

# VI. ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## ENSAIO DE LONGA DURAÇÃO COM CALCÁRIO E CLORETO DE POTÁSSIO NA CULTURA DO ALGODOEIRO <sup>(1)</sup>

NELSON MACHADO DA SILVA <sup>(2,4)</sup>, LUIZ HENRIQUE CARVALHO <sup>(2,4)</sup>  
e JOSÉ ANTONIO QUAGGIO <sup>(3,4)</sup>

### RESUMO

Decorridos cinco anos de um ensaio de calagem e adubação potássica do algodoeiro, em latossolo roxo distrófico do município de Guaíra (SP), reaplicou-se o calcário nas mesmas doses da primeira fase (0, 2, 4 e 6 t/ha). Utilizou-se o calcário dolomítico com 25,3% de CaO, 19,9% de MgO e 68% de PRNT. O potássio foi aplicado em subparcelas nas doses anuais de 0, 50, 100 e 150 kg/ha de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio. Fez-se, anualmente, a adubação com N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e B nas doses respectivas de 60, 100 e 1,5 kg/ha. O efeito da calagem no aumento dos valores de pH e da saturação por bases da camada arável do solo foi imediato, havendo, no entanto, um decréscimo nos valores desses índices após o segundo ano e um retorno aos níveis da fase anterior. Concomitantemente, a lixiviação de Ca e de Mg foi acentuada a partir do segundo ano após a reaplicação do calcário. O efeito do potássio na produção de algodão foi mais evidente com a calagem. Sintomas de sua deficiência foram observados nas plantas das parcelas com calcário e sem adubação potássica. Na ausência de calagem, a dose máxima de potássio provocou injúria nas plantas. O índice de 90% da produtividade máxima esperada foi alcançado em presença da adubação potássica e quando a saturação por bases aumentou até 60% na camada arável e 40% nas profundidades de 20-40 cm e 40-60 cm.

**Termos de indexação:** algodão; calagem e potássio; interações e análise do solo.

### ABSTRACT

#### LONG TERM TRIAL WITH LIMESTONE AND POTASSIUM ON COTTON CROP

A long term split-plot field trial with cotton was initiated in 1976, with four limestone rates (0, 2, 4 and 6 t/ha) in the main plots and four yearly applied rates of potassium in the subplots (0, 50, 100, 150 kg/ha of K<sub>2</sub>O as KCl), in a Distrofic Dusk Red Latosol, at Guaíra, State of São Paulo, Brazil. After five years liming

---

<sup>(1)</sup> Trabalho apresentado na IV Reunião Nacional de Algodão, Belém (PA), em outubro de 1986. Recebido para publicação em 23 de novembro de 1994 e aceito em 30 de junho de 1995.

<sup>(2)</sup> Seção de Algodão, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

<sup>(3)</sup> Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. IAC.

<sup>(4)</sup> Com bolsa de pesquisa do CNPq.

was reapplied. The soil pH and base saturation in the plow layer increased fastly after re-liming, and decreased down to previous rates two years later, due to an intensive Ca and Mg leaching to the subsoil layers. Potassium effect on cotton yield was more evident with liming. Potassium deficiency symptoms were noted in plants from the limed plots with no K-fertilization. In the absence of liming, the highest K rate promoted plant injury. A 90% index of the maximum expected yield was reached in presence of K-fertilization and when the soil base saturation increased up to 60% in the plow layer and 40% in the subsoil layers (20-40 and 40-60 cm depths).

**Index terms:** cotton; liming and potassium; interactions and soil analyses.

## 1. INTRODUÇÃO

Na cultura do algodoeiro, é freqüente a repetição da calagem após alguns anos de cultivo em solos tropicais ácidos. Silva et al. (1980), trabalhando em solo com 66% de argila na camada arável, re-aplicaram o calcário no quinto ano de estudo, em face da reacidificação do solo. Na segunda etapa, a lixiviação de bases (Ca + Mg) destacou-se, com conseqüente aumento do pH em profundidade e maior aproveitamento do fósforo natural em função da correção da acidez do solo (Silva et al., 1987).

Em solo com menor teor de argila (47%), Silva et al. (1984) observaram, no terceiro ano após a calagem, que a lixiviação de bases foi intensa, principalmente a de Mg. Neste trabalho, discute-se o que ocorreu após a reaplicação do corretivo, que se deu no sexto ano de estudo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Em maio de 1981, repetiu-se a calagem nas parcelas experimentais do ensaio de longa duração, mantido desde 1976 com o algodoeiro em latossolo roxo distrófico com 47% de argila na camada arável, do município de Guaíra (SP). Utilizou-se calcário dolomítico com 25,3% de CaO, 19,9% de MgO e 68% de PRNT, tendo sido aplicadas as mesmas doses da primeira calagem, a saber: 0, 2, 4 e 6 t/ha. Como na fase anterior, o efeito do corretivo sobre as características do solo foi acompanhado por análises de amostras colhidas periodicamente, nas parcelas, durante cinco anos sucessivos.

O cloreto de potássio continuou a ser usado nas doses de 0, 50, 100 e 150 kg/ha/ano de K<sub>2</sub>O, nas

subparcelas do ensaio delineado em parcelas subdivididas com distribuição em blocos ao acaso, com quatro repetições. Nos dois primeiros anos, semeou-se a variedade IAC 18 e, nos demais, a 'IAC 20'. Além de K<sub>2</sub>O, a adubação básica anual de plantio constou de 10-100 e 1,5 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e B, respectivamente, fornecidos como sulfato de amônio, superfosfato simples e bórax.

A maior dose de cloreto de potássio foi aplicada parceladamente: 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O no plantio e 50 kg/ha em cobertura, junto com sulfato de amônio (50 kg/ha de N).

Efetuaram-se amostragens de solo nas parcelas, fora da faixa de adubação, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, no primeiro ano após a segunda calagem, e de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, nos demais anos.

Realizou-se a colheita do algodão nas linhas centrais da parcela experimental, composta por quatro linhas de 5 m cada uma, espaçadas de 0,80 m. Foram feitas análises da variância dos dados de produção e dos resultados de análises de solo, assim como estudo de correlação entre os referidos parâmetros.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise química do solo

Com a reaplicação do calcário, notou-se, nas análises superficiais do solo, imediata elevação no índice pH em CaCl<sub>2</sub> - Figura 1. No terceiro ano, entretanto, ocorreu uma queda drástica nos valores desse índice, os quais, a partir de então, mantiveram-se mais ou menos constantes e próximos aos da fase anterior até o final do estudo (Silva et al., 1984).

Na profundidade de 20-40 cm, o decréscimo do pH mostrou-se acentuado já no segundo ano; nos anos subsequentes, manteve-se estável, sobretudo nas doses mais altas de calcário. Na camada de 40-60 cm, por sua vez, observou-se, nas parcelas calcariadas, certo aumento do pH, proporcional ao tempo; no final, os valores mostraram-se equivalentes aos observados na camada imediatamente superior. O tratamento testemunha, sem calcário, apresentou gradativo aumento na acidez do solo, principalmente nas camadas mais superficiais.

Silva et al. (1987), trabalhando em solo com 66% de argila, também observaram, aos dois-três anos da segunda calagem, decréscimo do pH na camada arável, enquanto, na profundidade de 20-40 cm, detectou-se aumento nos valores desse índice, atribuindo-o à lixiviação de bases. No presente estudo, essa perda parece ter sido mais intensa. Com efeito, oito meses após a segunda calagem, os teores de Ca + Mg na camada 20-40 cm mostravam-se mais elevados nos tratamentos com calcário do que na fase anterior (Figura 2). Por outro lado, aos vinte meses, esses valores diferiam da camada imedia-

tamente inferior, de 40-60 cm. A lixiviação de bases, muito intensa superficialmente do segundo para o terceiro ano, parece ter-se acentuado com o tempo de estudo, conforme indicam os aumentos de Ca + Mg através do perfil do solo, nos últimos anos.

No quadro 1, encontram-se os valores médios da saturação por bases (V%) que, a exemplo do índice pH (Figura 1), revelam a melhoria subsuperficial do solo em termos de correção da acidez proporcionada pela calagem. Assim, no primeiro ano da reaplicação do calcário (1981/82), já se notava efeito significativo da calagem no aumento dos valores de V% das camadas mais superficiais. Ao aprofundar a amostragem, observou-se que fato semelhante ocorria na faixa de 40-60 cm (1982/83), tendo-se mantido essa condição até o final do estudo (1985/86). Quaggio et al. (1982) consideram a lixiviação de bases como a principal causa de diminuição no efeito residual da calagem; inferem, por outro lado, que a conseqüente melhoria subsuperficial poderia possibilitar maior aproveitamento de água e de nutrientes, pelo aprofundamento do sistema radicular.

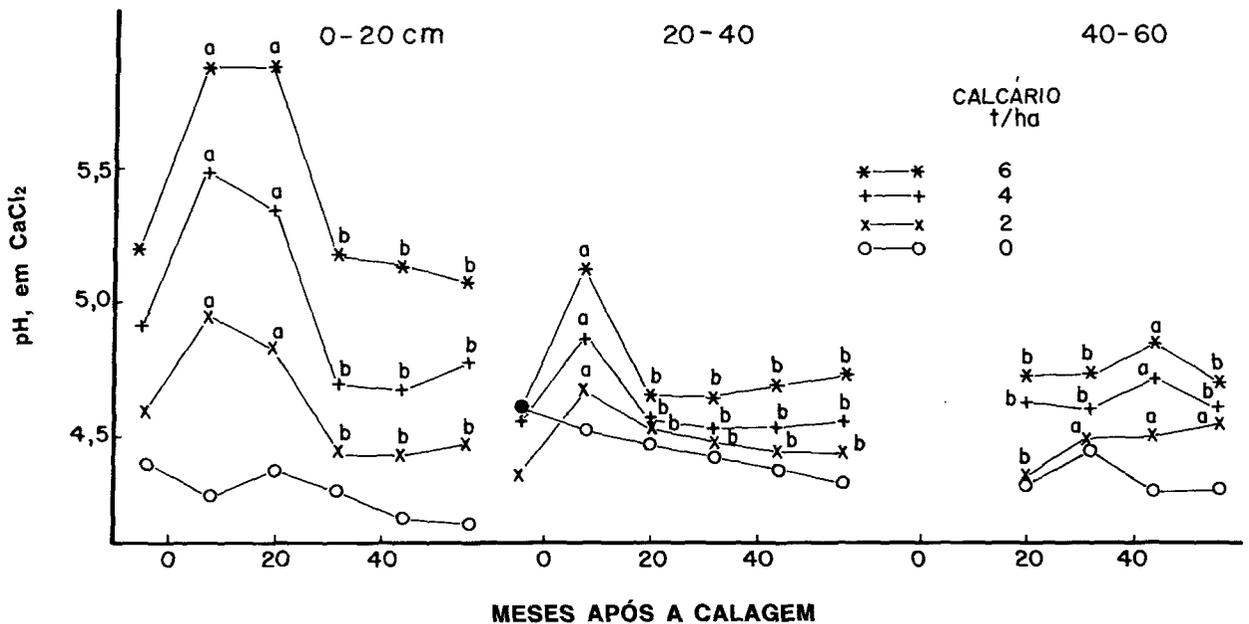


Figura 1. Variações nos valores do pH em CaCl<sub>2</sub> do solo, em função da segunda calagem, observadas nos cinco anos de semeaduras sucessivas do ensaio com o algodoeiro. Médias seguidas de letras iguais, no sentido horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Ainda no quadro 1, pode-se notar que os valores máximos de V%, matematicamente esperados para a camada superficial, nunca foram alcançados. Na primeira fase, por exemplo, a despeito de o calcário utilizado apresentar PRNT apenas de 52% (Silva et al., 1984), a maior dosagem (4 e 6 t/ha) deveria elevar a saturação para faixa acima de 60%, o que efetivamente não ocorreu.

A ação do corretivo foi lenta, proporcionando os melhores resultados de V% a partir do terceiro ano (1978/79), índices que se mantiveram constantes até a calagem seguinte, efetuada em 1981. Só foi possível atingir níveis adequados de V%, mediante reaplicação do calcário (PRNT = 68%) na dosagem máxima.

A saturação por bases nas parcelas correspondentes, no entanto, já se encontrava na faixa de 44 a 54% (1980/81), por ocasião dessa calagem. No final do estudo (1985/86), a camada superficial tornou a apresentar valores de saturação muito próximos aos da etapa anterior, o que denota baixo efeito residual da segunda calagem.

### 3.2 Produtividade do algodoeiro

Da análise do quadro 2, depreende-se que a reaplicação do calcário concorreu para aumentar significativamente a produtividade das plantas, em especial nos dois primeiros anos. O efeito do potássio, por sua vez, foi sempre de natureza quadrática, principalmente após o oitavo ano (1984/85) de acúmulo da adubação no sulco, com cloreto. A despeito do prejuízo causado pelo excesso de sal, ocorrido nas parcelas com dose máxima de adubo, a resposta média do algodoeiro ao potássio, em termos de produtividade, foi maior quando em presença da calagem - Figura 3. Confirmam-se, assim, os resultados da primeira fase desse estudo (Silva et al., 1984), por meio dos quais pode-se demonstrar que a reação das plantas ao potássio se associa ao aumento de outras bases no solo, tendência já indicada em trabalhos de Freitas et al. (1966), Fuzatto & Ferraz (1967) e Silva et al. (1971). De modo semelhante, o efeito médio da calagem se destacou, também, quando em presença de adequada adubação potássica (100 kg/ha de  $K_2O$ ) - Figura 4.

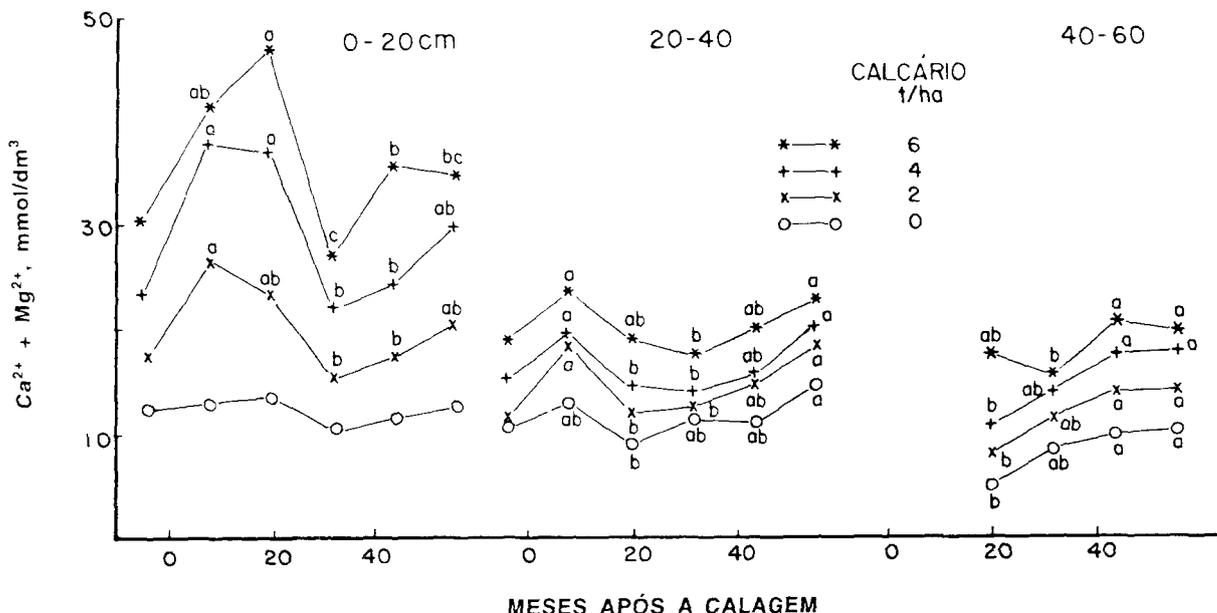


Figura 2. Variações nos valores de Ca + Mg das análises do solo, em função da segunda calagem, observadas nos cinco anos de semeaduras sucessivas do ensaio com o algodoeiro. Médias seguidas de letras iguais, no sentido horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na curva de resposta obtida em ausência de potássio, nota-se que a repetição da calagem na dosagem maior (4 e 6 t/ha) poderia acarretar prejuízos em face dos poucos acréscimos de produtividade proporcionados. Nas parcelas bem calcariadas, mas não adubadas, pode-se observar, durante a fase de frutificação, o aparecimento de sintomas típicos de "fome de potássio". Nas folhas da parte inferior ("baixeiro"), ou média das plantas, notou-se, de inf-

cio, uma clorose internerval, que, com o tempo, evoluiu para uma coloração bronzeada e depois parada - Figura 5. Os sintomas deslocaram-se, paulatinamente, para as partes mais novas do algodoeiro, enquanto as folhas velhas, deficientes, começavam a secar. Houve, então, queda prematura da folhagem e um adiantamento na abertura das maçãs, com prejuízo para o peso total do algodão e para a qualidade do produto.

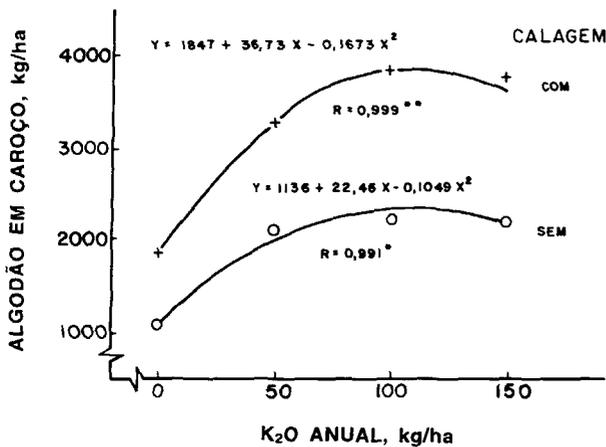


Figura 3. Influência da adubação potássica anual sobre a produção de algodão em caroço (kg/ha), em solo com 6 t/ha de calcário e sem calcário; médias de cinco anos sucessivos, após a segunda calagem.

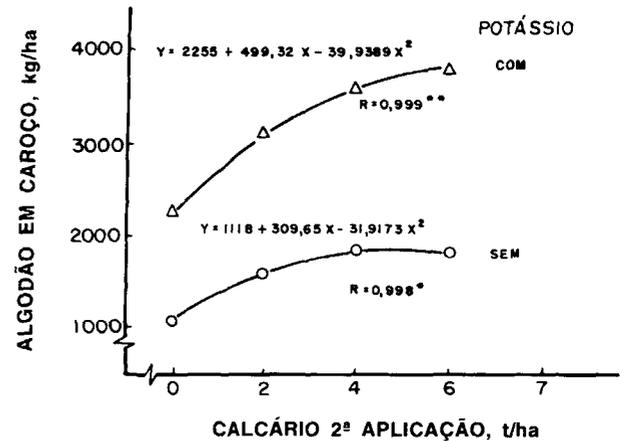


Figura 4. Influência da reaplicação do calcário sobre a produção de algodão, na ausência e na presença de adubação potássica anual (100 kg/ha de K<sub>2</sub>O); médias de cinco anos sucessivos.

Quadro 1. Resultados médios da saturação por bases (V%) obtidos em análise de amostras coletadas nas parcelas do ensaio de longa duração de calagem e adubação potássica com o algodoeiro em Guaíra (SP)

Calcário <sup>(1)</sup>	Saturação por bases (V%)										
	1. <sup>a</sup> Fase			2. <sup>a</sup> Fase							
	76/77	78/79	80/81	81/82		82/83			85/86		
	0-20 <sup>(2)</sup>		0-20	20-40	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	
t/ha	%										
0	29	23	25	21c <sup>(3)</sup>	26c	25c	29b	14c	28b	30b	26b
2	35	32	34	41b	34bc	46b	28b	24b	38ab	35ab	34ab
4	36	44	44	57ab	39ab	62a	30b	26b	46ab	39ab	39ab
6	47	53	54	61a	44a	72a	38a	37a	58a	44a	41a

<sup>(1)</sup> Primeira calagem, em 1974; segunda, em 1981. <sup>(2)</sup> Profundidade de amostragem do solo, em cm. <sup>(3)</sup> Teste de Tukey, a 5%, no sentido vertical; na 1.<sup>a</sup> fase, não houve análise estatística.

Quadro 2. Resultados de produção de algodão em caroço (kg/ha), obtidos por tratamento e por ano após a segunda calagem, em ensaio de longa duração de Guaíra (SP)

Calcário ( <sup>1</sup> ) Dose "F"-L ( <sup>3</sup> )	K <sub>2</sub> O, kg/ha ( <sup>2</sup> )					Média	"F"-Q ( <sup>3</sup> )
	0	50	100	150			
	kg/ha						
t/ha	1981/82, CV = 15,7%						
0	819	1585	1844	1535	1445		
2	1413	2338	2379	2513	2160		
4	1666	2723	3100	3166	2664		
6	1279	2748	3148	3235	2601		
Média 55,90**	1294	2348	2618	2611	--	37,22**	
	1982/83, CV = 10,5%						
0	1169	1944	2113	1925	1788		
2	1835	2585	3260	3325	2751		
4	2098	3641	3969	3973	3420		
6	2254	3713	4166	4300	3608		
Média 49,95**	1839	2970	3376	3880	--	55,60*	
	1983/84, CV = 12,18%						
0	1241	2213	2391	2441	2071		
2	1735	2619	3160	3344	2714		
4	2088	3035	3523	3379	3005		
6	1929	3441	3863	3706	3235		
Média 21,38**	1748	2826	3233	3218	--	43,38**	
	1984/85, CV = 15,1%						
0	948	2385	2569	2513	2104		
2	1488	2631	3125	3241	2621		
4	1623	2925	3619	3166	2833		
6	1579	3138	3823	3344	2970		
Média 13,76**	1409	2770	3284	3066	--	63,38**	
	1985/86, CV = 16,4%						
0	1366	2263	2344	2441	2104		
2	1713	3063	3581	2854	2803		
4	1619	3388	3819	3241	3016		
6	2138	3444	4075	3425	3270		
Média 21,19**	1709	3039	3455	2990	--	61,03**	

(<sup>1</sup>) Primeira calagem, em 1974; segunda, em 1981. (<sup>2</sup>) Quantidades aplicadas anualmente, como cloreto de potássio. (<sup>3</sup>) Valores de "F" significativos: L, linear; Q, quadrático.

Como nas parcelas adubadas não ocorreu sintoma de deficiência, decidiu-se avaliar o efeito da calagem na presença de potássio. Para tanto, efetuou-se um estudo de correlação entre os valores da saturação por bases (V%), determinada nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e os dados médios de produção correspondentes às três doses do nutriente. A fim de corrigir os efeitos do ano agrícola sobre a produtividade do algodoeiro, utilizou-se a produção relativa representada pela porcentagem da maior média de produção de cada safra. As curvas obtidas encontram-se na figura 6.

A correlação foi maior no estudo da camada superficial (Figura 6A), onde se concentra a quase totalidade das raízes absorventes do algodoeiro e o calcário costuma ser mais eficaz. Note-se que, em condições de alta acidez do solo, com análise da amostra superficial indicando valores de V% entre 15 e 20, seria possível atingir pouco mais da metade da máxima produção esperada; esse índice se elevaria para 75%, em condições de mediana correção (V = 40%), enquanto o valor de 90% da máxima produção só se alcançaria com a elevação da saturação para cerca de 60%. Na camada de 20-40 e 40-60 cm, o valor de V% adequado estaria pouco acima de 40 - Figura 6B e C.



Figura 5. Sintomas de deficiência de potássio observados em parcelas experimentais calcariadas e não adubadas com potássio, em ensaio de longa duração com o algodoeiro.

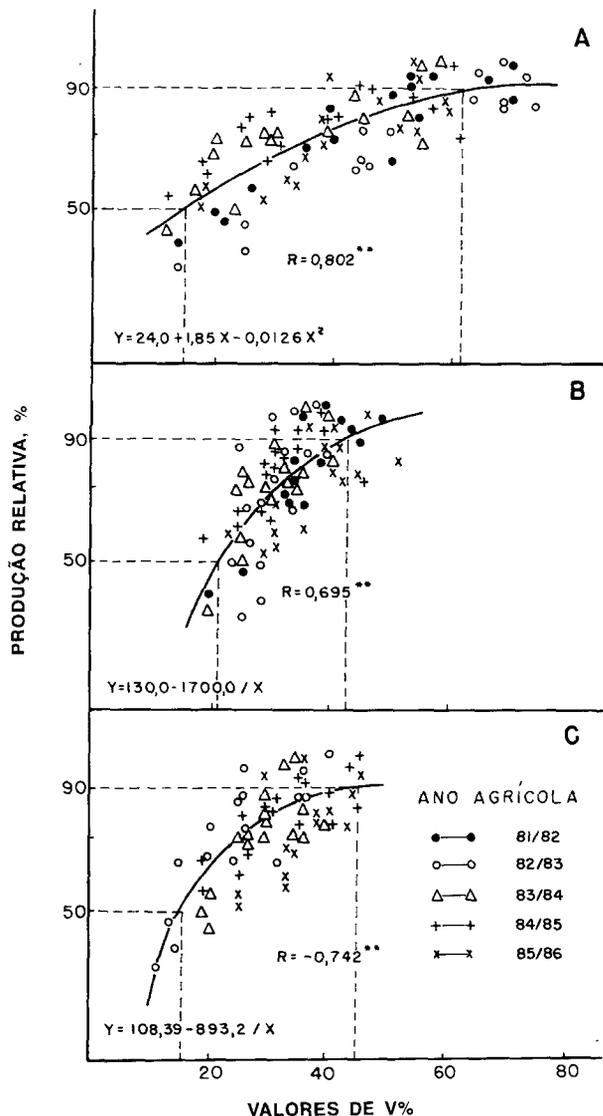


Figura 6. Relação entre a produção relativa (PR), calculada por ano agrícola em função da maior produtividade observada, e a saturação por bases (V%) das análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0-20 cm (A), 20-40 cm (B) e 40-60 cm (C), nas parcelas do ensaio de longa duração de calagem e adubação potássica com o algodoeiro, em Guaíra (SP).

#### 4. CONCLUSÕES

1. As bases Ca e Mg incorporadas em calagens sucessivas tenderam a percolar para as camadas mais profundas do solo, com o aumento das doses de calcário aplicadas.

2. Embora a saturação por bases da camada arável não tenha atingido os valores esperados com a reaplicação do calcário, a correção subsuperficial concorreu para a boa produção do algodoeiro.

3. As plantas responderam melhor à calagem quando em presença de adequada adubação potássica e vice-versa.

4. A aplicação de dose alta de potássio (150 kg/ha de  $K_2O$ ) no sulco de semeadura conduziu a decréscimos na produtividade do algodoeiro.

5. Na presença de potássio, as faixas adequadas de saturação por bases (V%) estiveram em torno de 60% e 40%, respectivamente, para análises de amostras superficiais (0-20 cm) e mais profundas (20-40 e 40-60 cm).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FREITAS, L.M.M.; McCLUNG, A.C. & PIMENTEL GOMES, F. Determinação das áreas deficientes em potássio para a cultura de algodão. *Fertilité*, Paris, **26**:37-47, 1966.

FUZATTO, M.G. & FERRAZ, C.A.M. Correlação entre o efeito da adubação potássica no algodoeiro e a análise química do solo. *Bragantia*, Campinas, **26**(26):345-352, 1967.

QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & BATALIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em latossolo roxo distrófico de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, **6**(2):113-124, 1982.

SILVA, N.M. *Importância da seleção de gleba para estudos de adubação do algodoeiro*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1971. 11p. (Projeto BNDE/ANDA/CIA. Publicação, 8)

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; HIROCE, R. & KONDO, J.I. Resposta do algodoeiro à aplicação de calcário e de cloreto de potássio. *Bragantia*, Campinas, **43**(2):643-658, 1984.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; HIROCE, R. & QUAGGIO, J.A. A calagem na reação do algodoeiro à adubação com superfosfato simples. *Bragantia*, Campinas, **46**(2):381-396, 1987.

SILVA, N.M.; FERRAZ, C.A.M.; RODRIQUES FILHO, F.S.O. & HIROCE, R. Emprego de calcário e de superfosfato simples na cultura do algodoeiro em solo argiloso ácido. *Bragantia*, Campinas, **39**(6):39-50, 1980.