

EFEITOS DA CALAGEM E DA ADUBAÇÃO BORATADA
SOBRE O ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* L.) CULTIVADO
EM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO-FASE ARENOSA

LUIZ HENRIQUE CARVALHO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. MOACYR DE O. C. DO BRASIL SOBRINHO

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Solos e Nutrição de
Plantas.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1980

À meus pais,

Laura e Nicanor de Carvalho

com gratidão e amor,

DEDICO

A meus irmãos

Nicanor e Arnaldo,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

O autor expressa os seus sinceros agradecimentos:

. Ao Professor Dr. Moacyr de Oliveira Camponez do Brasil Sobrinho e ao Dr. Nelson Machado da Silva, pela valiosa orientação e sugestões apresentadas na realização e confecção do presente trabalho.

. Ao Professor Dr. Guido Ranzani, pela colaboração inicial.

. Aos colegas de trabalho Drs. Imre Lajos Gridi-Papp, Milton Geraldo Fuzatto, Edivaldo Cia, Ederaldo José Chiavegato, pelo estímulo e colaboração.

. Ao Dr. Nelson Paulieri Sabino, Dr. Antonio Roque Dechen, Dr. Ruther Hiroce e M.S. Edson José de A. Leme, pelas análises efetuadas.

. Aos Eng^{os} Agr^{os} Antonio de Carvalho, Carlos G. do Santos Côrtes, Dr.^a Nilva T. Teixeira e M.S. Nilza T. Leite, pelas sugestões.

. À Sr.^{ta} Valéria Cristina K. Vieira e Nelci T. Leite pelos serviços de datilografia.

. Aos Funcionários da Seção de Algodão do Instituto Agronômico e a todos que direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
1. RESUMO.....	1
2. INTRODUÇÃO.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
3.1. Disponibilidade do boro no solo.....	6
3.1.1. Textura do solo.....	6
3.1.2. Matéria orgânica.....	7
3.1.3. Reação do solo e uso de corretivo.....	8
3.1.4. Umidade.....	9
3.2. Sintomas de deficiência de boro no algodoeiro...	10
3.2.1. Flores e frutos.....	11
3.2.2. Folhas e pecíolos.....	11
3.3.3. Ramo principal.....	12
3.3. Sintomas de toxicidade.....	12
3.4. Efeitos da aplicação de boro.....	13
3.5. Efeitos da calagem.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1. Dados ambientais.....	18
4.1.1. Localização do ensaio.....	18
4.1.2. Solo.....	18
4.1.3. Clima.....	20
4.2. Delineamento experimental.....	20
4.3. Determinação da necessidade de calagem.....	22
4.4. Aplicação de corretivo e adubos.....	22
4.5. Semeação e desbaste.....	23
4.6. Cultivos e combate às pragas.....	24

	Página
4.7. Colheita dos canteiros experimentais.....	24
4.8. Preparo da amostra e estudos gerais.....	25
4.9. Análise estatística.....	26
4.10. Análise econômica.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1. Resultados de produção.....	32
5.1.1. Efeitos da calagem.....	32
5.1.2. Efeitos do boro.....	35
5.2. Resultados econômicos.....	37
5.2.1. Efeito da calagem.....	37
5.2.2. Efeito do boro.....	39
5.3. Altura das plantas e características do capulho e da fibra.....	41
5.3.1. Efeitos da calagem.....	41
5.3.2. Efeitos do boro.....	41
5.4. Sintomas de deficiências e de toxicidade de boro.	42
6. CONCLUSÕES.....	51
7. SUMMARY.....	53
8. LITERATURA CITADA.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela nº	Página
1. Resultados da análise química do solo, efetuada em amostra composta extraída da gleba experimental, antes da aplicação do calcário.....	19
2. Resultados da análise granulométrica do perfil do solo, na gleba experimental.....	19
3. Tratamentos estudados compreendendo um esquema fatorial 3 x 4 para calcário x boro.....	21
4. Esquema da análise individual de variância utilizada no estudo dos dados obtidos no ensaio de calagem e da adubação boratada do algodoeiro, com três níveis de calcário (Ca) e quatro níveis de boro (B).....	27
5. Médias de produção de algodão em caroço (kg/ha) obtidos nos anos-agrícolas 1977/78 e 1978/79, resultados de altura das plantas (cm), peso de 1 capulho (g), peso de 100 sementes (g) e do comprimento de fibra (mm) obtidos no segundo ano 1978/79, e dados de análises de variância dos ensaios de calagem e da adubação boratada.....	31
6. Resultados médios de produção de algodão em caroço, em kg/ha e de análise da variância, obtidos no primeiro ano (1977/78) no ensaio de calagem e de adubação boratada.....	33
7. Resultados médios de produção de algodão em caroço, em kg/ha e de análise da variância, obtidos no segundo ano (1978/79) no ensaio de calagem e de adubação boratada.....	34

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura nº	
1. Representação gráfica da equação de regressão quadrática entre Receita líquida relativa (\hat{Y}), calculada em função da produção média de algodão em caroço obtida em 1977/78 e 1978/79 e doses de calcário (x), na presença e na ausência de boro.....	38
2. Representação gráfica da equação de regressão quadrática entre Receita líquida relativa (\hat{Y}), calculada em função da produção média de algodão em caroço obtida em 1977/78 e 1978/79 e doses de boro (x), nos diferentes níveis de calcário.....	40
3. Sintoma de deficiência de boro: excessiva vegetação do algodoeiro em parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.....	43
4. Sintoma de deficiência de boro: planta com "baixeiro" verde e "ponteiro" clorótico com internódios curtos e tendência para superbrotamento. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.....	44
5. Sintoma de deficiência de boro: "ponteiro" clorótico, com folhas novas enrugadas. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.....	45
6. Sintoma de deficiência de boro: rachadura do caule principal, na base de um nó superbrotado. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.....	46

7. Sintoma de deficiência de boro: flor com corola atrofiada e pétalas com extremidades voltadas para dentro. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro..... 48
8. Sintoma de deficiência de boro: necrose interna na base dos frutos. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro..... 49

1. RESUMO

O comportamento do algodoeiro face à calagem e à adubação boratada foi estudado durante dois anos, em um ensaio de campo de caráter permanente, conduzido em solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa, com pH na faixa de 5,7, no município de Leme, (21° 12' latitude sul e 47° 22' de longitude oeste), Estado de São Paulo.

Adotou-se o delineamento de parcelas subdivididas, com seis repetições distribuídas em blocos ao acaso, contendo três níveis de calcário dolomítico (0, 3 e 6 t/ha) nas parcelas e quatro níveis de boro (0, 0,75, 1,5 e 2,25 kg/ha de B) nas subparcelas. O calcário foi aplicado no primeiro ano enquanto a adubação mineral foi repetida anualmente. Foi usada a variedade paulista 'IAC 17' e os efeitos dos tratamentos foram avaliados em termos do desenvolvimento das plantas, da produção de algodão em caroço e de certas características do produto algodoeiro.

Os resultados obtidos nos dois anos agrícolas (1977/78 e 1978/79), permitiram as seguintes conclusões:

a) Houve efeito benéfico da calagem na produção do algodoeiro. Contudo, dose elevada do corretivo, na base de 6 t/ha, quando aplicado sem adubação com boro, provocou decréscimos na produção, já no segundo ano de cultivo;

b) Estudo econômico demonstrou que, na ausência de boro, a dose mais adequada de calcário situou-se em torno de 2,4 t/ha. Na presença de 1,5 kg/ha de boro, a dose mais econômica de calcário foi de 8,9 t/ha;

c) Parcelas não adubadas com boro, notadamente na presença de calcário, apresentaram plantas com sintomas típicos de deficiência de boro;

d) A aplicação de boro afetou favoravelmente a produção, quer na ausência quer na presença de calagem. Contudo, enquanto que na ausência do corretivo a dose mais econômica de boro foi de 1,1 kg/ha, na presença de 3 e 6 t/ha de calcário as doses mais econômicas de boro foram respectivamente de 1,3 e 1,4 kg/ha;

e) A dose de 2,25 kg/ha de boro mostrou-se excessiva já no primeiro ano de aplicação e, na média dos dois anos, deprimiu a produção, quando comparada às outras doses desse micronutriente;

f) No segundo ano do estudo verificou-se efeito benéfico da calagem sobre a altura das plantas, peso dos capulhos, peso das sementes e sobre o comprimento da fibra.

g) A aplicação de boro aumentou o peso dos capulhos, diminuiu o peso das sementes e a altura das plantas, devendo-se notar, neste último caso, que as plantas das parcelas sem boro, a despeito de serem mais altas, apresentavam-se com menor quantidade de frutos.

2. INTRODUÇÃO

A lavoura algodoeira do Estado de São Paulo tem evoluído, nos últimos anos, no sentido da mecanização total das práticas agrícolas, face, particularmente, à crescente escassez da mão-de-obra rural. Surgiu, assim, a necessidade de utilização preferencial de áreas planas ou pouco declivosas, com frequência encontradas em solos de baixa fertilidade natural e de acentuada acidez, comumente denominados "cerradão", "cerrado" e "de campo".

A recuperação dessas terras para a agricultura tem sido efetuada com o uso de corretivo de acidez, muitas vezes em quantidades elevadas. A calagem é uma prática necessária na cultura do algodoeiro, que se enquadra entre as plantas de grande sensibilidade à acidez do solo, conforme *FUZATTO (1965 a)*. *SILVA et alii (1979 a)*, no entanto, se referem ao uso maciço de calcário e de fertilizantes comerciais em solos ácidos e pobres, como fator que pode favorecer o aparecimento

de problemas nutricionais de boro no algodoeiro. *PURVIS e DAVIDSON (1948)* e *HATCHER et alii (1967)* também apontam a grande interrelação entre a calagem e a adubação boratada.

Conforme descrição de *COSTA et alii (1976)* observou-se, na maior região produtora de algodão do Estado de São Paulo, a ocorrência de anomalias que em muito se assemelham a descrições anteriores de deficiência de boro. Tais distúrbios têm sido frequentes em culturas desenvolvidas em solos arenosos, com baixo teor de matéria orgânica, fator este que segundo *BERGER e TRUOG (1946)* pode ser responsável pela carência desse micronutriente.

Dada a necessidade de aplicação de corretivo e fertilizantes em larga escala, para o cultivo dos solos ácidos e pobres dessa região, projetou-se um estudo de calagem e adubação boratada, visando obter dados experimentais esclarecedores para o uso dessas práticas, notadamente quanto ao estabelecimento de doses mais adequadas de boro, na adubação do algodoeiro.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Disponibilidade do boro no solo

Diversos trabalhos experimentais têm demonstrado que a disponibilidade do boro no solo é função de uma série de propriedades tais como: textura, teor de matéria orgânica, pH e umidade ligadas à maior ou à menor presença de minerais primários.

3.1.1. Textura do solo

KUBOTA et alii (1948), trabalhando em vários tipos de solos, observaram que a lixiviação do boro aplicado como adubo aumentava com o teor de areia das terras estudadas. Trabalhos posteriores de *WILSON et alii (1951)*, *PAGE e PADEN (1954)*, *WEAR (1957)* e *WEAR e PATTERSON (1962)*, comprovaram o fato do boro se perder mais facilmente em solos de textura arenosa. Em consequência, culturas exigentes em boro, como

foi considerada a do algodoeiro (EATON, 1932), estarão mais sujeitas à deficiência desse elemento, nos solos arenosos.

BRASIL SOBRINHO (1965), estudando o teor de boro em diversos solos no município de Piracicaba e outras regiões do Estado de São Paulo concluiu, que os solos argilosos eram bem supridos enquanto os arenosos estudados se mostraram muito baixo no micronutriente. CASAGRANDE (1978), trabalhando no município de Piracicaba, encontrou correlação positiva e significativa entre os valores de boro total ou solúvel do solo e o teor de argila. HOROWITZ e DANTAS (1973), por sua vez, observaram tendência para acúmulo de boro nos horizontes mais argilosos de solos representativos da Zona da Mata, em Pernambuco.

3.1.2. Matéria orgânica

BERGER e TRUOG (1946), trabalhando em solos ácidos, encontraram correlação positiva e significativa entre o teor de boro solúvel em água quente e o de matéria orgânica.

OLSON e BERGER (1946) observaram que, com a oxidação da matéria orgânica, ocorria uma liberação significativa do micronutriente e um conseqüente decréscimo do boro ^{total} ~~potencial~~ fixado.

Segundo WILSON et alii (1951), a maior parte do boro disponível nos solos das regiões úmidas está contida na matéria orgânica. Dessa forma, uma vez que o algodão requer

pouca quantidade de B, a matéria orgânica poderia suprir o necessário, contanto que fosse encontrada em quantidade suficiente no solo e que o processo biológico de mineralização ocorresse normalmente.

PAGE e PADEN (1954) observaram em solos ácidos e não cultivados que a concentração de boro solúvel em água se relacionava mais com o teor de matéria orgânica do que com a textura ou com o pH do solo. Obtiveram boa correlação ($r = 0,86$) entre os teores de boro e de matéria orgânica do solo. Outros autores também observaram esta correlação, como *BRASIL SOBRINHO (1965)* e *HOROWITZ e DANTAS (1973)*, o que explica o fato do micronutriente ser encontrado mais abundantemente na parte superior do perfil do solo.

3.1.3. Reação do solo e uso de corretivo

Embora em alguns trabalhos como os de *OLSON e BERGER (1946)* e *KUBOTA et alii (1948)*, conduzidos em solos ácidos, não tenha sido observado um relacionamento claro entre a fixação de boro e os valores do índice pH do solo, é frequente a associação de problemas nutricionais da planta com a elevação do citado índice.

NAFTEL (1937), verificou que a calagem concorreria para diminuir o teor de boro solúvel em água de inúmeros solos, e que uma aplicação de grande quantidade de calcário pro-

vocava o aparecimento de sintomas de deficiência no algodoeiro. WEAR (1957) chegou a conclusões semelhantes.

PURVIS e DAVIDSON (1948), também observaram um decréscimo sensível na disponibilidade do micronutriente quando o pH se elevou em torno da neutralidade. Trabalhos de MIDGLEY e DUNKLEE (1939), PARMS e SHAW (1941), BERGER e TRUOG (1946), WEAR (1957), Long citado por HINKLE e BROWN (1968), REISNAWER *et alii* (1973) e SCOTT *et alii* (1975), confirmam que o uso de corretivos da acidez pode concorrer para a queda na solubilidade do boro. No entanto, a forma como isto se dá ainda não está claramente determinada. Enquanto MIDGLEY e DUNKLEE (1939), OLSON e BERGER (1946) admitem que o fenômeno de fixação seja de natureza química, HANNA e PURVIS (1941) *Katalymov*, citado por BRASIL SOBRINHO (1965), observaram que a calagem afeta a atividade microbiológica do solo incentivando aquela fixação.

3.1.4. Umidade

A influência da umidade sobre a disponibilidade de boro para o algodoeiro está estreitamente relacionada a outros fatores do solo. Assim, trabalhos de Lancaster *et alii* citado por HINKLE e BROWN (1968) e de SCOTT (1975), acusam a ocorrência de problemas nutricionais com boro, durante período de falta d'água, no algodoeiro cultivado em solos arenosos. Segundo TISDALE e NELSON (1961), em condições de

pouca umidade a intensidade de decomposição da matéria orgânica cai, sendo o problema tanto maior quanto menor o teor de matéria orgânica, ou seja, nos solos mais arenosos.

Por outro lado, em solos arenosos, chuvas excessivas podem promover deficiência em período seco posterior, devido à lixiviação de boro, conforme consideram *TISDALE e NELSON (1961)* e *MENGEL e KIRKBY (1978)*.

3.2. Sintomas de deficiência de boro no algodoeiro

São muitos os autores que descreveram os sintomas de deficiência de boro no algodoeiro, podendo-se citar *EATON (1932)*, *HOLLEY e DULIN (1939)*, *PAGE e BERGEAUX (1961)*, *LANCASTER et alii (1962)*, *MAPLES e KEOGH (1963)*, *SANFLUENTES (1966)*, *ROTHWELL et alii (1967)*, *HINKLE e BROWN (1968)*, *BRAUD et alii (1969)*, *OERTLI e ROTH (1969)*, *SARRUGE et alii (1973)*, *COSTA et alii (1976)* e *SILVA et alii (1979 a)*. Todavia, um maior detalhamento na descrição do quadro sintomatológico de carência, é encontrado principalmente em dois trabalhos, de *ROTHWELL et alii (1967)* e de *SILVA et alii (1979 a)*, cujas descrições são a seguir sumarizadas.

3.2.1. Flores e frutos

As flores de plantas deficientes costumam apresentar corola curta com a extremidade das pétalas dobradas no sentido do centro, sendo este, frequentemente, o primeiro sintoma visível em condições de campo. A natural mudança da cor amarela para carmim, que se dá dentro de 24 horas, normalmente, ocorre mais devagar em flores de plantas carentes. Os estames podem se apresentar necróticos e os pólenes com germinação reduzida. As brácteas são mais cloróticas, os botões florais abrem-se de forma deficiente e os nectários na base da flor tornam-se descoloridos.

Há queda em quantidade anormal de botões florais, flores e mesmo de pequenos frutos, perda esta que pode se antecipar à manifestação de qualquer outro sintoma.

Os frutos persistentes, no geral são de tamanho menor do que os de plantas normais, abrem mal, apresentam fibra manchada e necrose dos nectários. Uma fertilização incompleta da flor, proporciona aspecto de gancho a certos frutos.

3.2.2. Folhas e pecíolos

Um sintoma muito comum que aparece na fase de florescimento e frutificação, ou mesmo antes dela, é a presença nos pecíolos foliares, de anéis concêntricos de cor verde

escura, acompanhados de engrossamento do tecido, intensa pilosidade e necrose interna da medula. Podem surgir, também, rachaduras na superfície dos pecíolos, notadamente perto do limbo foliar.

Quando a deficiência ocorre no final do ciclo, as folhas velhas, situadas na parte inferior das plantas, mostram-se mais desenvolvidas e de coloração escura, enquanto as folhas novas, do ponteiro, são pequenas e cloróticas.

3.2.3. Ramo principal

Quando a deficiência de boro no solo é pequena, pode ocorrer um excessivo crescimento vegetativo, porém com frutificação inadequada. Em condições de severa carência, há atrofia do ponteiro, com possível morte da gema apical, e encurtamento dos internódios; as gemas do ramo principal brotam, ficando a planta com maior área foliar. Os nós da haste principal, apresentam-se, com frequência, intumescidos, com rachaduras em sua base. As plantas, muito ramificadas e improdutivas, retêm persistentemente as folhas.

3.3. Sintomas de toxicidade

Segundo *Eaton*, citado por *SEDBERRY (1969)*, os sintomas de toxicidade, quando ocorrem, são observados preferencialmente no limbo foliar, dada a tendência de acúmulo de

boro nas folhas do algodoeiro. *OERTLI e RICHARDSON (1970)* confirmam esta tendência, atribuindo ao fluxo unidirecional da corrente transpiratória, ou seja da raiz para a área basal das folhas, a explicação para a ausência de um retranslocamento significativo do micronutriente dentro da planta.

SILVA et alii (1979 a), trabalhando em casa-de-vegetação, observaram que altas doses de boro cedidas periodicamente ao algodoeiro, provocam o aparecimento nas folhas mais velhas de clorose marginal do limbo foliar, que penetra entre as nervuras, evoluindo ou não para crestamento do tecido. A parte necrosada pela toxicidade é de coloração amarelada intensa, sendo que as folhas secas se apresentam muito quebradiças ao tato, vindo a cair rapidamente. Sintomas semelhantes foram citados por *EATON (1932)*, *EATON (1935)*, *EATON (1944)* e *MAPLES (1963)*.

3.4. Efeitos da aplicação de boro

Embora possam ser relacionados muitos trabalhos sobre o uso de boro na cultura algodoeira, um número relativamente pequeno demonstra efeitos positivos dessa prática.

Um dos primeiros resultados positivos obtidos em condições de campo, foi relatado por *COLEMAN (1945)*, indicando um aumento médio de 140 kg/ha de algodão em caroço devido ao uso no solo de aproximadamente 1,2 kg/ha de B por ano,

durante 3 anos; esse aumento cresceu de 3% no primeiro ano para 13% no segundo e 26% no último ano. Já *Long* citado por *HINKLE e BROWN (1968)*, em ensaio permanente de adubação e calagem, observou que a aplicação ao solo de 0,56 kg/ha de B por ano, durante 2 anos, proporcionou acréscimos médios de até 1396 kg/ha (144%), na presença de calcário.

MILEY et alii (1969), por sua vez, demonstraram que o efeito do boro aplicado ao solo na dose de 1,7 kg/ha de B está muito relacionado à aplicação de nitrogênio, tendo obtido acréscimo de 45 kg/ha de algodão em caroço na ausência de N e de, aproximadamente, 300 kg/ha, na presença.

SEDBERRY et alii (1969), conduzindo 59 experimentos de campo, obtiveram efeito positivo da adubação boratada em apenas 3 ensaios, instalados em solos arenosos; o aumento médio de produção observado, nesses casos, foi de 460 kg/ha de algodão em caroço, com o uso de 1,1 kg/ha de B, aplicados em cobertura, no solo. Já *MURPHY e LANCASTER (1971)* conseguiram efeito significativo em um terço dos seis ensaios conduzidos em campo, com aumento de produção de 417 kg/ha devido a dose equivalente de boro. *FRITZ (1971)* constatou fato semelhante, ou seja, efeito destacado do micronutriente em dois de sete ensaios, com acréscimos de 480 kg/ha para a dose de 0,7 kg/ha de B.

3.5. Efeitos da calagem

Segundo *FUZATTO (1965 a)* o algodoeiro é uma das plantas cultivadas que apresenta maior sensibilidade à acidez do solo, pois sob condições extremas tem sua produtividade limitada, ainda que se empreguem pesadas adubações. Entretanto, a faixa de pH em que a cultura pode se desenvolver é relativamente larga, variando desde valores em torno de 5,0, em regiões áridas e irrigadas, até valores próximos da neutralidade, em regiões úmidas, conforme *BROWN e WARE (1958)*. *ADAMS (1968)* observou fato semelhante, ressaltando apenas que a produtividade cai abruptamente com o aumento da acidez além de determinados limites, que são variáveis para diferentes tipos de solo.

PADEN e GARMAN (1946), trabalhando com um solo arenoso, de pH 5,8 e ajustando este valor para 5,0 e 5,5 com o uso de gesso e, para 6,0 e 6,5 com o emprego de calcário, observaram aumentos na produtividade do algodoeiro de 12%, 18% e 20%, respectivamente para valores de pH 5,5, 6,0 e 6,5, em relação ao tratamento com pH 5,0. Já *CHRISTIDIS e HARRISON (1955)* computando resultados de inúmeros trabalhos, consideram que o limite para resposta das plantas à calagem esteja em torno de pH 5,6, pois acima desse valor o uso do calcário pode prejudicar.

Long citado por *HINKLE e BROWN (1968)* observou que em solo com pH 5,7, o uso de altas doses de calcário, cer-

ca de 15 e 30 t/ha, deprimiu a produtividade média do algodoeiro no 3º e 4º anos da aplicação, respectivamente em 27% e 49% em relação ao tratamento sem calagem. Entretanto, com a introdução nesses anos de uma adubação boratada (0,56 kg/ha de B), conseguiu restaurar a produtividade (cerca de 2.300 kg/ha) mesmo no mais alto nível de calcário. ADAMS (1968) também observou respostas significativas do algodoeiro à calagem, em solos com pH acima de 5,5. McCART e KAMPRATH (1965) obtiveram significativo aumento no teor de matéria seca do algodoeiro elevando o pH de 4,6 para 5,5, e sugerem calagem para elevar o pH a valores acima de 6,0, visando bem suprir as plantas em Ca e Mg.

Em nosso meio, FREITAS *et alii* (1960) relataram efeitos significativos da calagem na cultura algodoeira, tendo conseguido cerca de 950 kg/ha de aumento na produção de algodão em caroço (mais de 100%), com o uso de calcário em dose suficiente para elevar o pH à faixa de 6,0. McCLUNG *et alii* (1961) e MIKKELSEN *et alii* (1963), visando corrigir o pH para a mesma faixa, obtiveram respectivamente acréscimos da ordem de 700 kg/ha (54%) e de até 1.435 kg/ha de algodão em caroço (132%). CORRÊA *et alii* (1961), por sua vez, utilizando 5 t/ha de calcário em solo com 5,2 de pH original, elevaram a produtividade média do algodoeiro em 4 anos de plantio em 184 kg/ha (19%).

Ensaíos mais recentes, de caráter permanente, vêm confirmar a importância da prática de calagem na cultura

em questão, em condições de solo ácido. *FERRAZ (1973)*, demonstrou o longo efeito residual da aplicação de 4,54 t/ha de calcário, em solo com pH 4,9, que proporcionou na média de 8 anos um acréscimo de produção de 667 kg/ha de algodão em caroço (59%). *SILVA et alii (1979 b)*, empregando de 2 a 6 t/ha de calcário em solo com pH 5,0, obtiveram efeito linear sobre a produção das plantas durante 4 anos sucessivos, com um acréscimo médio, para a maior dose, de 1.020 kg/ha de algodão em caroço (203%).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Dados Ambientais

4.1.1. Localização do ensaio

O experimento de campo foi instalado, em caráter permanente, na propriedade denominada Sítio Bom Jesus, no município de Leme, Estado de São Paulo, que tem como coordenadas geográficas, 21° 12' de latitude sul, 47° 22' de longitude oeste e altitude de 607 metros.

4.1.2. Solo

Utilizou-se um solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa, de acordo com o Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (1960). As principais características químicas desse solo são apresentadas na Tabela 1 e o resultado da análise granulométrica encontra-se na Tabela 2.

A gleba em que se instalou o ensaio vinha sendo cultivada com o algodoeiro há cerca de 10 anos, com o emprego de calagem e adubações normalmente usadas nesse tipo de solo.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo, efetuada em amostra composta extraída da gleba experimental, antes da aplicação do calcário.

pH	% M.O.	ppm		e.mg/100 ml de solo		
		P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
5,7	2,1	17	24	1,3	0,5	0,1

Tabela 2. Resultados da análise granulométrica do perfil do solo, na gleba experimental.

Horizontes	Profundidade (cm)	Areia (%)		Total de Areia (%)	Argila (%)	Limo (%)
		Grossa	Fina			
Ap	0-18	46,7	36,5	83,2	15,4	1,2
A ₃ /B ₁	18-51	42,2	37,6	79,8	18,9	1,2
B ₂₁	51-148	41,8	35,5	77,3	21,1	1,5
B ₂₂	148-200	38,4	37,4	75,8	22,5	1,7

4.1.3. Clima

O clima do município de Leme é do tipo Cwa, isto é, tropical de altitude, mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso, de acordo com a carta climática do Estado de São Paulo, elaborada pelo Instituto Agrônômico (1963).

A precipitação pluvial anual média é de 1.335,0 mm e a temperatura média anual de 20,3°C, dados estes obtidos através de estimativas, segundo *PINTO et alii* (1972).

4.2. Delineamento experimental

Adotou-se o esquema em parcelas subdivididas, sendo que os doze tratamentos componentes de um fatorial 3 x 4 para níveis de calcário e de boro, foram distribuídos em blocos ao acaso, com 6 repetições. O calcário, nas doses de 0, 3 e 6 t/ha, foi aplicado às parcelas e o boro nas doses de 0, 0,75, 1,5 e 2,25 kg/ha, às subparcelas.

Os canteiros experimentais foram constituídos de quatro fileiras com cinco metros de comprimento cada, espaçadas entre si de setenta e cinco centímetros, considerando-se úteis apenas as duas linhas centrais. Duas marginais externas foram plantadas em cada lado e em toda a extensão do ensaio. Nas linhas de plantio foram deixadas, por ocasião do desbaste, sete plantas por metro linear, perfazendo um total

aproximado de setenta plantas na área útil do canteiro. Na Tabela 3 figuram os diferentes tratamentos estudados.

Tabela 3. Tratamentos estudados compreendendo um esquema fatorial 3 x 4 para calcário x boro.

Nº	Tratamento	
	Calcário (t/ha)	B (kg/ha)
1	0	0
2	0	0,75
3	0	1,5
4	0	2,25
5	3	0
6	3	0,75
7	3	1,5
8	3	2,25
9	6	0
10	6	0,75
11	6	1,5
12	6	2,25

4.3. Determinação da necessidade de calagem

Os níveis de calagem foram estabelecidos com base em estudo de curva de neutralização, efetuado em laboratório, com a incubação de amostra do solo da gleba experimental, por cerca de 30 dias, com doses variáveis do corretivo em questão. Determinaram-se as quantias de 3 e 6 t/ha de calcário a serem utilizadas, que teoricamente deveriam elevar o pH para faixas de 6,4 e 6,9, respectivamente.

O calcário utilizado apresentava as seguintes características:

CaO.....	26,6%
MgO.....	18,1%
Material retido na peneira 10.....	1,9%
Material retido na peneira 50.....	44,0%
Material que passou na peneira 50.	53,7%
PRNT.....	66,0%

4.4. Aplicação de corretivo e adubos

O calcário, nas doses anteriormente indicadas, foi incorporado em 20 de julho de 1977, cerca de três meses antes do plantio. A aplicação foi feita a lanço, em áreas previamente demarcadas, correspondentes às parcelas. A incorporação, foi feita em seguida, com grade rotativa.

O boro foi aplicado em mistura com os demais adubos, por ocasião do plantio, nas doses já indicadas e sob a forma de tetraborato de sódio (11% de B).

A adubação básica de semeadura foi feita com a fórmula 10-50-60 kg/ha, respectivamente de N, P_2O_5 e K_2O , nas formas de sulfato de amônio com 20% de N, superfosfato simples com 18% de P_2O_5 e cloreto de potássio com 60% de K_2O .

Por ocasião do desbaste efetuou-se a primeira cobertura, com 30 e 40 kg/ha de N e K_2O , respectivamente. Cerca de 20 dias após essa operação foi feita uma segunda cobertura, com 30 kg/ha de N. Nessas adubações foram usados sulfato de amônio e cloreto de potássio.

4.5. Semeação e desbaste

A semeação foi efetuada no período compreendido entre 10 de outubro e 10 de novembro, dentro da época recomendada para a região, segundo *RIGHI et alii (1965)*. Na semeadura distribuíram-se cerca de 30 a 40 sementes de algodoeiro por metro linear de sulco, em linhas espaçadas de 0,75cm e a uma profundidade aproximada de 1 a 2cm, tomando-se o cuidado de evitar o contato das sementes com o adubo. Utilizou-se a variedade 'IAC 17' (*Gossypium hirsutum* L.), selecionada pelo Instituto Agrônômico e recomendada para a região em questão.

Entre vinte e cinco e trinta dias após a germinação, procedeu-se ao desbaste, deixando-se aproximadamente sete plantas por metro linear.

4.6. Cultivos e combate às pragas

As ervas daninhas foram controladas com a passagem do cultivador de cinco enxadinhas, tipo "Planet", quatro vezes durante o ciclo do algodoeiro, e com duas capinas manuais, a enxada, nas linhas de plantio.

Adotou-se esquema preventivo de controle de pragas com pulverizações a baixo volume, em linhas individuais, de modo semelhante ao indicado por *CALCAGNOLO (1965)* e *PASSOS (1977)*.

4.7. Colheita dos canteiros experimentais

Foram realizadas duas colheitas, nas linhas úteis de cada canteiro. Nessas mesmas linhas, antes da primeira colheita, coletou-se, no terço médio das plantas, em cada parcela experimental, amostra de 40 capulhos destinada a estudos de laboratório. A colheita foi feita em saquinhos de pano padronizados e o seu peso total, somado ao peso da amostra, representa a produção em kg/10 metros lineares. Multi-

plicando-se o valor obtido por 1.333 tem-se a produtividade aproximada em kg/ha de algodão em caroço.

No segundo ano-agrícola, além da colheita, determinou-se a altura média das plantas em cada canteiro, pela medição de 10 delas, tomadas ao acaso, nas linhas úteis de cada parcela.

4.8. Preparo da amostra e estudos gerais

A amostra de 40 capulhos colhida por parcela, em cada ano-agrícola, foi secada em estufa, a 40°C, e submetida à determinação das características agronômicas e de fibra. Dentre essas características são apresentadas e discutidas neste trabalho as seguintes:

PESO DO CAPULHO- peso médio, em grama, de 1 capulho, determinado a partir do peso total da amostra.

PESO DAS SEMENTES- peso de 100 sementes, em grammas, obtido em uma amostra extraída do total de sementes.

COMPRIMENTO DA FIBRA- valor médio, em milímetros, do comprimento 2,5% obtido no fibrógrafo modelo 430, a partir de duas determinações feitas em cada amostra, no laboratório da Seção de Tecnologia de Fibras do Instituto Agrônomo, sob condições ambientais controladas, para 65% \pm 2 de umidade relativa do ar e 21°C \pm 1 de temperatura de acordo com as normas da American Society for Testing and Material (1963).

Como no primeiro ano-agrícola não foi observada variação nas características em questão, são apresentados e analisados apenas os resultados de 1978/79. Quanto às outras características do algodão, como porcentagem de fibra, uniformidade do comprimento, finura, maturidade e resistência da fibra, também não são discutidas em virtude da pequena variação observada, sem nenhuma associação com os tratamentos estudados.

4.9. Análise estatística

As análises individuais dos dados de produção e das outras características estudadas, obtidas anualmente, foram efetuadas segundo esquema apresentado na Tabela 4, que segue o modelo estatístico seguinte:

$$Y_{ijk} = m + r_i + a_j + b_k + (ab)_{jk} + e_{ij} + e'_{ijk}$$

sendo:

m = média por canteiro (subparcela)

r_i = efeito devido à "iésima" repetição

a_j = efeito devido à dose j de calcário

b_k = efeito devido à dose k de boro

$(ab)_{jk}$ = efeito devido à interação calcário x
x boro

e_{ij} = resíduo ao nível de parcela

e'_{ijk} = resíduo ao nível de subparcela

Tabela 4. Esquema da análise individual de variância utilizada no estudo dos dados obtidos no ensaio de calagem e da adubação boratada do algodoeiro, com três níveis de calcário (Ca) e quatro níveis de boro (B). Ensaios conduzidos em LVa, de Leme, em 1977/78 e 1978/79.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Repetições(R)	(r-1)
Calcário(Ca)	(c-1)
Calcário linear(CaL)	1
Calcário quadrático(CaQ)	1
Erro(1)	(r-1)(c-1)
(Total parcelas)	(rc-1)
Boro(B)	(b-1)
Boro linear(BL)	1
Boro quadrático(BQ)	1
Boro cúbico(BC)	1
Calcário x Boro(CaxB)	(c-1)(b-1)
Calcário linear x Boro linear(CaL x BL)	1
Calcário linear x Boro quadrático (CaLxBQ)	1
Calcário linear x Boro cúbico (CaL x BC)	1
Calcário quadrático x Boro linear (CaQ x BL)	1
Calcário quadrático x Boro quadrático(CaQxBQ)	1
Calcário quadrático x Boro cúbico (CaQ x BC)	1
Erro(2)	c(b-1)(r-1)
(Total subparcelas)	(rcb-1)

r = número de repetições (R)

c = número de níveis de calcário (Ca)

b = número de níveis de boro (B)

Além das análises individuais, foi feita uma análise conjunta dos resultados de produção obtidos nos dois anos.

Quer nas análises individuais, quer na conjunta, além do teste "F" para os componentes dos efeitos principais e das interações, foram feitas comparações entre as médias de tratamentos, através do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.10. Análise econômica

Visando determinar as doses mais adequadas de calcário e de boro foi feito um estudo econômico, adotando-se, em ambos os casos, o método do trinômio do 2º grau:

$$Y = a + bx + cx^2,$$

onde

Y = receita líquida devido à aplicação de calcário ou boro.

x = dose usada de calcário ou boro.

Tanto para o calcário como para o boro, o estudo foi realizado considerando-se a média de rendimentos e custos obtidos nos dois anos.

Nos dois casos, a receita bruta foi obtida multiplicando-se a produção de algodão em caroço pelo valor médio do preço pago aos produtores nos meses de março a julho, segun-

do dados do Instituto de Economia Agrícola, da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, constantes do *PROGNÓSTICO 78/79 (1978)* e *PROGNÓSTICO 79/80 (1979)*.

Para o cálculo da receita líquida, no caso do calcário, foram abatidos da receita bruta, o preço do corretivo incluindo-se transporte em uma extensão de 100km, juros de 12% ao ano sobre o capital, conforme proposto por *VIOLETA NAGAI et alii (1975)*, o custo da aplicação e o preço da colheita do acréscimo de produção proporcionado pela calagem.

No caso do boro, foram abatidos da receita bruta, o preço do adubo, juros de 12% ao ano sobre o capital empregado e o preço da colheita do acréscimo de produção.

Os custos dos demais fatores de produção não foram levados em conta nos cálculos, uma vez que se admitiu terem sido constantes para todos os tratamentos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 encontram-se os dados médios relativos aos efeitos principais do calcário e do boro, compreendendo resultados da produção de algodão em caroço, em média dos dois anos estudados, e resultados referentes ao segundo ano para as características peso de 1 capulho, peso de 100 sementes, comprimento de fibra e altura média das plantas.

Tabela 5. Médias de produção de algodão em caroço (kg/ha) obtidas nos anos-agrícolas, 1977/78 e 1978/79, resultados de altura das plantas (cm), peso de 1 capulho (g), peso de 100 sementes (g) e do comprimento de fibra (mm), obtidos no segundo ano (1978/79) e dados de análises de variância dos ensaios de Calagem e da Adubação boratada conduzidos em solo LVa de Leme, Estado de São Paulo.

Calcário	Produção (Média de 2 anos)	Altura das Plantas 1978/79	Peso de 1 Capulho 1978/79	Peso de 100 Sementes 1978/79	Comprimento de Fibra 1978/79
t/ha	kg/ha	cm	g	g	mm
0	2099 a ⁽¹⁾	0,587 a	6,61 a	12,74 a	26,50 a
3	2345 b	0,648 b	6,82 b	13,19 b	26,64 a
6	2497 b	0,693 c	6,76 ab	13,18 b	26,71 a
CV% "parc."	13,4	8,7	3,2	2,8	2,8
Valores "F"	Ca(L) 39,81** ⁽²⁾	Ca(L) 43,35**	Ca(Q) 6,17*	Ca(L) 16,36**	Ca(L) 0,88
d.m.s. ⁽¹⁾	160	0,039	0,18	0,30	0,59
Boro					
kg/ha					
0	1996 a ⁽¹⁾	0,699 b	6,55 a	13,23 a	26,33 a
0,75	2431 b	0,631 a	6,72 ab	13,04 a	26,72 ab
1,5	2455 b	0,630 a	6,82 b	12,98 a	26,67 ab
2,25	2374 ab	0,611 a	6,81 b	12,87 a	26,75 b
CV% "subparc."	13,7	10,0	3,6	3,9	1,7
Valores "F"	B(Q) 9,84*	B(L) 15,48**	B(L) 11,65**	B(L) 4,35*	B(L) 6,19*
d.m.s. ⁽¹⁾	404	0,053	0,22	0,46	0,40

⁽¹⁾ Teste de Tukey, a 5%.

⁽²⁾ * Valor de F significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

5.1. Resultados de produção

5.1.1. Efeitos da calagem

Pelos dados da Tabela 5 nota-se que o algodoeiro reagiu favoravelmente à aplicação de calcário tendo-se obtido, na análise estatística dos dados de produção, valor significativo para a componente linear Ca(L). Comparando-se as médias pelo teste de Tukey, nota-se que as doses de 3 e 6 t/ha de calcário superaram a testemunha, mas não diferiram entre si. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por *PADEV e GARMAN (1946)*, trabalhando em solo arenoso com pH semelhante (5,5). *ADAMS (1968)*, também relata casos de reação favorável do algodoeiro à calagem, em solos com pH acima de 5,5. *McCART e KAMPRATH (1965)*, por sua vez, chegam a sugerir o uso de corretivo em quantidade necessária para elevar o pH a valores acima de 6,0. É de se notar que aumentos de produtividade frequentemente bem maiores do que os aqui obtidos, que foram de 12% e 19%, respectivamente, para as doses 3 e 6 t/ha de calcário, são relatados em vários trabalhos, conduzidos, no entanto, em solos bem mais ácidos, conforme *FREITAS et alii (1960)*, *McCLUNG et alii (1961)*, *CORREIA et alii (1961)*, *MIKKELSEN et alii (1963)*, *FERRAZ (1973)* e *SILVA et alii (1979 b)*.

Desde que na análise conjunta foi obtido valor de F significativo para a interação calcário x boro x experimento ($F = 2,44^*$), convém interpretar o efeito de cada elemen-

to dentro dos diferentes níveis do outro e em cada ano isoladamente. Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados os valores médios de produção e os dados de análise estatística obtidos nos dois anos-agrícolas.

Tabela 6. Resultados médios de produção de algodão em caroço, em kg/ha e de análise de variância, obtidos no primeiro ano (1977/78) no ensaio de Calagem e de Adubação boratada, em solo LVa de Leme, Estado de São Paulo.

Calcário	Boro (kg/ha)				Média
	0	0,75	1,5	2,25	
<u>t/ha</u>					<u>kg/ha</u>
0	1224	1486	1210	1377	1325 a ⁽¹⁾
3	1356	1600	1602	1457	1503 b
6	1637	1620	1762	1593	1653 b
Média	1405 a ⁽¹⁾	1569 b	1524 ab	1476 ab	CV% = 11,8

(¹) Teste de Tukey, a 5%. d.m.s. de 164 kg/ha para Calcário e de 157 kg/ha para Boro.

Tabela 7. Resultados médios de produção de algodão em caroço, em kg/ha e de análise de variância, obtidos no segundo ano (1978/79) no ensaio de Calagem e de Adubação boratada em solo LVa de Leme, Estado de São Paulo.

Calcário	Boro (kg/ha)				Média
	0	0,75	1,5	2,25	
<u>t/ha</u>					<u>kg/ha</u>
0	2595	3049	2946	2910	2875 a ⁽¹⁾
3	2777	3257	3422	3273	3187 b
6	2383	3582	3770	3636	3343 b
Média	2585 a ⁽¹⁾	3295 b	3386 b	3274 b	CV% = 13,1

⁽¹⁾ Teste de Tukey, a 5%. d.m.s. de 305 kg/ha para Calcário e de 367 kg/ha para Boro.

Observa-se que, em média, o efeito do calcário foi muito semelhante nos dois anos de estudo. Todavia, enquanto que em 1977/78 o efeito do calcário foi, praticamente, de mesma natureza em todos os níveis de adubação boratada, no segundo ano obteve-se valor significativo para a interação calcário x boro ($F = 4,02^{**}$). De fato, nota-se que o efeito de calcário, em 1978/79, foi significativo na presença de boro, uma vez

que nos mais altos níveis de adubação (de 1,5 e 2,25 kg/ha de B) a dose máxima de calcário superou a testemunha (d.m.s. de 565 kg/ha de algodão em caroço, obtido pelo teste de Tukey, a 5%). Já na ausência do micronutriente, não se obteve diferença significativa entre as doses de calcário, sendo o efeito deste nitidamente quadrático, inclusive proporcionando na maior dose um leve decréscimo de produção (-8%). Efeito semelhante, porém com diminuições mais pronunciadas na produtividade, de -27% e -49%, foram obtidas por Long, citado por HINKLE e BROWN (1968), utilizando, entretanto, doses bem mais elevadas de calcário (respectivamente 15 e 30 t/ha), em solos com pH 5,7. Tais resultados podem explicar o fato de alguns autores não recomendarem a utilização de calcário em solos pobres em matéria orgânica, principalmente quando o pH do solo estiver acima de 5,6 (CHRISTIDIS e HARRISON, 1955).

5.1.2. Efeito do boro

Na média dos dois anos-agrícolas (Tabela 5), nota-se que a aplicação de boro, influenciou favoravelmente a produção, devendo-se salientar, contudo, que o efeito foi de natureza quadrática. Aplicando-se o teste de Tukey, observa-se que as médias correspondentes às doses intermediárias (0,75 e 1,5 kg/ha de boro), diferem estatisticamente da testemunha, o mesmo não acontecendo para a dose máxima do micronutriente. Os aumentos médios de produção devidos aos níveis de 0,75 e 1,5 kg/ha de boro, respectivamente de 435 kg/ha (22%) e 459 kg/ha de algodão em caroço (23%) aproximam-se muito de acréscimos ob-

tidos por vários outros autores, tais como: *SEDBERRY (1969)*, de 460 kg/ha; *MILEY (1969)*, de 300 kg/ha; *MURPHY e LANCASTER (1971)*, de 480 kg/ha e *FRITZ (1971)*, de 480 kg/ha de algodão em caroço; já os aumentos observados por *COLEMAN (1945)*, de 140 kg/ha e de *Long*, citado por *HINKLE e BROWN (1968)*, de 1.396 kg/ha de algodão em caroço, distanciam-se dos aqui relatados.

Em virtude de ter sido significativa a interação calcário x boro x experimentos, é útil examinar o efeito do boro dentro de cada nível de calcário e isoladamente em cada ano, a partir dos dados apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Como no primeiro ano não foi significativa a interação calcário x boro, o efeito do micronutriente pode ser estudado considerando-se a média de todos os níveis de calcário. Dessa forma, verifica-se que apenas a dose de 0,75 kg/ha de boro diferiu estatisticamente da testemunha (Tabela 6), com um acréscimo de 164 kg/ha de algodão em caroço (12%). No segundo ano (Tabela 7), todos os tratamentos com boro diferiram estatisticamente da testemunha, com aumentos de 710 kg/ha (27%), 801 kg/ha (31%) e 689 kg/ha de algodão em caroço (26%), respectivamente para os níveis de 0,75, 1,5 e 2,25 kg/ha de boro. Fato semelhante, ou seja, um destaque para o efeito da adubação boratada com o passar dos anos, foi relatado por *COLEMAN (1945)*.

Nesse segundo ano o valor significativo para a interação calcário x boro ($F = 4,02^{**}$), revela um comportamento diferente do algodoeiro face à adubação boratada, quando na

presença ou não da calagem. De fato, enquanto que na ausência de calcário as médias relativas a quaisquer das doses de boro usadas, não diferiram da testemunha (d.m.s. de 636 kg/ha de algodão em caroço, obtida pelo teste de Tukey, a 5%), na presença de 3 t/ha de calcário, a dose de 1,5 kg de boro/ha mostrou-se superior estatisticamente à testemunha, e quando foi usada a dose máxima de calcário (6 t/ha), todas as doses de boro superaram estatisticamente o tratamento sem o micronutriente. É de se notar que o maior acréscimo, de 1.387 kg/ha (58%), proporcionado pelo uso de 1,5 kg/ha de boro, na presença de dose máxima de calcário, em muito se aproxima de aumentos obtidos por Long, citado por HINKLE e BROWN (1968), da ordem de 1.396 kg/ha de algodão em caroço.

5.2. Resultados econômicos

5.2.1. Efeito da calagem

Na Figura 1, estão representadas as curvas de receita líquida relativa, referentes ao estudo econômico da calagem, obtidas na ausência e na presença de 1,5 kg/ha de boro. No primeiro caso, a dose mais econômica foi de 2,4 t/ha de calcário, correspondente a uma receita líquida da ordem de Cr\$.20.029,00 por hectare. Na presença de 1,5 kg/ha de boro, a dose mais econômica extrapolou as doses utilizadas no experimento, sendo da ordem de 8,9 t/ha de calcário, equivalente a uma receita líquida de Cr\$.25.161,00 por hectare.

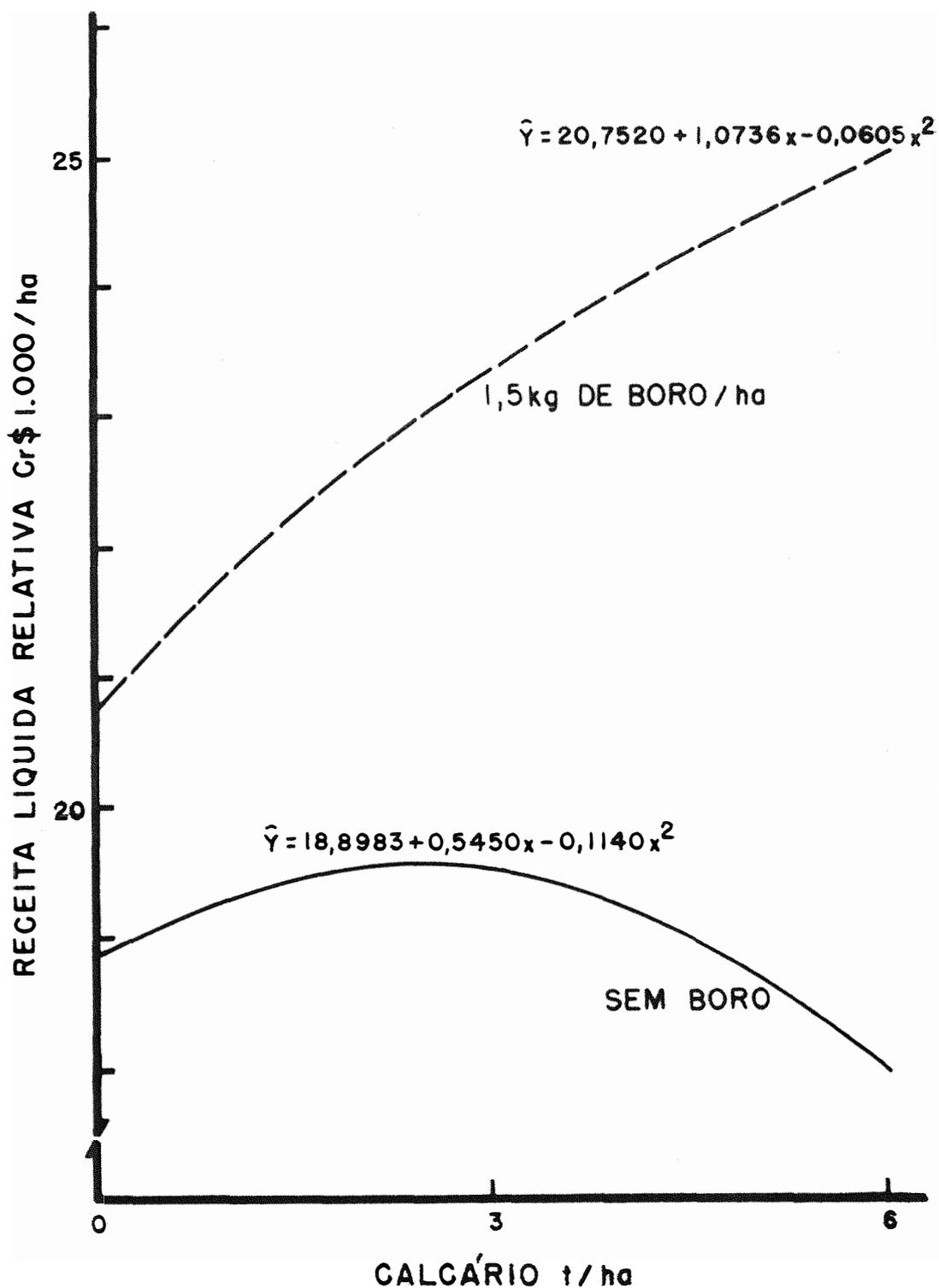


Figura 1. Representação gráfica da equação de regressão quadrática entre Receita líquida relativa (\hat{Y}), calculada em função da produção média de algodão em caroço obtida em 1977/78 e 1978/79 e doses de calcário (x), na presença e na ausência de boro.

5.2.2. Efeito do boro

As curvas da receita líquida relativa referentes ao estudo econômico do boro, nos diferentes níveis de calagem, encontram-se na Figura 2. O estudo revelou que a dose mais econômica de adubação boratada, na ausência de calcário, foi de 1,1 kg/ha de boro, correspondente a uma receita líquida de Cr\$.20.844,00 por hectare. Na presença de 3 t/ha e de 6 t/ha de calcário, as doses mais econômicas foram, pela ordem, de 1,3 e 1,4 kg/ha de boro, com receitas líquidas respectivas de Cr\$.23.566,00 e Cr\$.25.688,00 por hectare.

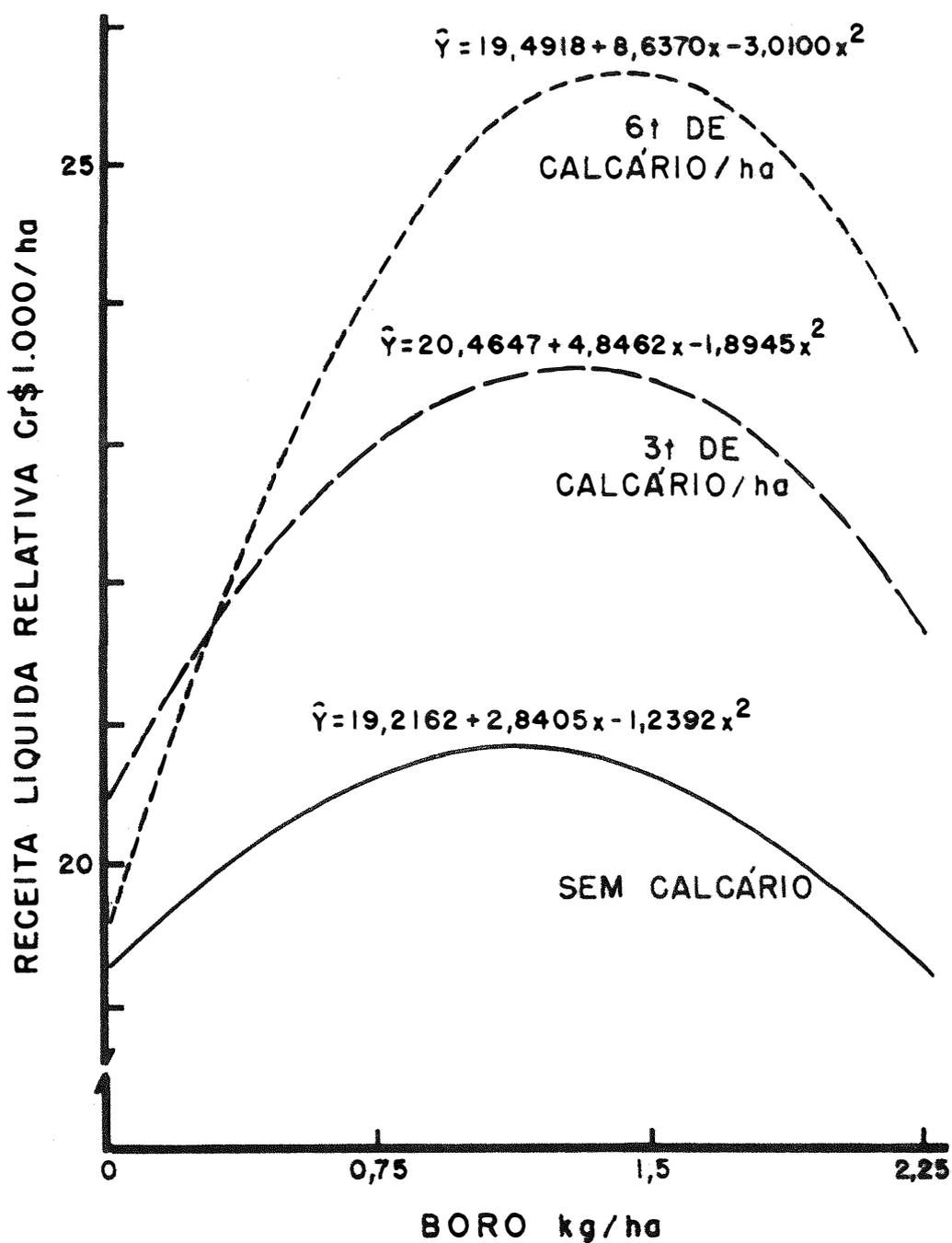


Figura 2. Representação gráfica da equação de regressão quadrática entre Receita líquida relativa (\hat{Y}), calculada em função da produção média de algodão em caroço obtida em 1977/78 e 1978/79 e doses de boro (x), nos diferentes níveis de calcário.

5.3. Altura das plantas e características do capulho e da fibra

Devido à maior reação do algodoeiro aos tratamentos no segundo ano-agrícola, os efeitos da calagem e da adubação boratada se tornaram mais evidentes também em outras características das plantas, como altura, pesos de capulho e de sementes e comprimento da fibra. Na Tabela 5 são apresentadas as médias correspondentes aos efeitos principais do calcário e do boro, assim como resultados da análise estatística, para cada caso.

5.3.1. Efeitos da calagem

O uso do calcário, avaliado através do seu efeito residual, no segundo ano, aumentou significativamente o peso de capulho e o peso de 100 sementes e promoveu ligeiro acréscimo, não significativo, no comprimento da fibra. Foi também altamente significativo e linear o efeito do calcário sobre a altura média das plantas. À exceção desse último efeito, para o qual não foram encontradas referências na revisão bibliográfica os demais se aproximam dos relatados por *FUZATTO et alii (1965 b)*.

5.3.2. Efeitos do boro

Conforme se verifica na Tabela 5, plantas que não receberam adubação boratada apresentaram maior desenvolvi-

mento que as adubadas com esse elemento. *HOLLEY e DULIN (1939)*, *ROTHWELL et alii (1967)* e *HINKLE e BROWN (1968)*, descreveram sintoma semelhante, quando em condições de baixa deficiência de boro. Entretanto, de acordo com numerosos autores relacionados no trabalho de *SILVA et alii (1979 a)*, quando a carência se agrava, ocorre o fenômeno inverso, ou seja as plantas com deficiência se deformam e crescem menos do que as normais.

Por outro lado, o efeito do boro foi linear e significativo, aumentando o peso de capulho e o comprimento da fibra. Com relação ao peso de 100 sementes, verificou-se efeito linear negativo, estatisticamente significativo, embora os tratamentos não tenham diferido pelo teste de Tukey. Na revisão bibliográfica não foram encontradas referências a esse respeito.

5.4. Sintomas de deficiência e de toxicidade de boro

As plantas nos canteiros sem boro apresentaram-se com excessivo crescimento vegetativo, ciclo mais longo e pouca carga (Figura 3). Nas extremidades delas, observou-se, com frequência, superbrotamento, associado a internódios curtos (Figura 4), ponteiros cloróticos, com folhas novas enrugadas (Figura 5) e, em alguns casos, até rachaduras na base dos nós do ramo principal (Figura 6). Sintomas semelhantes foram relatados por vários autores como *EATON (1932)*, *PAGE e BERGEAUX*

(1961), LANCASTER *et alii* (1962), MAPLES e KEOGH (1963), ROTHWELL *et alii* (1967), HINKLE e BROWN (1968), BRAUD *et alii* (1969), OERTLI e ROTH (1969), SARRUGE *et alii* (1973) e SILVA *et alii* (1979 a).



Figura 3. Sintoma de deficiência de boro: excessiva vegetação do algodoeiro em parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.



Figura 4. Sintomas de deficiência de boro: planta com "baixeiro" verde e "ponteiro" clorótico, com internódios curtos e tendência para superbrotamento. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.



Figura 5. Sintomas de deficiência de boro: "ponteiro" clorótico, com folhas novas enrugadas. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.



Figura 6. Sintoma de deficiência de boro: rachadura do caule principal, na base de um nó superbrotado. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.

Nos pecíolos foliares de plantas carentes observaram-se anéis concêntricos de cor verde-escura, com correspondente engrossamento do tecido, pilosidade mais intensa e necrose interna da medula. As folhas velhas apresentavam-se com coloração verde-escura, contrastando com os ponteiros cloróticos (Figura 4). Descrições semelhantes foram feitas por *EATON (1932)*, *LANCASTER et alii (1962)*, *MAPLES e KEOGH (1963)*, *SANFLUENTES (1966)*, *ROTWELL et alii (1967)*, *HINKLE e BROWN (1968)*, *BRAUD et alii (1969)*, *SARRUGE et alii (1973)*, *COSTA et alii (1976)* e *SILVA et alii (1979 a)*.

As flores de plantas deficientes frequentemente eram anormais, com corola atrofiada, extremidades das pétalas dobradas para dentro e com abertura deficiente (Figura 7). As brácteas eram mais cloróticas e, às vezes, envolviam totalmente a corola atrofiada. Observou-se, ainda, necrose de estames e ruptura de nectários extra-florais. Houve queda excessiva de botões florais e flores. Os frutos eram pequenos, apresentando necrose interna na sua base (Figura 8). Observou-se, também, queda anormal de frutos novos. Autores como *EATON (1932)*, *HOLLEY e DULIN (1939)*, *PAGE e BERGEAUX (1961)*, *LANCASTER et alii (1967)*, *HINKLE e BROWN (1968)*, *BRAUD et alii (1969)*, *SARRUGE et alii (1973)*, *COSTA et alii (1976)*, *MENGEL e KIRBY (1978)* e *SILVA et alii (1979 a)*, descreveram anomalias semelhantes.



Figura 7. Sintoma de deficiência de boro: flor com corola atrofiada e pétalas com extremidades voltadas para dentro. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.



Figura 8. Sintoma de deficiência de boro: necrose interna na base dos frutos. Parcela com calcário (6 t/ha) e sem boro.

Em algumas parcelas sem calcário, onde se acumulou a dose máxima de boro, as plantas cresceram pouco, os frutos abriram-se precocemente e a produção foi sensivelmente afetada, em particular no segundo ano-agrícola. Sintomas específicos de toxicidade de boro como os citados por *SILVA et alii (1979 a)*, ou sejam, clorose marginal e internerval das folhas que evoluem para necrose do tecido, não foram observados.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos dois anos-agrícolas (1977/78 e 1978/79), permitiram as seguintes conclusões:

a) Houve efeito benéfico da calagem na produção do algodoeiro. Contudo, dose elevada do corretivo, na base de 6 t/ha, quando aplicado sem adubação com boro, provocou decréscimos na produção, já no segundo ano de cultivo;

b) Estudo econômico demonstrou que, na ausência de boro, a dose mais adequada de calcário situou-se em torno de 2,4 t/ha. Na presença de 1,5 kg/ha de boro, a dose mais econômica de calcário foi de 8,9 t/ha;

c) Parcelas não adubadas com boro, notadamente na presença de calcário, apresentaram plantas com sintomas típicos de deficiência de boro;

d) A aplicação de boro afetou favoravelmente a produção, quer na ausência quer na presença de calagem. Con-

tudo, enquanto que na ausência do corretivo a dose mais econômica de boro foi de 1,1 kg/ha, na presença de 3 e 6 t/ha de calcário as doses mais econômicas de boro foram respectivamente de 1,3 e 1,4 kg/ha;

e) A dose de 2,25 kg/ha de boro mostrou-se excessiva já no primeiro ano de aplicação e, na média dos dois anos, deprimiu a produção, quando comparada às outras doses desse micronutriente;

f) No segundo ano do estudo verificou-se efeito benéfico da calagem sobre a altura das plantas, peso dos capulhos, peso das sementes e sobre o comprimento da fibra.

g) A aplicação de boro aumentou o peso dos capulhos, diminuiu o peso das sementes e a altura das plantas, devendo-se notar, neste último caso, que as plantas das parcelas sem boro, a despeito de serem mais altas, apresentavam-se com menor quantidade de frutos.

7. SUMMARY

The effects on cotton of lime and boron application were studied in a red-yellow Latosol sandy phase soil, with pH=5,7, located at Leme, State of São Paulo, Brazil.

A split-plot design was used, dolomitic limestone being applied on the plots at the levels of 0, 3 and 6 t/ha, while the doses of 0, 0,75, 1,5 and 2,25 kg/ha of Boron corresponded to the sub-plots. Lime was applied once, in the first year the experiment was conducted, while boron was furnished annually, at planting time, in mixture with NPK fertilizers.

The results obtained in two years (1977/78 and 1978/79 crops) led to the following conclusions:

a) An average positive effect on cotton yield resulted from liming. However, in the absence of boron, the highest dose of lime decreased yield.

b) An interaction between lime and boron was observed, so that in the absence of B the economical dose of lime was 2,4 t/ha, while in the presence of 1,5 kg/ha of B it reached 8,9 t/ha.

c) Plants with typical symptoms of boron deficiency were noted in plots without B application, mainly in the presence of lime.

d) B application improved yield both in the absence and presence of lime. However, the economical doses of this micronutrient was 1,1, 1,3 e 1,4 kg/ha, respectively, when 0, 3 and 6 t/ha of lime was used.

e) The highest dose used of B showed to be excessive soon in the first year of application. As the average of two years it reduced production when compared to the smaller levels of B.

f) Data obtained in the second year showed that liming increased the height of the plants, the weight of bolls and seeds and improved fiber length. Otherwise, boron improved the weight of bolls and decreased the weight of seeds and plants height.

8. LITERATURA CITADA

ADAMS, F., 1968. Response of cotton to lime in field experiments. Bull. Ala. agric. Exp. Stn, Auburn, n. 376. 23p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1963. Standards on textile materials. 34.ed. Philadelphia, 108p.

BERGER, K.C. e E. TRUOG, 1946. Boron availability in relation to soil reaction and organic matter content. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer. Madison, 10:113-116.

BRASIL SOBRINHO, M.O.C., 1965. Levantamento de teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 135p. (Tese de Livre Docência).

BRAUD, M.; C. MEGIE e P.J. QUICLON, 1969. Sur la deficiencia en bore du cotonnier. Observations préliminaires. Coton Fibr. trop., Paris, 24(4):465-467.

- BROWN, H.B. e J.O. WARE, 1958. Soil Fertility and Cotton Production. In: BROWN, H.B. e J.O. WARE. Cotton, 3.ed. New York McGraw-Hill, p.291-312.
- CALCAGNOLO, G., 1965. Principais pragas do algodoeiro. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA. Cultura e Adubação do Algodoeiro. São Paulo, p.319-415.
- CASAGRANDE, J.C., 1978. O Boro em solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 122p. (Tese de Mestrado).
- CHRISTIDIS, B.G. e G.J.HARRISON, 1955. Cotton growing problems. New York, McGraw-Hill, 633p.
- COLEMAN, R., 1945. Yield and quality of cotton can be improved by boron. Bett. Crops, New York, 21(4):18-20; 48-50.
- CORRÊA, D.M., A.PITTINELLI, W.R. VENTURINI e E.S.FREIRE, 1961. Adubação do algodoeiro. Ensaio com calcário, Adubação Verde e Adubação Mineral. Bragantia, Campinas, 20(22):617-633.
- COSTA, A.S.; N. CARVALHO; J.R. GALLO e D.S. COSTA, 1976. Deficiência de boro, anomalia do algodoeiro em que se assemelha a uma virose. Apud Rev. Soc. Bras. Fitopatol. Mosoró, 9:26 (resumo 66).

- EATON, F.M., 1932. Boron requirement of cotton. Soil Sci. New Brunswick, 34:301-305.
- EATON, F.M., 1935. Boron in soils and irrigation waters and its effect on plants. Tech. Bull. USDA, Washington r.448, 132p.
- EATON, F.M., 1944. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. Agron. J. Res. 69(6):237-247.
- FERRAZ, C.A.M., 1973. Efeitos de calcário, fósforo e potássio na produtividade do algodoeiro em Latossol Roxo. Botucatu, Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu UNESP, 70p. (Tese de Doutorado).
- FREITAS, L.M.M.; A.C. McCLUNG e W.L. LOTT, 1960. Experimentos de Adubação em dois solos de campo cerrado. B. IBEC Res. Inst., São Paulo, n.21, 28p.
- FRITZ, A, 1971. La déficience en bore du cotonnier au Nord-Cameroun. Coton Fibr. trop. Paris, 26(2):235-241.
- FUZATTO, M.G., 1965 a. Adubação Mineral. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA. Cultura e Adubação do Algodoeiro. São Paulo, p.475-508.
- FUZATTO, M.G.; N.M. da SILVA e F.A. CORRÊA, 1965 b. O efeito das fertilizações nas características do produto do algodoeiro. Apud Ciência e Cultura, São Paulo, 17(2):198-199. (Resumo 205).

HANNA, W.J. e E.R. PURVIS, 1941. Effect of borax and lime on activity of soil microorganism in norfolk fine sandy loam. Soil Sci. New Brunswick, 52:257-281.

HATCHER, J.T.; C.A. BOWER e M. CLARK, 1967. Adsorption of boron by soils as influenced by hydroxy aluminum and surface area. Soil Sci., New Brunswick, 104(6):422-426.

HINKLE, D.A. e A.L. BROWN, 1968. Secondary nutrients and micronutrients. In: ELLIOT, F.C.; M. HOOVER e W.K. PORTER JR. Advances in production and utilization of quality cotton-principles and practices. Ames, Iowa Sta.Univ.press. p.280-366.

HOLLEY, K.T. e T.G. DULIN, 1939. Influence of boron on flower-bud development in cotton. J. agric. Res.Washington, 59:541-545.

HOROWITZ, A. e H.S. DANTAS, 1973. Boro disponível nos solos da zona litoral-mata de Pernambuco. Pesq. Agrop. Bras., Sér. Agron., Rio de Janeiro, 8:163-168.

INSTITUTO AGRONÔMICO, Campinas, 1963. Carta climática do Estado de São Paulo. Campinas, lp.

KUBOTA, J.; K.C. BERGER e E. TRUOG, 1948. Boron movements in soils. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 13:130-134.

LANCASTER, J.A., B.C. MURPHY, B.C. HURT JR., B.L. ARNOLD, R. E. COATS, R.C. ALBRITTON e L. WALTON, 1962. Boron now recommended for cotton. Bull. Miss. agric. Exp. Stn., State College, n.635.

MAPLES, R., 1963. Boron toxicity symptoms in cotton and soublans. Proc. Ann. Arkans. Plant Food Conf., Arkansas, 12:79-80.

MAPLES, R. e J.L. KEOGH, 1963. Effects of boron deficiency on cotton. Arkans. Fm. Res., Fayetteville, 12:5.

MCCART, G.D. e E.J. KAMPRATH, 1965. Supplying calcium and magnesium for cotton on sandy, low cation exchange capacity soils. Agron. J., Washington, 57:404-406.

McCLUNG, A.C., L.M.M. FREITAS, D.S. MIKKELSEN e W.L.LOTT, 1961. Adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no Estado de São Paulo. B. IBEC Res. Inst., São Paulo, n.27, 35p.

MENGEL, K. e E.A. KIRKBY, 1978. Boron. In: MENGEL, K. e E. A. KIRKBY. Principles of Plant Nutrition. Berne, International Potash Institute, p.483-491.

MIDGLEY, A.R. e D.E. DUNKLEE, 1939. The effect of lime on the fixation of borates in soils. Proc. Soil. Sci.Soc.Amer. Madison, 4:302-307.

MIKKELSEN, D.S., L.M.M. FREITAS e A.C. McCLUNG, 1963. Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campos cerrados. B. Inst. Pesq. IRI São Paulo, n.29, 44p.

MILEY, W.N., G.W. HARDY, M.B. STURGIS e J.E. SEDBERRY JR. 1969. Influence of boron, nitrogen and potassium on yield, nutrient uptake and abnormalities of cotton. Agron. J. Washington, 61:9-13.

MURPHY, B.C. e J.D. LANCASTER, 1971. Response of cotton to boron. Agron. J., Washington, 63:539-540.

NAFTEL, J.A., 1937. The influence of excessive liming on boron deficiency in soil. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer. Madison, 2:383-384.

OERTLI, J.J. e J.A. ROTH, 1969. Boron Nutrition of sugar beet, cotton and soybean. Agron. J., Washington, 61:191-195.

OERTLI, J.J. e W.F. RICHARDSON, 1970. The mechanism of boron immobility in plants. Physiologia Plantarum, Kobenhavn, 108-116.

OHKI, K., 1973. Manganese nutrition of cotton under two boron levels. I. Growth and development. Agron. J., Washington, 65:482-485.

- OLSON, R.V. e K.C. BERGER, 1946. Boron fixation as influenced by pH, organic matter content and other factors. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 11:216-220.
- PADEN, W.R. e W.H. GARMAN, 1946. Yield and composition of cotton and koble lespedeza grown at different pH levels. Proc. Soil Sci. Amer., Madison, 11:309-316.
- PAGE, N.R. e W.R. PADEN, 1954. Boron-supplying power of several South Carolina Soils. Soil Sci. New Brunswick, 7: 427-437.
- PAGE, N.R. e P.J. BERGEAUX, 1961. Boron status and needs of the Southern region. Pl. Fd. Rev., Washington, 7:12-17.
- PARKS, R.Q. e B.T. SHAW, 1941. Possible mechanisms of boron fixation in soil: I. Chemical Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 6:219-223.
- PASSOS, S.M.G., 1977. Algodão. Campinas, Inst.Camp.Ens.Agrícola, 424p.
- PINTO, H.S., A.A. ORTOLANI e R.R. ALFONSI, 1972. Estimativa das temperaturas médias mensais do Estado de São Paulo em função da altitude e latitude. Caderno de Ciências da Terra, São Paulo, n.23, 20p.
- PURVIS, E.B. e O.W. DAVIDSON, 1948. Review of relations of calcium to availability and absorption of certain trace elements in plants. Soil Sci., New Brunswick, 65:111-116.

REISNAWER, H.M.; L.M. WALSH e R.G. HOEFT, 1973. Testing soils for sulphur, boron, molybdenum and chlorine. In: WALSH, L. M. e J.D. BEATON. Soil Testing and Plant Analysis.Madison, Soil Sci. Soc. of America, p.173-200.

RIGHI, N.R., C.A.M. FERRAZ e D.M. CORRÊA, 1965. Cultura. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA. Cultura e Adubação do Algodoeiro. São Paulo, p.255-317.

ROTHWELL, A., J.W. BRYDEN, H. KINIGHT e B.J. COXE,1967. Boron deficiency of cotton in Zambia. Cott. growing Rev., London 44:23-28.

SANFLUENTES, J.R., 1966. Concentração crítica de boro no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. IAC 12). Piracicaba, ESALQ/USP, 40p. (Tese de Mestrado).

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola, 1978. Prognóstico 78/79. São Paulo, 248p.

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola, 1979. Prognóstico 79/80. São Paulo, 167p.

SARRUGE, J.R., H.P. HAAG, E. MALAVOLTA e W.R. ACCORSI, 1973. Estudos sobre a alimentação mineral do algodoeiro. II. Deficiência de micronutrientes na variedade IAC-11. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 30:93-103.

- SCOTT, H.D., S.D. BEALEY e L.F. THOMPSON, 1975. Effect of lime on boron transport to and uptake by cotton. Proc. Soil Sci. Soc. of Amer., Madison, 39:1116-1121.
- SEDBERRY, J.E.; A.L. NUGENT, R.H. BRUPBACKER, J.B. HOLDER, S. A. PHILLIPS, J.G. MARSHALL, L.W. SLOANE, D.R. MELVILLE e J.L. RABB, 1969. Boron investigations with cotton in Louisiana. Bull. La. agric. Exp. Stn., n.635, 27p.
- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRÔNOMICAS, 1960. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 634p. (Boletim 12).
- SILVA, N.M.; L.H. CARVALHO, O.C. BATAGLIA e R. HIROCE, 1979a. Efeitos provocados pela aplicação de boro ao algodoeiro cultivado em condições de casa-de-vegetação. Bragantia [no prelo].
- SILVA, N.M., C.A.M. FERRAZ, F.S.O. RODRIGUES FILHO e R.HIROCE, 1979b. Emprego de calcário e de superfosfato simples na cultura do algodoeiro em solo argiloso ácido. Bragantia [no prelo].
- TISDALE, S.L. e W.L. NELSON, 1961. In: TISDALE, S.L. e W.L. NELSON, Soil fertility and fertilizers. New York, Macmilan p.106-108.

WEAR, J.I., 1957. Boron requirements of crops in Alabama. Bull. Ala. agric. Exp. Stn., Auburn, 305:4-30.

WEAR, J.I. e R.M. PATTERSON, 1962. Effect of soil pH and texture on the availability of water-soluble boron in the soil. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 26:344-346.

WILSON, R.L., R.L. LOVVORN e W.W. WOOD HOUSE JR., 1951. Movement and accumulation of water-soluble boron within the soil profile. Agron. J., Washington, 43:363-367.