nutrientes cálcio e magnésio. O calcário pode ter efeito residual prolongado, sendo necessário quantificar a durabilidade e a eficiência da calagem no solo por um período longo de cultivos sucessivos. Neste trabalho, deu-se continuidade a um experimento instalado na EMBRAPA Cerrados, em 1986, em solo Gleí Pouco Húmico argiloso, com doses iniciais de 0, 2, 4, 6 e 8 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico a lanço. A partir de 1990, foi cultivado o milho em rotação com a soja, em um total de sete cultivos sucessivos. Os dados de produtividade mostraram que o calcário aplicado em 1986 tem apresentado efeito residual. A resposta das duas culturas até o quarto cultivo e da soja, no sexto cultivo, foi significativamente maior a partir da primeira dose de 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário. No quinto e no sétimo ano de cultivo, a produtividade do milho foi significativamente maior, respectivamente, a partir das doses de 4 e 6 t ha<sup>-1</sup> de calcário. A produtividade relativa máxima, para a média de quatro cultivos de milho e três cultivos de soja em sucessão, foi obtida com a saturação por bases do solo de 42% para o milho e 38% para a soja. A partir do quarto ano de aplicação do calcário, a perda anual média de cálcio + magnésio trocáveis do solo nos tratamentos com calcário foi de 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Termos de indexação: calagem, *Zea mays*, *Glycine max*, solos de várzea.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em novembro de 1998 e aprovado em dezembro de 1999.

<sup>(2)</sup> Pesquisador da EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina (DF).  
E-mail:leo@cpac.embrapa.br / jeanne@cpac.embrapa.br.

# SUMMARY: RESIDUAL EFFECT OF LIME ON CORN AND SOYBEAN PRODUCTION IN A LOW HUMIC GLEY SOIL

*Growing corn and soybean in acid soils requires lime application to raise the soil pH to reduce the aluminum toxicity and to add the nutrients calcium and magnesium. The residual effect of liming may last for several years of successive cropping. To evaluate this effect, an experiment was carried out in a Low Humic Gley soil in the EMBRAPA Cerrados Research Center, with the broadcasting application of lime levels of 0, 2, 4, 6 and 8 t ha<sup>-1</sup>, beginning in September, 1986. From September 1990, corn and soybean were sequentially cropped for seven years. Grain yield showed a significant response of corn and soybean to lime up to the third crop and of soybean in the fifth crop, from the 2 t ha<sup>-1</sup> lime level upwards. Corn response to liming in the fourth and in the sixth crop was significant, respectively, from the 4 and 6 t ha<sup>-1</sup> lime levels upwards. Maximum relative grain yield as an average for the four corn crops and three soybean crops was obtained, respectively, at a soil base saturation of 42% and 38%. From the fourth year to the tenth year after liming, the average annual decrease of exchangeable calcium + magnesium in the liming treatments was about 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.*

*Index terms: liming, Zea mays, Glycine max, lowland soils.*

## INTRODUÇÃO

Para o cultivo dos solos ácidos é necessário aplicar calcário, visando elevar o pH e a saturação por bases do solo e fornecer os nutrientes cálcio e magnésio. A elevação do pH tem influência direta na redução da toxidez de alumínio e pode alterar a disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas (Raij et al., 1977; Azevedo et al., 1996). Alguns autores observaram que culturas como o milho e a soja têm apresentado respostas acentuadas à calagem, com aumento significativo de produtividade (Lantmann et al., 1989; Ernani et al., 1998). Por outro lado, o calcário pode ter efeito residual prolongado no solo, mantendo as condições adequadas para o crescimento de plantas, por um período mínimo de quatro a cinco anos de cultivos sucessivos (EMBRAPA, 1982; Mielniczuk, 1983). Esse aspecto influi diretamente na economicidade da adoção dessa prática, o que torna necessário quantificar a durabilidade e a eficiência da calagem no solo por um período longo de produção. Este trabalho avaliou o efeito residual do calcário em solo Gleí Pouco Húmico argiloso, por um período de sete anos, com cultivos de milho e soja em rotação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado, em 1986, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados/Embrapa, Planaltina (DF), em solo Gleí Pouco Húmico, com as seguintes características: pH em água (1:2,5) = 5,1; Al<sup>3+</sup> = 28 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> = 13 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>2+</sup> + Al<sup>3+</sup> =

92 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; saturação por bases (V) = 13 %; Matéria orgânica = 28 g dm<sup>-3</sup>; P = 16 mg dm<sup>-3</sup>; argila = 600 g dm<sup>-3</sup>; silte = 100 g dm<sup>-3</sup> e areia = 300 g dm<sup>-3</sup>. Os tratamentos foram as doses de calcário de 0, 2, 4, 6 e 8 t ha<sup>-1</sup> (PRNT = 100%) aplicadas a lanço e incorporadas até à profundidade de 0,2 m. A dose de calcário de 4 t ha<sup>-1</sup> corresponde à quantidade necessária para elevar a saturação por bases do solo para 50%. O calcário utilizado apresentava 34,6% de CaO e 17,5% de MgO e PRNT de 64,1%. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições, em parcelas de 8x12 m. Entre 1986 e 1990, foram efetuados quatro cultivos de soja e quatro de trigo irrigado, em sucessão (Miranda, 1993).

A partir do ano agrícola 1990/91, continuou-se a avaliar o efeito residual do calcário, plantando-se o milho híbrido BR 201 (quatro cultivos) com densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> e espaçamento de 1 m, em rotação com a soja cv Itiquira (dois cultivos) e cv Savana (um cultivo) com densidade de 500.000 plantas ha<sup>-1</sup> e espaçamento de 0,50 m. As adubações de manutenção para as duas culturas foram efetuadas no sulco de semeadura, aplicando-se, para o milho, a dose de 10 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR12 e 500 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 04.14.08 e, para a soja, a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 00.20.20. O milho recebeu também uma adubação nitrogenada em cobertura de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N como uréia, metade aplicada aos 35 dias e metade aos 45 dias da germinação. As sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, antes do plantio, na dose de 1 kg de inoculante por 40 kg de sementes.

Antes de cada semeadura, foram coletadas amostras de solo (20 subamostras/parcela) na profundidade de 0-0,2 m, bem como no perfil do solo,

nas profundidades de 0-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6 e 0,6-0,8 m (cinco subamostras/parcela). Nessas amostras, mediram-se o pH em água; Ca, Mg, K e Al trocáveis; P; matéria orgânica e H + Al por acetato de cálcio a pH 7,0, de acordo com EMBRAPA (1979), calculando-se a saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m). Foram realizadas amostragens de folhas em 30 plantas/parcela, no início do pendoamento para o milho (4ª folha a partir do ápice, excluindo a nervura central) e do florescimento para a soja (3ª folha a partir do ápice), para análise química dos teores de macro e micronutrientes. Na colheita, retiraram-se das parcelas apenas as sementes, incorporando-se a palhada ao solo. A produção de grãos de cada cultura foi ajustada para 13% de umidade. Os dados foram submetidos à análise de variância, regressão e correlação pelos procedimentos do SAS (SAS Institute, 1989), sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5%. Considerando a produção máxima de cada ano como 100%, foram calculados os rendimentos relativos em percentual das duas culturas e testadas as relações entre a produção de grãos e a saturação por bases e desta com o pH do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1, são apresentados os dados de produtividade de grãos de quatro cultivos de milho e três cultivos de soja em sucessão, a partir do ano agrícola 1990/91, quatro anos após a aplicação das doses de calcário. Pode-se observar que o calcário aplicado em 1986 apresentou efeito residual, com acréscimos significativos na produtividade das culturas. A resposta do milho e da soja até o quarto ano agrícola (1993/94) foi significativamente maior a partir da primeira dose de 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário, mostrando tendência de acréscimo de produtividade

com o aumento das doses de calcário. Para a cultura do milho, a produtividade foi significativamente maior a partir das doses de 4 t ha<sup>-1</sup> de calcário no quinto ano de cultivo (1994/95) e de 6 t ha<sup>-1</sup> de calcário no sétimo ano (1996/97), mostrando redução no efeito residual nas doses menores. Nas plantas das parcelas sem calcário, foram observados sintomas característicos de deficiência de magnésio. Para a soja no sexto cultivo (1995/96), houve acréscimos de produtividade com as doses de calcário, significativos a partir da dose de 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário. Os resultados da primeira fase desse experimento (Miranda, 1993) mostraram que a dose de 4 t ha<sup>-1</sup> de calcário a longo foi a mais indicada para o sistema de produção, englobando quatro cultivos de soja no período chuvoso e quatro cultivos de trigo no período seco. Com os dados apresentados no quadro 1, observa-se que essa dose manteve boas produtividades, pelo menos até o quarto cultivo. Nesta área experimental na várzea, o solo Glei Pouco Húmico é naturalmente bem drenado, sendo semelhante ao Latossolo Vermelho-Escuro da parte mais alta, cuja recomendação de calagem prevê efeito residual do calcário por um período de quatro a cinco anos de cultivo contínuo (Miranda et al., 1980). Outros autores (Quaggio et al., 1982; Mielniczuk, 1983) têm observado durabilidade semelhante do efeito residual do calcário, destacando-se Camargo et al. (1982) que obtiveram efeito residual do calcário, durante pelo menos sete anos, com cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja.

Os dados de análise foliar da soja e do milho são apresentados no quadro 2, observando-se incremento do teor de cálcio e magnésio com o aumento das doses de calcário. Para o cultivar de soja Savana, essas diferenças não foram significativas para magnésio. Para o milho, houve redução no teor de potássio com o aumento das doses de calcário, ficando abaixo da faixa entre 17 e 35 g kg<sup>-1</sup> considerada adequada (Cantarella et al., 1996), o que pode ter prejudicado

**Quadro 1. Produtividade de grãos de milho BR 201 e de soja, cv. Itiquira (91/92; 93/94) e cv. Savana (95/96), considerando o efeito residual de doses de calcário em solo Glei Pouco Húmico. Dados médios de quatro repetições**

Calcário 1986	Milho 1990/91	Soja 1991/92	Milho 1992/93	Soja 1993/94	Milho 1994/95	Soja 1995/96	Milho 1996/97
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>						
0	2.507 b	1.254 b	98 b	1.883 b	387 c	1.279 c	0 d
2	7.093 a	3.330 a	8.526 a	3.411 a	5.113 b	2.120 ab	2.944 c
4	7.463 a	3.421 a	8.880 a	3.625 a	6.914 a	2.189 ab	4.704 b
6	7.480 a	3.240 a	8.933 a	3.781 a	7.134 a	2.313 ab	5.876 a
8	7.618 a	2.979 b	9.168 a	3.711 a	7.088 a	2.433 a	6.675 a

Valores com as mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

**Quadro 2. Teores de macro e micronutrientes do tecido foliar de milho e soja, considerando o efeito residual de doses de calcário em solo Glei Pouco Húmico. Dados médios de quatro repetições**

Calcário	Ca	Mg	N	P	K	S	Cu	Zn	Mn
t ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>			
Milho Br201 (dados médios de quatro cultivos)									
0	4,1 b	1,4 b	25,9 a	3,6 a	18,0 a	0,7 a	11,1 a	35,2 a	48,6 a
2	4,6 ab	1,6 ab	25,5 a	3,4 a	16,8 ab	0,9 a	11,0 a	29,8 ab	60,1 a
4	4,9 a	1,8 ab	26,2 a	3,4 a	15,8 b	0,9 a	11,4 a	30,0 ab	59,5 a
6	5,2 a	2,1 a	25,1 a	3,5 a	15,4 b	0,9 a	10,4 a	26,9 b	54,4 a
8	4,9 a	2,1 a	25,7 a	3,6 a	14,8 b	0,9 a	11,3 a	28,9 ab	54,0 a
Soja Itiquira (dados médios de dois cultivos)									
0	7,4 c	3,6 b	47,1 a	4,5 c	15,4 d	0,9 a	12,0 a	45,7 a	59,5 a
2	7,7 b	3,7 b	45,5 a	4,6 b	18,5 b	0,9 a	10,4 b	41,7 ab	47,6 c
4	7,7 b	3,7 b	45,1 a	4,6 b	19,0 a	0,9 a	11,6 a	45,0 a	58,5 ab
6	7,8 a	3,8 a	45,9 a	4,6 b	17,3 c	0,9 a	10,4 b	38,2 b	45,8 c
8	7,8 a	3,8 a	45,1 a	4,7 a	16,9 c	0,9 a	10,2 b	40,4 b	49,0 bc
Soja Savana									
0	8,5 b	3,5 a	39,4 a	2,6 a	17,0 a	1,1 a	8,3 ab	34,6 ab	65,9 a
2	8,6 b	3,5 a	42,6 a	2,7 a	14,5 a	1,2 a	9,1 a	39,7 a	79,6 a
4	8,6 b	3,6 a	43,8 a	2,8 a	14,1 a	1,3 a	8,7 a	37,8 ab	72,2 a
6	9,7 a	3,7 a	39,2 a	2,7 a	17,2 a	1,2 a	8,6 ab	34,5 ab	57,7 a
8	9,4 a	3,8 a	42,1 a	2,7 a	16,0 a	1,3 a	7,6 b	31,8 b	58,3 a

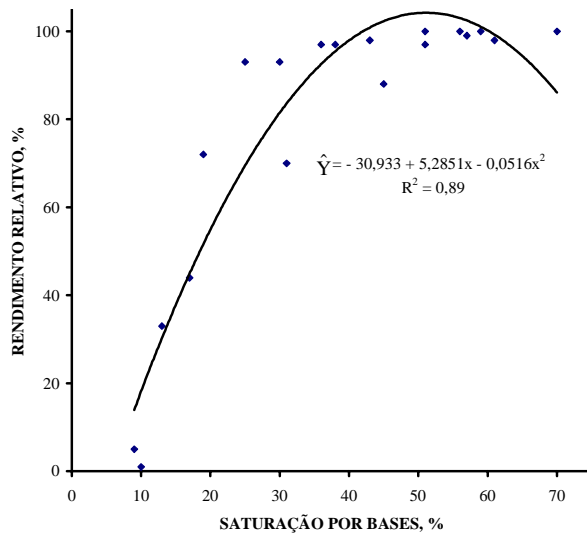
Valores de cada parâmetro com as mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

a resposta da cultura ao calcário. Entretanto, pela análise de solo, os teores de K estiveram sempre acima de 50 ppm (1,3 mol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) pelo método Mehlich-1, que é o nível crítico de disponibilidade de K para solos de cerrado (Vilela et al., 1986). Para a soja, os teores de potássio nas folhas também estão abaixo ou no limite inferior da faixa adequada entre 17 e 25 g kg<sup>-1</sup>, segundo Ambrosano et al. (1996). De modo geral, os teores dos outros nutrientes nas folhas não mostraram comportamento definido em decorrência da variação das doses de calcário.

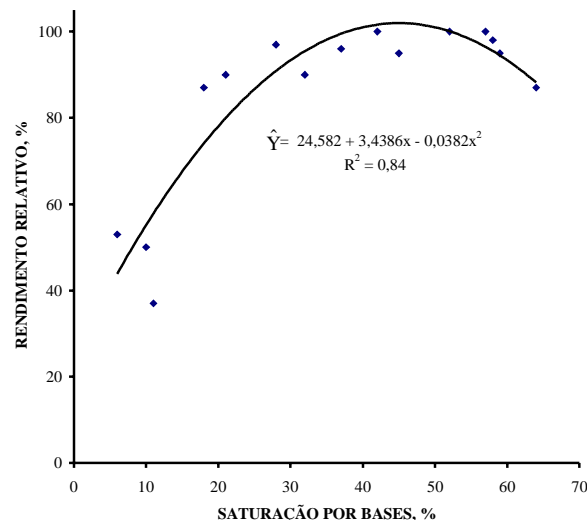
Os valores numéricos absolutos de produtividade foram obtidos, em geral, nas doses mais altas de calcário, porém o acréscimo foi relativamente pequeno a partir da dose de 4 t ha<sup>-1</sup> (Quadro 1). Foram feitos ajustes dos dados de rendimento relativo e saturação por bases do solo para cada ano, mas optou-se pela apresentação do ajuste conjunto para cada cultura, tendo o modelo polinomial apresentado melhor ajuste aos dados. Essas relações entre os rendimentos relativos do milho e a saturação por bases do solo são mostradas na figura 1. Observa-se resposta positiva do milho ao aumento da saturação por bases do solo, chegando à produtividade máxima com 42% de saturação por bases. Para a soja (figura 2), a resposta à calagem foi menos acentuada e a produtividade máxima foi atingida com 38% de saturação por bases. Esses

dados indicam, para essas duas culturas nesse solo, a necessidade de recomendar calagem para elevar a saturação por bases do solo para valores menores do que 50%, que é a recomendada por Sousa et al. (1989) para solos sob cerrado. Entretanto, no ajuste feito a cada ano, a produtividade máxima ficou na faixa de saturação por bases do solo de 33 a 56% para o milho e de 34 a 45% para a soja. Desse modo, a saturação por bases para produtividade máxima das figuras 1 e 2 não se mostrou pontual, representando faixas adequadas de saturação por bases para se obter a produtividade máxima das culturas. Autores, como Quaggio et al. (1985), recomendam a calagem para elevar a saturação por bases do solo em níveis mais baixos para solos orgânicos. Contudo, esse solo apresentou teor inicial de matéria orgânica de 28 g dm<sup>-3</sup>, que se manteve praticamente inalterado, durante todos esses cultivos sucessivos. Esse teor é apenas ligeiramente maior que o do Latossolo Vermelho-Escuro argiloso de 24 g dm<sup>-3</sup>, na mesma área, cuja recomendação de calagem prevê a elevação da saturação por bases para 50%.

No quadro 3, são apresentados os valores de algumas características químicas do solo a partir do primeiro cultivo e do quarto ano de aplicação do calcário. Os dados mostram decréscimo de pH, saturação por bases (V%) e teor de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> e



**Figura 1. Relação entre o rendimento relativo de quatro cultivos de milho e a saturação por bases de um solo Glei Pouco Húmico. Dados de dezenove pares, médias de quatro repetições.**



**Figura 2. Relação entre o rendimento relativo de três cultivos de soja e a saturação por bases de um solo Glei Pouco Húmico. Dados de quinze pares, médias de quatro repetições.**

aumento do teor de  $\text{Al}^{3+}$  e da saturação por alumínio (m) do solo, com o tempo de cultivo. Observa-se também que, no tratamento sem calcário, houve um processo contínuo de acidificação, estimulado pela utilização de adubos nitrogenados na cultura do milho. Considerando os valores de pH, exceto para as parcelas com 8 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário, já seria necessário refazer a calagem a partir do quarto cultivo (1993), uma vez que a faixa de pH adequada

para as duas culturas está entre 5,5 e 6,0 (Souza et al., 1989; Ernani et al., 1998). Quanto à saturação por bases do solo, observa-se que, nas parcelas com 2 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário, não se obtiveram valores acima de 30%, embora tenham sido obtidas boas produtividades até o quarto ano agrícola e sétimo ano da aplicação do calcário (1993/94). Na dose de 4 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário, a saturação por bases do solo foi de 36% após oito anos da aplicação desse insumo, e as produtividades das culturas ainda se mantiveram relativamente altas, respectivamente, no quarto e no sexto cultivos. Por outro lado, para as doses de 6 e 8 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário, os valores de saturação por bases e de cálcio e magnésio trocáveis ainda permaneceram em níveis adequados até o início do sexto cultivo, ou décimo ano após a aplicação do calcário.

**Quadro 3. Valores de pH, saturação por bases (V),  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  e saturação por alumínio (m) de solo Glei Pouco Húmico, a partir do quarto ano (1990) da aplicação de doses de calcário a lanço. Dados médios de quatro repetições**

Calcário	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
t $\text{ha}^{-1}$	pH em água (1:2,5)						
0	4,6 e	4,6 e	4,3 e	3,8 e	3,8 e	3,8 d	3,7 e
2	5,2 d	5,1 d	4,6 d	4,2 d	4,2 d	4,3 c	4,0 d
4	5,5 c	5,4 c	5,0 c	4,6 c	4,6 c	4,4 c	4,4 c
6	5,9 b	5,9 b	5,6 b	5,3 b	5,3 b	4,9 b	4,8 b
8	6,2 a	6,1 a	5,8 a	5,6 a	5,6 a	5,4 a	5,3 a
	V (%)						
0	13 e	11 d	10 e	10 e	9 e	6 c	6 e
2	30 d	28 c	25 d	21 d	19 d	18 d	17 d
4	43 c	42 b	38 c	37 c	36 c	32 c	31 c
6	61 b	59 b	51 b	51 b	51 b	45 b	45 b
8	70 a	64 a	59 a	58 a	57 a	57 a	56 a
	Ca + Mg (mmol. $\text{dm}^{-3}$ )						
0	12 e	11 d	10 e	12 e	9 e	5 e	5 e
2	30 d	28 c	29 d	23 d	21 d	19 d	17 d
4	46 c	42 b	46 c	43 c	42 c	39 c	33 c
6	65 b	65 b	62 b	60 b	56 b	53 b	51 b
8	77 a	69 a	67 a	66 a	65 a	66 a	66 a
	Al (mmol. $\text{dm}^{-3}$ )						
0	28 a	29 a	32 a	32 a	35 a	38 a	44 a
2	15 b	14 b	17 b	17 b	23 b	27 b	40 a
4	4 c	6 c	6 c	7 c	10 c	13 c	21 b
6	1 d	1 d	1 d	2 d	3 d	4 d	8 c
8	0 d	0 d	0 d	1 d	1 d	1 d	3 c
	m (%)						
0	71 a	72 a	76 a	72 a	80 a	88 a	90 a
2	33 b	33 b	38 b	43 b	51 b	58 b	69 b
4	8 c	12 c	12 c	14 c	19 c	26 c	38 c
6	1 d	2 d	2 d	3 d	5 d	7 d	13 d
8	0 e	0 d	0 d	1 d	1 d	2 e	4 e

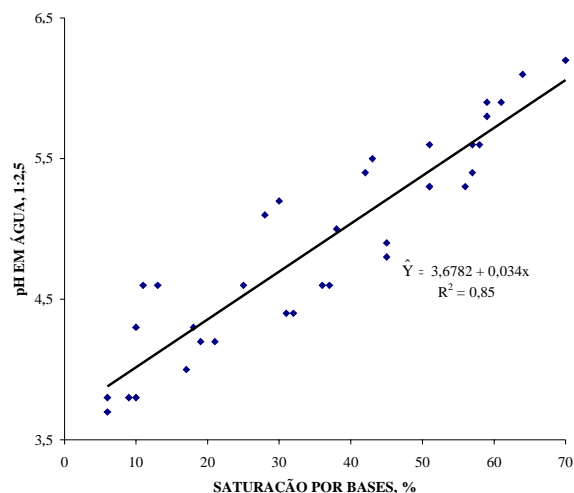
Valores de cada parâmetro com as mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.



A análise de regressão para cada dose de calcário no tempo de cultivo (Quadro 4), apontou para um decréscimo anual médio de 0,19 unidade de pH em água e de 1,93 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> no teor de cálcio + magnésio trocáveis do solo. Esse decréscimo não variou com as doses de calcário, conforme mostrado por Raij et al. (1982). Contudo, para doses semelhantes de calcário, a perda anual de cálcio + magnésio trocáveis foi cerca de duas vezes menor que a observada por esses autores.

Os dados de análise química do perfil do solo no décimo ano após a aplicação do calcário (Quadro 5) mostram que o pH, os teores de cálcio + magnésio trocáveis e a saturação por bases aumentaram com a calagem, principalmente nas doses mais altas, até às camadas de 0,4 a 0,6 m de profundidade. Essa condição pode ter favorecido o crescimento das raízes em maior profundidade e refletido na produtividade das culturas.

Na figura 3, é mostrada a relação linear entre o pH em água (1:2,5) e a saturação por bases do solo antes do plantio, englobando os seis anos de cultivos



**Figura 3. Relação entre o pH em água (1:2,5) e a saturação por bases de um solo Glei Pouco Húmico, com quatro cultivos de milho e três de soja em sucessão. Dados de 35 pares, médias de quatro repetições.**

**Quadro 4. Equações de regressão e coeficiente de determinação para a relação entre os valores (Y) de pH e de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> e o tempo de cultivo em anos (X) para cada dose de calcário em solo Glei Pouco Húmico**

pH em água, 1:2,5		Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
$\hat{Y}_0 = 4,77 - 0,17 X$	$R^2 = 0,85$	$\hat{Y}_0 = 14,00 - 1,21 X$	$R^2 = 0,75$
$\hat{Y}_2 = 5,31 - 0,20 X$	$R^2 = 0,84$	$\hat{Y}_2 = 33,14 - 2,32 X$	$R^2 = 0,97$
$\hat{Y}_4 = 5,66 - 0,20 X$	$R^2 = 0,91$	$\hat{Y}_4 = 48,57 - 1,76 X$	$R^2 = 0,70$
$\hat{Y}_6 = 6,19 - 0,20 X$	$R^2 = 0,96$	$\hat{Y}_6 = 69,14 - 2,57 X$	$R^2 = 0,94$
$\hat{Y}_8 = 6,32 - 0,15 X$	$R^2 = 0,96$	$\hat{Y}_8 = 73,86 - 1,46 X$	$R^2 = 0,58$
$\hat{Y}_m^{(1)} = 5,67 - 0,19 X$	$R^2 = 0,94$	$\hat{Y}_m^{(1)} = 48,00 - 1,93 X$	$R^2 = 0,97$

<sup>(1)</sup> Valores médios.

**Quadro 5. Valores de pH, saturação por bases (V) e Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> nas camadas de 0-0,2, 0,2-0,4 e 0,6-0,8 m de solo Glei Pouco Húmico, dez anos após a aplicação dos tratamentos de calcário. Dados médios de quatro repetições**

Tratamento	pH em água (1:2,5)				V %				Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8
t ha <sup>-1</sup>												
0	3,8 e	4,2 c	4,2 c	4,2 b	6 e	9 c	17 b	18 b	5 e	6 c	12 c	12 a
2	4,1 d	4,4 b	4,3 bc	4,2 b	17 d	17 b	19 b	19 ab	19 d	14 b	13 bc	13 a
4	4,5 c	4,5 ab	4,4 ab	4,2 b	32 c	20 b	20 b	19 ab	39 c	17 b	14 bc	13 a
6	4,9 b	4,5 ab	4,5 a	4,3 a	47 b	26 a	22 ab	20 ab	56 b	25 a	17 ab	14 a
8	5,2 a	4,6 a	4,5 a	4,4 a	56 a	29 a	26 a	22 a	64 a	26 a	19 a	14 a

Valores de cada parâmetro com as mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

sucessivos. Essa relação foi semelhante à observada anteriormente na primeira fase deste trabalho (Miranda, 1993), embora se observe que para uma mesma saturação por bases, por exemplo de 50%, o pH em água seria de 5,4 enquanto, pela equação obtida anteriormente, esse pH seria de 5,6.

## CONCLUSÕES

1. No solo Glei Pouco Húmico, a calagem apresentou efeito residual pelo menos até o sétimo ano da aplicação do calcário.

2. A produtividade relativa máxima, para a média de quatro cultivos de milho e três cultivos de soja em sucessão, foi obtida com a saturação por bases do solo de 42% para o milho e 38% para a soja.

3. Após dez anos da aplicação do calcário, ocorreram alterações significativas nos valores de pH em água, saturação por bases e cálcio e magnésio trocáveis, no perfil do solo, até à profundidade de 0,6 m.

4. A partir do quarto ano de aplicação do calcário, a perda anual média de cálcio + magnésio trocáveis do solo nos tratamentos com calcário foi cerca de 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

## LITERATURA CITADA

- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A. & CANTARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B.van ; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p.187-203 (Boletim Técnico, 100).
- AZEVEDO, A.C.; KAMPF, N. & BOHNEN, H. Alterações na dinâmica evolutiva de Latossolo Bruno pela calagem. R. Bras. Ci. Solo, 20:191-198, 1996.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van & CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p.43-71 (Boletim Técnico, 100)
- CAMARGO, A.P.; RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; ROCHA, T.R.; NAGAI, V. & MASCARENHAS, H.A.A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. Pesq. Agropec. Bras., 17:1007-1012, 1982
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Relatório Técnico Anual 1980-1981. Planaltina, 1982. p.47-49.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.
- ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L. & OLIVEIRA, L.C. Increase of grain and green matter of corn by liming. R. Bras. Ci. Solo, 22:275-280, 1998.
- LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. & OLIVEIRA, M.N. Resposta da soja a molibdênio em diferentes níveis de pH do solo. R. Bras. Ci. Solo, 13:45-49, 1989.
- MIELNICZUK, J. Economicidade da calagem. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C. & SILVA, N.M., eds. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.62-77.
- MIRANDA, L.N. Resposta da sucessão soja-trigo a doses e modos de aplicação de calcário em solo Glei Pouco Húmico. R. Bras. Ci. Solo, 17:75-82, 1993.
- MIRANDA, L.N.; MIELNICZUK, J. & LOBATO, E. Calagem e adubação corretiva. In: MARCHETTI, D. & MACHADO, A.D., coords. Cerrado, uso e manejo. Anais. Brasília, Editerra, 1980. p.523-591.
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II – Efeito residual. R. Bras. Ci. Solo, 6:113-118, 1982.
- QUAGGIO, J.A.; SAKAI, M.; ISHIMURA, I.; SAES, L.A.A. & BATAGLIA, O. Calagem para a rotação feijão-milho verde em solo orgânico do vale do rio Ribeira de Iguape (SP). R. Bras. Ci. Solo, 9:255-261, 1985
- 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.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P. & SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. R. Bras. Ci. Solo, 6:33-37, 1982.
- SAS Institute. Statistical analysis systems user's guide: Versão 6, 4.ed., v.1. Cary, NC, 1989.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. & CASTRO, L.H.R. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. R. Bras. Ci. Solo, 13:193-198, 1989.
- VILELA, L.; SILVA, J.E.; RITCHEY, K.D. & SOUSA, D.M.G. Potássio. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Editora Nobel, Brasília, EMBRAPA: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1986. p.203-222.