EFEITOS DA CALAGEM NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum* spp.) EM SOLO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO

MAURICIO MARTINS
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. NADIR ALMEIDA DA GLÓRIA

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Martins, Maurício

M383e Efeitos da calagem na cultura da cana-de-açúcar
(Saccharum spp) em solo sob vegetação de cerrado.
Piracicaba, 1991.
86p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar - Efeito da calagem 2. Cana-de-
açúcar - Produtividade 3. Cerrado - Solo - Minas Ge
rais (Triângulo Mineiro) 4. Solo - Efeito da calagem
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Pi
racicaba

CDD 633.61

EFEITOS DA CALAGEM NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum* spp) EM SOLO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO

MAURICIO MARTINS

Aprovada em: 16.05.91

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Nadir Almeida da Glória

ESALQ/USP

Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti

ESALQ/USP

Prof. Dr. José Orlando Filho

UFSCar

Prof. Dr. ~~NADIR ALMEIDA DA GLÓRIA~~
Orientador

A

minha esposa

MARIA CRISTINA

e às minhas filhas

CAROLINA

JULIANA

SIMONE

MARÍLIA

com todo amor e carinho

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS por tudo que tenho recebido.

Ao Prof. Dr. Nadir Almeida da Glória, por todo apoio, incentivo, orientação e amizade.

Ao IAA/PLANALSUCAR pela oportunidade.

À Universidade Federal de Uberlândia pela colaboração.

A Destilaria COOPROÁLCOL pelo apoio material.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica pela bolsa concedida.

Ao amigo Marcos Cabral V. Barreto pelo apoio, consideração e solidariedade.

Ao Prof. Arnaldo A. Rodella pelas sugestões.

Ao Prof. Dr. Gaspar H. Korndorfer pelas sugestões e realização da análise estatística.

A todos os familiares e amigos pelo estímulo e colaboração.

SUMARIO

	Página
RESUMO	v
SUMMARY	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISAO DE LITERATURA	4
2.1. Qualidade do Corretivo	4
2.2. Efeitos da Calagem no Solo	7
2.3. Dose e Forma de Aplicação	13
2.4. Efeitos da Calagem na Cana-de-Açúcar	15
2.5. Efeitos da Calagem nas Características Tecno- lógicas	21
2.6. Comentários Sobre a Revisão	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Área Experimental	25
3.2. Delineamento Experimental e Tratamentos	25
3.3. Instalação e Acompanhamento do Experimento ..	31
3.4. Avaliações Realizadas	31
3.5. Análises Estatísticas	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Efeitos do Calcário no Solo	34
4.2. Efeitos da Calagem na Produção de Cana	57
4.3. Efeitos da Calagem nas Características Tecno- lógicas	68
5. CONCLUSÕES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

EFEITOS DA CALAGEM NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum* spp.) EM SOLO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO

Autor: MAURICIO MARTINS

Orientador: PROF. DR. NADIR ALMEIDA DA GLÓRIA

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido na região do Triângulo Mineiro - MG, em um solo Latossolo Vermelho-Amarelo, Álico A Fraco, textura média, sendo aplicado 4 doses de calcário dolomítico (0, 2, 4, e 6 t/ha), incorporado com grade ($\pm$ 20 cm), 90 dias antes do plantio, e adicionado no sulco gesso agrícola, sulfato de magnésio e enxofre elementar como subtratamentos (S_1 = 100 kg de S/ha; S_2 = 200 kg de CaO/ha; S_3 = 100 kg de MgO/ha + 30 kg de S/ha; S_4 = 200 kg de CaO/ha + 100 kg de MgO/ha), por ocasião do plantio da cana-de-açúcar (var. NA 56-79).

O efeito da calagem no solo foi verificado através de amostragens de solo retiradas na entrelinha e linha, nas profundidades de 0 a 30 cm e 30 a 60 cm, aos 6, 30 e 50 meses após a aplicação do corretivo.

Na cana-de-açúcar, o efeito da calagem foi medido através da colheita de três cortes sucessivos, quando foram determinadas as produtividades agrícolas expressas em

t de cana/ha e analisadas as características tecnológicas (Brix do Caldo, Pol % Cana e Fibra % Cana).

Os resultados mostraram que o incremento de doses de calcário proporcionou aumento linear na produtividade da cana-de-açúcar, e neste experimento o magnésio foi o fator mais importante da calagem. A calagem proporcionou também aumento no solo dos teores de cálcio, magnésio, elevação do pH, diminuição do alumínio, ocorrendo até a profundidade de 60 cm, e ficou evidente a ação residual até 50 meses após a aplicação. A ação do calcário praticamente não afetou a qualidade da cana, e não teve influência nos teores de fósforo e potássio do solo.

EFFECTS OF LIMING ON SUGARCANE (*Saccharum* spp.)
CROPPING IN SOILS UNDER "CERRADO" VEGETATION

Author: MAURICIO MARTINS

Adviser: PROF. DR. NADIR ALMEIDA DA GLÓRIA

SUMMARY

This study was carried out in the State of Minas Gerais-Brazil, in a region called "Triângulo Mineiro", in alic A feeble yellow-red latosol soil. Four rates (0, 2, 4 and 6 t/ha) of dolomitic lime were applied and incorporated with a harrow ($\pm$ 20 cm) 90 days before planting. Phosphogypsum, magnesium sulfate and elementary sulfur were added into the furrows as sub treatments (S_1 = 100 kg of S/ha; S_2 = 200 kg of CaO/ha; S_3 = 100 kg of MgO/ha + 30 kg of S/ha; S_4 = 200 kg of CaO/ha + 100 kg of MgO/ha) at planting time of sugarcane variety NA 56-79.

The effect of liming in the soil was observed in soil samples taken from the inter-rows and rows, at depths of 0 to 30 cm and 30 to 60 cm at 6, 30 and 50 months after applying the amendment.

The effects of liming in sugarcane was measured through 3 successive cycles (plant cane, 1st and 2nd ratoons) cane yield and some technological characteristics

(brix of broth, pol % cane e fiber % cane) were determined.

The results showed that the increment of lime rates provided linear increase to in cane yields and, in this experiment, magnesium effect was the more important than liming. Liming also provided in soil an increase in calcium and magnesium contents, raised the pH and decreased the aluminium occurring to the depth of 60 cm, and the residual effects in soil were evident up to 50 months after the application. Liming action practically did not effect sugarcane quality (pol % cane) and had no effect on phosphorus and potassium contents.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem assumido destacado papel nos últimos anos no cenário agrícola, energético e econômico nacional. Com uma área cultivada de aproximadamente 4,2 milhões de hectares, é uma das principais culturas do país (IAA/PLANALSUCAR, 1985).

Com o advento do Proálcool, houve necessidade de aumentar a produção de cana, que foi conseguido através do aumento de produtividade nas áreas tradicionais e introdução da cultura em novas áreas, geralmente em solos anteriormente não cultivados com cana, e de baixa fertilidade.

O Estado de Minas Gerais está entre os cinco maiores produtores de cana, açúcar e álcool do Brasil, e a região do Triângulo Mineiro - MG representa 30% da produção de cana, 23% da produção de açúcar e 40% da produção de álcool do Estado. Esta região é constituída em sua maioria por Latossolos Vermelho-Escuro, Latossolos Vermelho-Amarelo, distróficos, textura média, sob vegetação de cerrados (EMBRAPA-SNLCS, 1982), apresentando pobreza em Ca, Mg, K, P, baixo pH, saturação de Al alta, CTC extremamente baixa em todo o perfil (ADAMOLI et alii, 1986). É praticamente sobre estes solos que a cultura canavieira tem se expandido na

região.

Para formação e manutenção das lavouras em solos nas condições descritas, a providência básica é a correção do solo através de materiais que elevam o pH do solo e forneçam cálcio e magnésio.

Usualmente são empregadas rochas carbonatadas (calcários) com essa finalidade.

De forma geral a calagem para a cultura canavieira ainda é controvertida, uma vez que, apesar da importância da cultura para o país, ainda são relativamente escassos os trabalhos a esse respeito.

Entretanto a calagem é prática rotineira na implantação da lavoura canavieira, apesar dos resultados contraditórios acêrca dos seus benefícios sôbre a produtividade.

Atualmente existe uma forte tendência de considerar que a calagem para a cana, deve ser vista primordialmente, pelo aspecto de fornecimento de cálcio e magnésio, uma vez que se considera a cana-de-açúcar como uma gramínea bastante tolerante à acidez e alumínio.

Sabe-se que o conceito de acidez do solo não deve ser visto unicamente pelo efeito tóxico do alumínio à planta, mas também pelo papel que exerce na disponibilidade dos nutrientes no solo. Estes aspectos tornam ainda mais polêmicos os resultados experimentais que são apresentados na literatura.

Diante destas constatações procurou-se estabelecer um experimento de calagem para a cana-de-açúcar onde se contemplou além das doses do corretivo, a verificação dos efeitos isolados e conjunto do cálcio e magnésio, incorporados ao solo através de fontes com ação desprezível sobre o pH do solo.

Além dos resultados de produtividade e características tecnológicas, foram avaliadas as alterações nas propriedades químicas do solo, em profundidade e no decorrer do tempo, procurando-se relacionar os efeitos observados, aos resultados na produtividade da cana nos diferentes tratamentos, e efeito residual dos tratamentos nas soqueiras subsequentes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Qualidade do Corretivo

Os produtos considerados corretivos de acidez dos solos são aqueles que contêm como "constituente neutralizante" ou "princípio ativo", óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e ou de magnésio.

São corretivos de acidez o calcário moído, cal virgem, cal hidratada ou extinta, calcário calcinado, escória de siderurgia e outros materiais semelhantes.

No Brasil o material mais importante como corretivo é o calcário, seu constituinte neutralizante é o carbonato de cálcio normalmente associado ao carbonato de magnésio.

As características que definem a qualidade dos corretivos de acidez dos solos são: teor de neutralizantes, tamanho de partículas, forma química dos neutralizantes, natureza geológica e variedade e conteúdo de nutrientes (ALCARDE, 1983). As duas características mais importantes são a granulometria e o teor de neutralizantes.

Quanto a granulometria, atualmente a legislação brasileira estabelece que devem passar 100% na peneira

ABNT-10, 70% na peneira ABNT-20 e 50% em peneira ABNT-50; sendo permitida tolerância de 5% na peneira ABNT-10.

A ação dos corretivos no solo depende, além da presença de umidade, do contato entre corretivo e solo. Sabe-se que quanto menor o tamanho de suas partículas, maior será sua superfície total de exposição. Esse contato é importante devido à baixa solubilidade dos constituintes neutralizantes dos corretivos.

BELLINGIERI *et alii* (1988a) (1988b) (1988c), consideram com segurança que, nas condições brasileiras, calcário que passa na peneira nº 50 (ABNT - 0,300 mm) tem eficiência granulométrica 100%, isto é, tem condições de reagir completamente no solo num período de 3 meses. Em geral, produtos de granulometria mais fina são mais caros, e devido sua maior reatividade são utilizados em menores quantidades e seu período de ação no solo é mais curto (TISDALE & NELSON, 1975). O uso de frações mais grosseiras dos calcários (frações entre as peneiras nºs 10 e 50) ainda têm valor na calagem, e principalmente quanto ao efeito residual.

São poucos os trabalhos no Brasil sobre a ação de corretivos em função da granulometria.

VERLENGIA & GARGANTINI (1972), estudaram em casa de vegetação, a eficiência de diferentes frações granulométricas de dois calcários, um calcítico, e um dolomítico, aplicados em duas doses num único tipo de solo, durante 18 meses. Concluíram que as frações maiores do que 20 "mesh" (0,850 mm) não apresentaram nenhum efeito e as frações meno-

res do que 50 "mesh" foram as de melhor resultado. Mais recentemente, BELLINGIERI (1982), determinou taxas de eficiência para frações granulométricas, em casa de vegetação, utilizando quatro calcários dolomíticos, sendo dois de natureza sedimentar e dois metamórficos, e três tipos de solos. Verificaram que as frações que passam pela peneira ABNT-50, tiveram 100% de reatividade num período de 96 dias, porém variando com o tipo de solo, e ainda observaram que não houve diferença na elevação do pH, devido a origem do calcário.

O teor de neutralizantes nos corretivos é avaliado através do PN (Poder de Neutralização). A quantidade de ácido neutralizada pelo corretivo é o seu PN, é expresso em percentagem equivalente em CaCO_3 (% E CaCO_3).

Através da avaliação da granulometria e do poder de neutralização de um corretivo, separadamente, fica difícil definir a sua qualidade e principalmente quantificar o uso, razão pela qual foi idealizado um índice (PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total) que avaliasse a eficiência de um corretivo, contemplando essas duas características conjuntamente. De acordo com a legislação atual (Portaria nº 03, de 12 de junho de 1986, da Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, do Ministério da Agricultura), o PRNT será calculado por $\text{PRNT (\%)} = \frac{\text{PN} \times \text{RE}}{100}$, sendo:

PN = Poder de neutralização, expresso em equivalente em CaCO_3 do corretivo, determinado conforme o método analítico da legislação vigente.

RE = Reatividade das partículas do corretivo, calculada por:

- a) reatividade zero para a fração retida na peneira ABNT nº 10;
- b) reatividade 20% para a fração que passa na peneira ABNT nº 20;
- c) reatividade de 60% para a fração que passa na peneira ABNT nº 20 e fica retida na peneira ABNT nº 50; e
- d) reatividade de 100% para a fração que passa na peneira ABNT nº 50.

O calcário, atendendo a legislação deve apresentar os valores mínimos de 67% e 45% para PN e PRNT, respectivamente, e soma dos teores de $\text{CaO} + \text{MgO}$ igual ou superior a 38%.

2.2. Efeitos da Calagem no Solo

Através da calagem são incorporados ao solo, carbonatos, hidróxidos, óxidos de cálcio e/ou magnésio, o que proporciona maior suprimento desses nutrientes às plantas, disponibilidade de outros nutrientes, além de eliminar os efeitos nocivos da acidez.

Os efeitos do calcário são complexos e muitas vezes é difícil a separação dos efeitos devido a redução da acidez, daqueles da correção de deficiência de cálcio e magnésio, conforme afirmam VOLKWEISS & LUDWIK (1971).

A calagem promove alteração no estado químico do solo, tanto pela adição de cálcio e magnésio como pela mudança do pH do solo (BEN, 1974).

Vários trabalhos têm demonstrado que o incremento de doses de calcário, promoveram a elevação do pH, aumento dos teores de Ca e Mg, neutralização dos efeitos tóxicos de Al e Mn, e aumenta a disponibilidade de nutrientes existentes e aplicados ao solo (BRAGA *et alii*, 1971; FAGERIA *et alii*, 1977; MAGALHÃES, 1979; WINKLER & BIASI, 1983; CASTRO, 1989).

A velocidade de reação do calcário no solo é relativamente lenta e depende de vários fatores. EMBRAPA (1981), afirma que quantidades suficientes de calcário para atingir pH 5,5 a 6,0 levam em torno de 100 dias para alcançar esses valores. Entre os fatores que afetam a velocidade de reação estão a quantidade e a granulometria mais fina do calcário (GARGANTINI, 1974), enquanto a textura e a matéria orgânica são citados por ROSS *et alii* (1964) e FAGERIA (1984) como influenciadores da velocidade de reação.

Conforme já está suficientemente demonstrado, a elevação do pH causa a redução do alumínio e consequentemente da saturação do alumínio (FASSBENDER, 1975). O alumínio no solo tem basicamente dois problemas, ele em si é nocivo para a planta supondo que o efeito prejudicial se deva a inibição da divisão celular, por ligação do Al com ácido nucleico (WUTKE, 1972; FOY *et alii*, 1978) e devido ao antagonismo Al-Mg ocorre redução na absorção de Mg com a elevação de alumínio (KAMPRATH & FOY, 1971). Além disso o Al restringe a disponibilidade de certos nutrientes no solo, por exemplo o fósforo tende a reagir com o alumínio formando

fosfato de alumínio de solubilidade baixa.

De acordo com QUAGGIO (1985), existe um comportamento diferencial no crescimento e produção entre cultivares em relação à concentração de Al na solução do solo. As variedades de cana-de-açúcar têm também comportamento diferencial em relação ao alumínio, sendo a variedade NA 56-79 considerada intermediária com relação à toxidez de alumínio conforme evidenciado por AZEREDO *et alii* (1981), VIANA *et alii* (1983).

Quanto ao Mn^{2+} , a toxidez provoca menor absorção de Fe e Mg, e diminuição na síntese de clorofila (MALAVOLTA *et alii*, 1976). A disponibilidade do Mn depende entre outros fatores do pH, à medida que o pH sobe, diminuem os teores de manganês trocável e em solução.

KÜPPER *et alii* (1968), demonstraram que a calagem, neutralizando a acidez, provoca a transformação progressiva do Mn^{2+} para a forma oxidada e depois para a insolúvel. Com a prática da calagem, ocorre a elevação do pH, e conseqüente redução do alumínio e manganês.

Além do aumento do pH e da redução do alumínio, a calagem pode promover aumento na CTC (cargas negativas).

Um Latossolo Vermelho Amarelo argiloso em condições naturais apresentou pH 5,0 e 0,85 meq de cargas negativas/100 g de solo. Após aplicação de 3,5 t de calcário/ha e reação por um ano, o pH foi de 5,4 e o teor de cargas negativas foi de 1,84 meq/100 g de solo, o que contribui pa-

raumentar a retenção de cátions e portanto reduzir as perdas por lixiviação. Em solo virgem latossolo sob cerrado, RESCK *et alii* (1987), observaram que a calagem promoveu aumento na CTC em 93%, enquanto no mesmo solo cultivado aumentou somente 6%.

Com a aplicação do calcário, além da correção da acidez, os teores de Ca e Mg são aumentados, dependendo da dose aplicada ao solo. Esses cátions são necessários como nutrientes para a maioria das culturas e mesmo doses baixas, como 1,0 t de calcário/ha aumenta significativamente os teores de cálcio e magnésio do solo, comparados à não aplicação (GONZALES-ÉRICO, 1976).

O efeito residual de um corretivo é o tempo de duração da calagem efetuada. É primordial no manejo de solos ácidos e na economicidade da calagem (FREITAS & RAIJ, 1974; MIELNICZUK, 1983, RAIJ & QUAGGIO, 1984).

O efeito residual da calagem está relacionado com a reatividade do corretivo, que por sua vez depende da qualidade do mesmo, das doses aplicadas, da textura do solo, do clima. Materiais mais finos são mais reativos, mas o efeito residual é menor e vice-versa, confirmado por BARROS *et alii* (1985) para as condições brasileiras.

SCHERER *et alii* (1981), observaram que aplicando corretivo em dose única ou parcelada o efeito máximo do calcário sobre a acidez do solo somente foi atingido 12 meses após a aplicação.

Efeitos residuais de até 6 anos foram observados em doses de calcário aplicadas no solo para elevar o pH a 5,5. Em um Latossolo Vermelho Escuro argiloso, em que foram aplicadas, em 1972, diferentes doses de calcário e cultivada uma sequência de culturas até o ano agrícola de 1980/81, observou-se um acentuado efeito residual em todas as doses de calcário (EMBRAPA, 1982).

QUAGGIO *et alii* (1982), observaram que, após 30 meses da incorporação ao solo, o tratamento que recebeu 12 ton de calcário/ha (PRNT = 57%) ainda apresentava 1/3 do calcário não reagido.

CAMARGO *et alii* (1982), verificaram que, sete anos após a aplicação de calcário em um solo Podzólico Vermelho Amarelo, havia ainda efeito considerável de corretivo, indicando que o efeito residual deveria ainda se prolongar.

NASCIMENTO *et alii* (1983), FREITAS (1987), verificaram em Latossolos argilosos que após 30 e 48 meses da aplicação do calcário, as maiores dosagens provocaram alterações nas propriedades químicas do solo, até essas épocas.

A perda de eficiência da calagem é devida à extração de Ca e Mg pelas plantas, à lixiviação destes nutrientes e à adição de adubos que promovem a acidificação do solo, seja por lixiviação de bases ou produção de H^+ . O período mínimo de persistência do efeito residual da calagem, quando se usa uma quantidade correta de calcário, é de cerca de 5 anos (EMBRAPA 1976, 1982).

Trabalhando com diferentes fontes de cálcio, (DAL BÓ *et alii*, 1986), não detectaram movimentação apreciável de cálcio (20-25 cm de profundidade) quando a fonte foi apenas CaCO_3 , o CaSO_4 provocou movimentação intermediária (45-60 cm de profundidade), e o CaCl_2 provocou intensa movimentação (150 cm de profundidade).

A lixiviação de nutrientes seria decorrência da baixa capacidade de troca de cátions dos solos de cerrado (EMBRAPA, 1979; LOPES, 1983), dada a pobreza em matéria orgânica, a qual é responsável em grande parte pelas propriedades de troca iônica destes solos.

Dependendo da dose de calcário aplicada, é considerável a lixiviação de cálcio e magnésio, e a diminuição de toxidez de ferro, manganês e alumínio, abaixo da camada superficial do solo (LOPES, 1983).

BRAUNER & GARCEZ (1981), em três solos do Rio Grande do Sul, verificaram que níveis de calagens e natureza dos solos influenciaram as perdas de K e Ca por lixiviação o mesmo não ocorrendo com o Mg, enquanto, QUAGGIO *et alii* (1982), (1987), observaram que a lixiviação de bases provocada pela calagem é um processo lento, gradual, ocorre lixiviação de Ca e Mg até a camada de 40-60 cm já 6 meses após a calagem, com reflexo pequeno no pH.

BATAGLIA *et alii* (1985), observaram que a calagem promoveu elevação do pH e aumento nos teores de Ca e Mg, na camada superficial e inclusive na camada de 30-60 cm de profundidade. Após 36 meses da aplicação do calcário, na

camada superficial o efeito havia praticamente desaparecido na dose mais baixa, o que deve ter ocorrido em função da movimentação descendente do efeito da calagem, pois até a camada de 60-90 cm, houve correção da acidez, tanto na dose menor como nas doses mais elevadas.

SUZUKI (1989), observou em Latossolo Húmico distrófico que até 50 cm de profundidade houve aumento nos teores de Ca e Mg trocáveis, elevação do pH, diminuição do Al trocável, em função das doses e incorporação profunda do calcário.

2.3. Dose e Forma de Aplicação

A quantidade de calcário a ser aplicada no solo pode ser calculada de diferentes formas e por diferentes processos. Entre outros podem ser citados os métodos: SMP (SHOEMAKER et alii, 1961), incubação e acidez potencial (CATANI & ALONSO, 1969), alumínio trocável (KAMPRATH, 1970), elevação do teor de Ca + Mg (PIPAEMG, 1972), elevação da saturação em bases (RAIJ, 1981), outros semi-empíricos.

Os métodos mais utilizados, de acordo com SOUZA et alii, 1986, são: o SMP na Região Sul do País (Santa Catarina e Rio Grande do Sul) baseado em solução tamponada, o da Saturação em Bases no Estado de São Paulo e o método do Alumínio trocável e Ca + Mg trocáveis, utilizado no Estado do Paraná e Estados da Região dos cerrados (Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal).

Na região do Triângulo Mineiro é amplamente utilizado o método do alumínio trocável e Ca + Mg trocáveis (CFSEMG, 1978).

A comparação entre os três métodos mais utilizados no Brasil (SMP, saturação em bases, alumínio trocável), mostrou que os critérios com base no alumínio trocável e Ca + Mg trocáveis, subestimaram a necessidade de calagem, enquanto que os métodos de saturação em bases e SMP, recomendaram as mesmas doses de calcário entre si, para obtenção da produção máxima (QUAGGIO, 1985). Portanto, conclui-se que a dose de calcário é variável de acordo com a metodologia utilizada.

O método mais comum de aplicação de calcário é a distribuição na superfície do solo, que pode ser feita através do uso de distribuidores tipo cocho (em linhas), e a lanço com distribuidores centrífugos com um rotor e de dois rotores, com posterior incorporação (LUZ *et alii*, 1984).

A incorporação profunda de corretivos é uma prática de comprovada eficiência, mas nem sempre possível, devido a problemas em termos de equipamentos apropriados e alto consumo de energia (EMBRAPA, 1981). Em geral a profundidade de incorporação é de 15 cm e muito irregular.

MIKKELSEN *et alii* (1962) no Estado de São Paulo já demonstraram resposta favorável à incorporação de calcário a maiores profundidades. Mais recentemente (EMBRAPA, 1976, 1978, 1979), altas doses (8 t/ha) e maiores profundidades de incorporação de calcário (0-30 cm), proporcionaram

produções mais elevadas, particularmente durante os dois primeiros anos, manifestando também uma diminuição na saturação de alumínio e maior efeito residual. FREIRE (1983), também observou efeitos positivos de incorporação profunda de calcário em três Latossolos sob "cerrado" em Minas Gerais, quando comparou as mesmas doses incorporadas de 0-20 cm e 0-40 cm. O estudo indicou que os benefícios de uma maior profundidade de incorporação de calcário estão associados a um maior teor de cálcio + magnésio no perfil, diminuição na saturação de alumínio na camada de 20-40 cm e maior desenvolvimento do sistema radicular.

Nas regiões produtoras do Sul do País e Brasil Central, alguns produtores estão utilizando o calcário no sulco de semeadura. CARVALHO & MEURER (1980), observaram que a aplicação do corretivo no sulco, até a dose de 0,45 t/ha, promoveu aumento na produtividade de soja de 430 kg/ha, enquanto a aplicação de 7,0 t de calcário/ha em área total proporcionou incremento na produção de soja de 1500 kg/ha. O calcário no sulco corrige apenas pequeno volume de solo, o que restringe o desenvolvimento do sistema radicular, enquanto que a aplicação em área total corrige todo volume de solo da camada arável.

2.4. Efeitos da Calagem na Cana-de-açúcar

A calagem em solos para cana-de-açúcar é prática antiga, largamente utilizada, apesar dos resultados

contraditórios.

Resultados experimentais no Brasil (WUTKE *et alii*, 1960; WUTKE & ALVAREZ, 1968; GUIMARÃES *et alii*, 1975 e COPERSUCAR, 1977) demonstraram mais uma resposta em termos de suprimento de cálcio e/ou magnésio do que mesmo devido a uma ação neutralizante da acidez ou eliminadora de íons Al tóxicos.

O peso dos colmos de cana está altamente correlacionado com os teores de Mg^{2+} no solo (SANCHEZ & CLEMENTS, 1974), e os incrementos de produção proporcionados pela calagem devem ser atribuídos mais a uma ação nutricional do Mg do que mesmo a uma ação do Ca (CORDEIRO, 1978).

Segundo SCHMEHL & HUMBERT (1964), a cana-de-açúcar desenvolve-se bem em uma larga faixa de pH (4,0 a 8,3), é muito tolerante à acidez e alcalinidade. Por outro lado, VIANA *et alii* (1983) mostram que há uma grande variação entre as cultivares de cana, quanto à tolerância à acidez.

Trabalhos de GUIMARÃES *et alii* (1975), CORDEIRO (1978) e BENEDINI (1988), mostram que o pH pouco ou nada evidencia sobre a necessidade de calagem para a cana-de-açúcar. Relata ainda (CORDEIRO, 1978) que nas principais regiões canavieiras do mundo as reais necessidades e quantidade de calagem é de difícil previsão.

AYRES (1962), cita que a ausência da prática da calagem por 25 anos (1925-1951) nos solos do Haváí, é atribuída ao fato de que a avaliação de 25 experimentos so-

bre calagem conduzidos de 1916 a 1924, revelou nenhum aumento significativo em termos de produção e qualidade da cana-de-açúcar. Por volta de 1933, mais 11 experimentos foram reavaliados em conjunto com os 25 anteriores, revelando que, além de não produzir um efeito benéfico na produção, a calagem dentro de doses tidas como moderadas (1 a 3 t/ha), constatou-se que as respostas ao corretivo estavam inversamente relacionadas ao teor original de cálcio no solo, isto é, quanto menores as quantidades de cálcio trocável (variando de 0,08 a 0,50 e.mg/100 g de solo) maiores foram os aumentos de produção. Da mesma forma ocorreu quando foi utilizado o gesso na forma de superfosfato simples, e a calagem foi considerada como sinônimo de suprimento de cálcio no solo. O teor trocável de 0,50 e.mg de Ca^{2+} /100 g de solo foi considerado como nível crítico, isto é, acima do qual eram mínimas as probabilidades de resposta à calagem, enquanto que EVANS (1959), na Guiana Britânica, obteve respostas à calagem em solos com teores de cálcio de 2,50 e.mg/100 g de solo.

De acordo com ORLANDO F^º & ZAMBELLO JR (1980), no Havaí, os níveis críticos para Ca^{2+} e Mg^{2+} , são respectivamente, 1,15 e 0,125 e.mg/100 g de solo, e o alumínio não é levado em consideração. Na África do Sul, os níveis críticos são de 0,75 e 0,21 e.mg/100 g de solo, para Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente, e o alumínio é determinado quando o pH estiver abaixo de 5,5. Na Austrália, esses níveis são de 0,85 e 0,42 e.mg/100 g de solo, para Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamen-

te.

No Brasil, os níveis críticos para o Estado de São Paulo foram encontrados por ESPIRONELO & OLIVEIRA (1972), de 0,50 e.mg/100 ml de solo para o Al^{3+} ; por CORDEIRO (1978), 0,28 e 0,25 e.mg/100 ml de solo, para Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente; por ZAMBELLO JR & ORLANDO F^o (1981), 1,0 e.mg de Al^{3+} /100 ml de solo, 0,75 e 0,67 e.mg/100 ml de solo para Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente; por BENEDINI (1988), 1,0 e.mg/100 ml de solo para o Ca^{2+} e 1,4 e.mg/100 ml de solo para $Ca^{2+} + Mg^{2+}$.

No Estado do Rio de Janeiro, AZEREDO *et alii* (1981), sugerem os níveis críticos, 1,6 e.mg/100 ml de solo para $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ e 0,8 e.mg/100 ml de solo para o Al^{3+} .

No Estado de Alagoas, IAA/PLANALSUCAR (1978), estabeleceram o nível crítico de 1,25 e 0,8 e.mg/100 ml de solo, para $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ e Al^{3+} , respectivamente, e para saturação de alumínio o valor foi 35%.

Na região de cerrados, no Brasil Central, RODELLA *et alii* (1984), encontraram como níveis críticos os valores de 0,65; 0,17 a 0,34 e 0,67 e.mg/100 ml de solo, para Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , respectivamente, e o valor para saturação de alumínio (m) de 25%.

Os efeitos benéficos da calagem sobre os rendimentos agrícolas e/ou industriais da cana-de-açúcar foram verificados por WANG *et alii* (1959), WUTKE & ALVAREZ (1968), SANTOS *et alii* (1980), MARINHO *et alii* (1982), VARGAS (1989), enquanto que resultados obtidos por KAMPRATH (1973),

GUIMARAES *et alii* (1975), CARDOSO (1978), AZEREDO *et alii* (1981), VARGAS (1981), mostraram que a calagem não teve influência sobre as produções de cana-de-açúcar.

No Estado de São Paulo, WUTKE & ALVAREZ (1968), obtiveram aumento médio em três cortes de 33,9 t de cana/ha em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo. No Estado de Minas Gerais, SIQUEIRA *et alii* (1979), obtiveram acréscimos de 28,2 t de cana/ha, em um solo Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico.

No Estado de Alagoas, MARINHO *et alii* (1982), em 23 experimentos, citam que em 16 deles ocorreram acréscimos de produção de cana superiores a 15 t/ha, 2 deles tiveram acréscimos superiores a 10 t/ha, enquanto 5 deles tiveram decréscimos de produção.

No Estado do Mato Grosso do Sul, solo sob cerrado, VARGAS (1989), obteve aumentos de produção no 1º corte de 49 t de cana/ha, no 2º corte de 40 t de cana/ha e no 3º corte de 20 t de cana/ha, para a maior dose aplicada (4 t de calcário/ha).

No Brasil, de um modo geral, constata-se que o sistema radicular da cana-de-açúcar explora efetivamente cerca de 60 cm de solo. Entretanto a literatura internacional, aponta para valores superiores, entre 120 e 200 cm (KOFFLER, 1986). A incorporação profunda de calcário em solos de baixa fertilidade no Estado de São Paulo tem mostrado aumento de produtividade em outras culturas (MIKKELSEN *et alii*, 1963), ocorrendo o mesmo em solos do Brasil Central

(SOUZA & RITCHEY, 1986).

A resposta da aplicação do calcário varia na forma (área total a lanço e no sulco de plantio) e na profundidade de incorporação (com grade - 20 cm, com arado - 30-40 cm).

MARINHO & ALBUQUERQUE (1982), citam resposta significativa de cana-de-açúcar ao calcário aplicado em área total incorporado ao solo (20 cm) ou no sulco de plantio. São relatadas também respostas da cana-soca (7º corte) à aplicação superficial de calcário após o corte anterior. PENATTI *et alii* (1987), aplicando no sulco de plantio 1/3 da dose recomendada, obtiveram aumento de produtividade de 15 t de cana/ha no 1º corte, obtiveram no solo aumento de cálcio, magnésio, saturação de bases e diminuição no alumínio trocável, para os teores de fósforo e potássio não houve variação significativa.

VARGAS (1989), trabalhando em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, observou substancial aumento de produtividade quando associou a maior dose de calcário (4 t/ha) à maior profundidade de incorporação com arado (40 cm).

RODRIGUES & PALHARES (1986), observaram que calcário dolomítico aplicado em área total e incorporado com grade pesada, somente altera as características químicas da camada arável; quando incorporado metade da dose com arado e metade da dose com grade pesada a alteração das propriedades químicas ocorre na camada arável e subsuperficial; aplicação de calcário com maior PRNT (66%) mesmo incorporado com grade

a alteração química ocorreu em todo o perfil; houve incrementos de 7 a 12 t/ha na produção de colmos devido a calagem.

Ao longo do tempo, a manutenção dos ganhos de produtividade, está associada ao incremento de doses e incorporação profunda de calcário, sendo observado o efeito da calagem até 42 meses após a aplicação (VARGAS, 1989).

2.5. Efeitos da Calagem nas Características Tecnológicas

A literatura mostra os efeitos do nitrogênio, fósforo e potássio (SILVA et alii, 1977; ORLANDO F^º & ZAMBELLO JR., 1979; MARINHO & OLIVEIRA, 1980), nas qualidades tecnológicas da cana-de-açúcar, enquanto que existem poucas informações sobre os demais elementos. Os poucos estudos sobre efeitos da calagem na qualidade da cana-de-açúcar (pol % cana, brix do caldo, fibra % cana) têm se restringido a observações como as de (GUIMARÃES et alii, 1975; PENATTI et alii, 1987), quando a calagem não influenciou a qualidade da cana-de-açúcar, enquanto (SIQUEIRA et alii, 1979; VARGAS, 1989), relatam que a calagem influenciou positivamente.

2.6. Comentários Sobre a Revisão

A resposta à calagem depende de vários fatores, entre os quais a qualidade do corretivo, dos cultivares utilizados, dos constituintes presentes no solo, o que

torna a sua ação bastante complexa e seus efeitos de difícil separação.

Não existe uma padronização dos critérios de previsão de necessidades de calagem, havendo regiões que utilizam apenas o pH, em outras o cálcio e magnésio e ainda utilização conjunta de pH, cálcio, magnésio e alumínio. No Triângulo Mineiro adota-se normalmente o critério de neutralização do alumínio e elevação de cálcio e magnésio, apesar de subestimar a quantidade de calcário a ser utilizada, quando comparado aos métodos SMP e de saturação de bases.

Apesar da calagem ser uma prática antiga, bastante utilizada na lavoura canavieira, os trabalhos de pesquisa mostram resultados contraditórios, ora com resultados positivos, ora negativos ou sem efeitos significativos.

Resultados negativos ou sem efeitos significativos pela aplicação da calagem, são normalmente atribuídos a trabalhos conduzidos em locais geralmente com teores de Ca e Mg baixos, mas suficientes para suprir a necessidade da cultura.

Os trabalhos que obtiveram respostas positivas à aplicação da calagem são unânimes em constatar a elevação do pH, aumento nos teores de Ca e Mg e diminuição nos teores de Al trocável e na saturação de alumínio.

A variação do pH apresenta efeitos diretos na atividade microbiana favorecendo a mineralização da matéria orgânica e nitrificação, a fixação do nitrogênio, e na absorção de nutrientes e crescimento das plantas.

Dentre os efeitos indiretos da elevação do pH, estão o aumento da disponibilidade de outros nutrientes e neutralização da toxidez de alumínio e manganês.

Com relação a disponibilidade de nutrientes como o fósforo, ocorre que, a calagem adequada precipita o alumínio e o ferro, diminuindo as reações de fixação do fósforo, além de reduzir a adsorção devido a geração de cargas negativas.

A produtividade agrícola pode ser diretamente afetada pelo efeito tóxico do alumínio trocável. A sensibilidade dos diferentes cultivares para com a concentração desse íon na solução do solo, varia de acordo com sua carga genética, sendo que a cana-de-açúcar é considerada resistente, como ocorre com as gramíneas de modo geral. A cana-de-açúcar tem revelado pouca sensibilidade ao alumínio nos diferentes trabalhos realizados.

Os benefícios do incremento de doses e maior profundidade de incorporação estão associados a um maior teor de cálcio + magnésio no perfil, diminuição da saturação de alumínio (camada subsuperficial) e maior desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, que possibilita exploração de um maior volume de solo e umidade. Estas condições aliadas ao maior efeito residual da calagem, proporcionarão condições para ganhos efetivos de produtividade.

No caso da cana-de-açúcar tanto foi utilizada a aplicação em área total como em sulco, foram utilizadas aplicações mais rasas e mais profundas. De uma forma geral,

constata-se que aquelas aplicações mais profundas promoveram uma distribuição dos efeitos do calcário no solo, conduzindo a melhores resultados.

É portanto evidente, que para a cana-de-açúcar, são mais importantes os estudos e definições acerca de:

- Critério mais adequado para definição da quantidade de calcário a aplicar;
- Separação dos efeitos da adição de cálcio e magnésio, dos demais efeitos da calagem;
- Melhor forma de aplicação do corretivo.
- Efeito residual da cana-planta sobre a cana-soca.

São estes os motivos principais que induziram a elaboração deste trabalho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área Experimental

O experimento foi instalado na Estação Experimental do Planalsucar, no município de Uberlândia - MG.

A Estação Experimental está localizada na longitude 48°17' oeste e latitude 18°55' sul, a uma altitude de 870 metros. A precipitação média anual é de 1700 mm, sendo a temperatura média anual de 22,0°C. O tipo climático é "Aw", de acordo com o critério de Köppen. Na Tabela 1 constam os dados médios de precipitação e temperaturas máximas e mínimas, durante o período do experimento.

O solo do local do experimento é um (LV4) Latossolo Vermelho Amarelo Álico A fraco, textura média fase cerrado, relevo suave ondulado (TYPIC HAPLUSTOX), segundo MAZZA (1982), cujas características químicas e físicas são apresentadas na Tabela 2.

3.2. Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, contendo 4 trata-

Tabela 1. Médias mensais de precipitação e temperaturas, durante os anos de 1982 a 1985.

MESES	1982			1983			1984			1985		
	PRECIP. (mm)	TEMP. (°C) max.	min.	PRECIP. (mm)	TEMP. (°C) max.	min.	PRECIP. (mm)	TEMP. (°C) max.	min.	PRECIP. (mm)	TEMP. (°C) max.	min.
JAN	647,4	27,2	19,0	400,4	27,6	19,5	191,4	30,7	19,1	445,6	28,1	20,3
FEV	124,3	29,6	19,0	231,6	29,1	19,4	82,2	31,1	19,3	111,2	30,9	18,7
MAR	321,3	29,6	19,0	226,9	28,7	18,8	233,1	30,6	19,6	341,8	29,5	19,1
ABR	105,7	27,3	16,6	89,1	28,8	18,9	93,6	28,2	17,9	44,4	29,2	17,5
MAI	73,6	25,9	14,3	38,7	27,6	17,8	43,6	28,7	17,0	36,8	28,6	13,2
JUN	40,0	26,4	15,5	6,1	27,2	16,7	--	28,1	12,8	--	25,4	8,1
JUL	19,9	26,7	15,5	50,6	27,3	16,1	--	28,0	11,8	--	26,4	10,1
AGO	42,6	28,1	16,0	1,2	28,4	14,0	41,5	27,0	13,1	--	29,7	12,5
SET	23,7	29,8	17,1	119,9	28,0	17,5	72,9	28,6	14,1	65,4	31,5	16,3
OUT	188,1	29,5	18,4	240,8	27,8	18,1	58,8	31,3	17,5	76,6	31,8	17,0
NOV	218,8	30,9	19,4	234,6	28,1	18,6	124,8	30,6	18,2	190,0	30,1	17,3
DEZ	402,3	27,9	18,6	323,0	27,3	18,7	347,0	28,8	18,6	234,4	30,0	17,6
TOTAL	2207,1	28,1	17,3	1962,9	27,9	17,8	1288,9	29,3	16,6	1546,2	29,2	18,6

Tabela 2. Principais características químicas e físicas do solo Latossolo Vermelho Amarelo Álico (Typic Haplustox).

PROFUN- DIDADES (cm)	pH		P (ppm)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H	S	CTC	V	Al	C	GRANULOMETRIA		
	H ₂ O	KCl		(e. mg/ 100 g de solo)							%			ARG.	SILTE	AREIA TOTAL (%)
00-25	4,50	4,10	4	0,01	0,03	0,03	0,78	2,09	0,07	2,16	3,2	91,6	0,34	13,3	9,5	77,2
25-50	4,60	4,30	2	0,01	0,03	0,01	0,69	1,56	0,05	1,61	3,1	93,2	0,23	19,5	11,0	69,5
50-100	4,80	4,30	2	0,00	0,03	0,01	0,50	1,37	0,04	1,41	2,8	92,6	0,16	20,5	10,3	69,2
100-160*	4,80	4,50	2	0,00	0,03	0,01	0,38	1,12	0,04	1,16	3,4	90,5	0,14	21,1	10,2	68,7

Fósforo extraído por H₂SO₄ 0,5 N

Metodologia de análises: PLANALSUCAR, 1975.

mentos, 4 subtratamentos e 4 repetições, totalizando 64 parcelas. Cada bloco continha 4 faixas de 60 metros de comprimento representando os quatro tratamentos (T_1 , T_2 , T_3 e T_4) com doses variáveis de calcário, aplicado em área total e incorporado com grade 90 dias antes do plantio da cana-de-açúcar. Em cada faixa instalou-se as quatro sub-parcelas (15 m de comprimento cada) representando os subtratamentos (S_1 , S_2 , S_3 e S_4) onde foram feitas aplicação no sulco, por ocasião do plantio, conforme designações a seguir:

Tratamentos

T_1 = sem adição de calcário

T_2 = 2 t/ha de calcário em área total

T_3 = 4 t/ha de calcário em área total

T_4 = 6 t/ha de calcário em área total

Subtratamentos

S_1 = 100 kg de S/ha na forma de enxofre elementar

S_2 = 200 kg de CaO /ha na forma de gesso agrícola ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)

S_3 = 100 kg de MgO /ha na forma de sulfato de magnésio, mais 30 kg de S/ha na forma de enxofre elementar

S_4 = 200 kg de CaO /ha + 100 kg de MgO /ha, pelas fontes já assinaladas

O enxofre elementar foi aplicado em S_1 e S_3 para nivelar as doses de S, com o objetivo de isolar o efeito deste elemento nos subtratamentos. No S_4 o teor de S

foi um pouco maior, devido a utilização conjunta das fontes de cálcio e magnésio.

Cada parcela era composta de 7 sulcos de 15 metros de comprimento, com caminhamento de 2 metros e espaçamento de 1,50 metros entre sulcos. A área total da parcela foi de $157,5 \text{ m}^2$ e a área útil de $67,5 \text{ m}^2$, pois foram utilizadas na colheita apenas as três linhas centrais.

A Figura 1 mostra o esquema típico de um bloco do ensaio e a distribuição dos blocos.

Figura 1. Esquema de um bloco e distribuição dos blocos.

3,0	2,0	15,0	2,0	15,0	2,0	15,0	2,0	15,0	2,0	3,0
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
B o r d a d u r a	T ₁	S ₂	c	S ₃	c	S ₁	c	S ₄		9,0 m
			a		a		a			1,5 m
	T ₂	S ₃	i	S ₁	i	S ₄	i	S ₂		9,0 m
			n		n		n			1,5 m
	T ₃	S ₃	a	S ₂	a	S ₄	a	S ₁		9,0 m
			m		m		m			1,5 m
	T ₄	S ₄	e	S ₁	e	S ₃	e	S ₂		9,0 m
			n		n		n			—
			t		t		t			
			o		o		o			

Disposição dos blocos

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a NA 56-79, proveniente de viveiro secundário com 11 meses de idade.

O plantio foi realizado em 15/03/1982, sendo efetuado o primeiro corte 16 meses após (15/07/1983).

O segundo corte foi realizado 14 meses após o primeiro (28/09/1984).

O terceiro corte feito 10 meses após o segundo (10/07/1985).

Todas as parcelas receberam igualmente por ocasião do plantio a adubação de 20, 120 e 100 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, sendo utilizado como fontes os adubos Uréia, Fosfato monoamônio e Cloreto de Potássio.

Os resultados das análises dos insumos utilizados nos tratamentos e subtratamentos foram: Calcário dolomítico-LAGAMAR, oriundo de Lagamar-MG (32,2% CaO; 15,6% MgO; 57,5% $CaCO_3$; 32,7% $MgCO_3$; 89,0% PRNT), Sulfato de Cálcio (30% CaO e 15% S), Sulfato de Magnésio (16% MgO e 13% S), Enxofre Elementar (98% S).

Três meses após o plantio todas as parcelas receberam adubação complementar em cobertura de 35 kg de N/ha mais 60 kg de K_2O /ha, respectivamente como uréia e cloreto de potássio.

As soqueiras subsequentes receberam como adubação 80 - 40 - 160 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, tendo como fontes a uréia, o monoamônio fosfato e o cloreto de potássio.

3.3. Instalação e Acompanhamento do Experimento

Três meses após a aplicação mecânica do calcário em área total, com distribuidor em linhas (tipo cocho), e incorporação com grade, em faixas de acordo com os tratamentos, realizou-se a sulcação e adubação, também em faixas, e a aplicação no sulco dos subtratamentos (S_1 , S_2 , S_3 e S_4), sendo em seguida distribuída a cana, em média 15 gemas por metro linear de sulco, picada em toletes de mais ou menos três gemas, e coberta com aproximadamente 8 cm de terra.

A cana planta e soqueiras subsequentes foram mantidas no limpo, até o seu fechamento através de capinas manuais.

3.4. Avaliações Realizadas

Para verificar os efeitos dos tratamentos no solo ao longo do tempo e no perfil, foram coletadas amostras de solo aos seis, trinta e cinquenta meses após a aplicação do calcário. Essas amostragens foram feitas nas entrelinhas de 0 a 30 e 30 a 60 cm.

As amostragens nas linhas foram feitas apenas aos trinta e cinquenta meses após a aplicação do corretivo.

As amostragens nas entrelinhas foram realizadas nas faixas correspondentes aos tratamentos, sem diferenciação de subtratamento. Enquanto que as amostragens na

linha, consideraram cada subtratamento individualmente. Nas amostras foram realizadas as determinações de P disponível, Ca, Mg, K e Al trocáveis e pH.

Os resultados de análise de solo seguem a metodologia mais usual de extração, para a cana-de-açúcar:

pH em água: relação solo extrator de 1:2,5

Cálcio, Magnésio, Alumínio trocáveis (e.mg/100 ml de solo): extração com solução 1N de KCl, relação solo extrator de 1:10.

P e K: extração com solução de H_2SO_4 0,5N, relação 1:10 conforme PLANALSUCAR (1975).

Os efeitos de tratamentos na planta foram verificados através de dados de produtividade (t cana/ha) dos três cortes efetuados, e análises tecnológicas (pol % cana, brix do caldo, fibra % cana), conforme PLANALSUCAR (1980).

Para efetuar as análises tecnológicas, foram colhidas ao acaso, 12 canas cruas, representando a amostra de cada parcela.

Logo após, foi realizada a queima, o corte das canas e pesadas as três linhas centrais de cada parcela, ou seja a área útil de $67,5 m^2$, posteriormente transformada em tonelada de cana por hectare (t cana/ha).

3.5. Análises Estatísticas

Esquema da análise de variância

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL
Blocos	3
Calcário (T)	3
Resíduo (a)	9
(Parcelas)	(15)
Sub-parcelas (S)	3
Int. (T x S)	9
Resíduo (b)	36
Total	63

Através de teste F foi verificado a significância dos tratamentos e subtratamentos e interação (T x S), na produtividade de cana (t cana/ha) e Pol % cana. Pelo teste de Tukey foi feita a comparação de médias para tratamentos e subtratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos do Calcário no Solo

Na Tabela 1 nota-se que os índices anuais de precipitação pluviométrica e temperaturas, atingiram valores que atendiam as necessidades da cultura.

Para avaliar a ação do corretivo foram realizadas amostragens de solo na entrelinha e na linha de cana, em duas profundidades, e no decorrer do tempo, conforme já descrito.

Conforme aparece nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, a aplicação do calcário em área total, aumentou os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocável no solo, tanto na entrelinha como na linha de cana, esse aumento foi verificado nas duas profundidades (0-30 cm e 30-60 cm), independente da dose aplicada, sempre em relação ao tratamento T_1 , os teores de Ca^{2+} passaram de 0,08 para 1,24 e.mg/100 ml e o Mg^{2+} passou de 0,02 para 0,84 e.mg/100 ml, na camada de 0-30 cm, aos 50 meses, concordando com resultados de WINKLER & BIASI (1983), BENEDINI (1988) e CASTRO (1989).

Tabela 3. Valores médios de Ca^{2+} trocável (e.mg/100ml de solo), de amostragens de solo realizadas na ENTRE-LINHA, aos 6,30 e 50 meses após a calagem para a profundidade de 0-30 cm, e aos 30 e 50 meses para a profundidade de 30-60 cm.

TRATAMENTOS (área total)	Ca^{2+} (e.mg/100 ml de solo)				
	0-30 cm			30-60 cm	
	6 meses	30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	0,15	0,06	0,06	0,03	0,06
T_2	0,52	0,65	0,55	0,15	0,19
T_3	0,73	0,95	0,97	0,30	0,29
T_4	0,88	1,30	1,24	0,60	0,30

Tabela 4. Valores médios de Mg^{2+} trocável (e.mg/100ml de solo), de amostragens de solo realizadas na ENTRE-LINHA, aos 6, 30 e 50 meses após a calagem para a profundidade de 0-30 cm, e aos 30 e 50 meses para a profundidade de 30-60 cm.

TRATAMENTOS (área total)	Mg^{2+} (e.mg/100 ml de solo)				
	0-30 cm			30-60 cm	
	6 meses	30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	0,11	0,05	0,02	0,02	0,02
T_2	0,40	0,46	0,33	0,15	0,13
T_3	0,54	0,75	0,64	0,27	0,22
T_4	0,68	0,95	0,84	0,39	0,26

Tabela 5. Valores médios de Ca^{2+} trocável (e.mg/100 ml de solo), de amostragens de solo realizadas na LINHA, aos 30 e 50 meses após a calagem, nas profundidades de 0-30 cm e 30-60 cm.

TRATA- MENTOS	SUBTRA- TAMENTOS	Ca^{2+} (e.mg/100 ml de solo)			
		0-30 cm		30-60 cm	
		30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	S_1	0,03	0,17	0,04	0,07
	S_2	0,09	0,17	0,22	0,11
	S_3	0,11	0,16	0,05	0,10
	S_4	0,08	0,18	0,07	0,23
T_2	S_1	0,60	0,81	0,31	0,18
	S_2	0,62	0,65	0,42	0,30
	S_3	0,82	1,02	0,42	0,28
	S_4	0,80	0,86	0,35	0,22
T_3	S_1	1,25	1,43	0,70	0,33
	S_2	1,27	1,36	0,82	0,43
	S_3	1,15	1,52	0,77	0,45
	S_4	1,20	1,55	0,75	0,40
T_4	S_1	1,50	1,86	0,95	0,52
	S_2	1,50	1,98	0,95	0,52
	S_3	1,70	2,08	1,00	0,70
	S_4	1,30	1,98	0,75	0,54

Tabela 6. Valores médios de Mg^{2+} trocável (e.mg/100 ml de solo), de amostragens de solos realizadas na LINHA, aos 30 e 50 meses após a calagem, nas profundidades de 0-30 cm e 30-60 cm.

TRATA- MENTOS	SUBTRA- TAMENTOS	Mg^{2+} (e.mg/100 ml de solo)			
		0-30 cm		30-60 cm	
		30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	S_1	0,05	0,05	0,03	0,04
	S_2	0,05	0,06	0,02	0,04
	S_3	0,08	0,06	0,05	0,07
	S_4	0,09	0,07	0,07	0,05
T_2	S_1	0,32	0,38	0,23	0,12
	S_2	0,40	0,31	0,27	0,08
	S_3	0,61	0,51	0,31	0,21
	S_4	0,58	0,40	0,30	0,13
T_3	S_1	0,72	0,78	0,43	0,27
	S_2	0,91	0,74	0,50	0,25
	S_3	0,88	0,87	0,61	0,35
	S_4	0,77	0,82	0,57	0,26
T_4	S_1	0,97	1,06	0,46	0,42
	S_2	1,04	1,06	0,59	0,30
	S_3	1,17	1,13	0,72	0,48
	S_4	0,93	1,08	0,46	0,36

Os teores de cálcio e magnésio na profundidade (30-60 cm) nos tratamentos que receberam calcário foram superiores aos da testemunha (Figuras 2 e 3). Este fato comprova que houve deslocamentos destes elementos da camada superficial, onde o calcário foi aplicado, para as camadas mais profundas. É comum a lixiviação de bases em solos arenosos, pobre em matéria orgânica, especialmente quando as doses de calcário são elevadas. Resultados semelhantes foram obtidos por EMBRAPA (1979) e LOPES (1983).

O processo de lixiviação ocorre com maior facilidade nos solos arenosos porque de um modo geral possui CTC mais baixa.

As Tabelas 3 e 5, mostram que, de uma forma geral os teores de Ca^{2+} trocável encontrados nas amostragens na linha, foram maiores que os encontrados na entrelinha, nas duas profundidades, talvez devido ao acúmulo de material vegetal residual nessa posição.

Enquanto que os teores de Mg^{2+} trocável são praticamente iguais, tanto na entrelinha (Tabela 4) como na linha (Tabela 6).

Figura 2. Distribuição do Ca^{2+} trocável (e.mg/100 ml de solo) no perfil (0 a 30 cm e 30 a 60 cm) em função das doses de calcário (t/ha), em amostragens realizadas na entrelinha, 50 meses após a calagem.

Figura 3. Distribuição do Mg^{2+} trocável (e.mg/100 ml de solo) no perfil (0 a 30 cm e 30 a 60 cm) em função das doses de calcário (t/ha), em amostragens realizadas na entrelinha, 50 meses após a calagem.

Com relação aos efeitos dos subtratamentos (S_2 = 666 kg/ha de Gesso Agrícola), (S_3 = 625 kg/ha de Sulfato de Magnésio + 30,6 kg/ha de Enxôfre Elementar), (S_4 = 666 kg/ha de Gesso Agrícola + 625 kg/ha de Sulfato de Magnésio), aplicados no sulco, na faixa sem calcário, observou-se que proporcionaram discreto aumento nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , nas duas profundidades, em relação à testemunha (S_1 = 102 kg/ha de Enxôfre Elementar), mas praticamente não houve diferença entre eles (Tabela 5 e 6).

A determinação dos teores de Ca^{2+} no solo aos 50 meses, mostrou que, a aplicação do subtratamento com gesso não alterou os teores deste elemento na profundidade de 0-30 cm, mas foram superiores em relação à testemunha na profundidade de 30-60 cm, indicando uma boa lixiviação de Ca^{2+} (Tabela 5), concordando com observações de DAL BÓ *et alii* (1986), o que pode levar a uma perda de cálcio através desse mecanismo.

Quanto ao Mg^{2+} , foi detectado um pequeno aumento nos teores, na faixa de 4 t/ha de calcário, devido aos subtratamentos, evidenciando-se que para o caso desse elemento a aplicação no sulco, independente daquela em área total, ainda ocorrem acréscimos (Tabela 7).

As Figuras 2 e 3 mostram que, o efeito residual do corretivo, ficou bastante caracterizado, pois após 50 meses da aplicação, na camada superficial, os teores de Ca e Mg encontrados estão acima dos níveis críticos (0,65; 0,17 a 0,34 e mg/100 ml de solo) citados por RODELLA (1984)

Tabela 7. Valores médios de pH (H_2O) de amostragens de solo realizadas na LINHA, aos 30 e 50 meses após a calagem, nas profundidades de 0-30 e 30-60 cm.

TRATA- MENTOS	SUBTRA- TAMENTOS	pH (H_2O)			
		0-30 cm		30-60 cm	
		30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	S_1	4,25	4,22	3,80	3,92
	S_2	4,27	4,12	3,65	3,80
	S_3	4,27	4,15	3,70	3,90
	S_4	4,30	4,17	3,75	3,92
T_2	S_1	4,70	5,07	4,00	4,25
	S_2	4,80	5,05	4,07	4,20
	S_3	5,00	5,30	4,22	4,35
	S_4	5,10	5,12	4,20	4,17
T_3	S_1	5,40	5,90	4,20	4,22
	S_2	5,60	5,90	4,32	4,62
	S_3	5,37	5,87	4,52	4,20
	S_4	5,60	5,77	4,55	4,30
T_4	S_1	5,25	6,37	4,45	4,67
	S_2	5,55	6,17	4,57	4,32
	S_3	5,62	6,35	4,77	4,90
	S_4	5,40	6,60	4,25	4,45

e (1,0 e 0,40 e.mg/100 ml de solo) citados por BENEDINI (1988), mantendo ainda o suprimento necessário destes elementos para a cultura da cana-de-açúcar.

Após o aumento inicial nos teores de Ca e Mg devido às doses de calcário, na camada de 0-30 cm, pode-se notar que de acordo com as Figuras 4 e 5, no decorrer do tempo, até os 50 meses, esses teores praticamente não se alteraram, confirmando o grande efeito residual do corretivo nestas condições, o que também foi verificado por CAMARGO *et alii* (1982) e EMBRAPA (1982).

Quanto aos valores de $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ na Tabela 8, nota-se que, com o aumento de doses de calcário em área total, houve elevação dos índices de pH nas duas camadas (0-30 cm e 30-60 cm), mostrando que os efeitos da calagem em profundidade além dos 30 cm, não se limitaram aos acréscimos de cálcio e magnésio.

A Figura 6, amostragem realizada aos 50 meses, mostra um efeito aparentemente linear da aplicação de calcário sobre o pH do solo, e mostra que com o aumento de doses houve efeito sobre o pH mesmo na camada mais profunda, ratificando dados de BATAGLIA *et alii* (1985).

Os valores de pH encontrados na profundidade de 30-60 cm ficaram relativamente próximos aos valores encontrados na camada de 0-30 cm, o que permite deduzir que independente de dose, houve distribuição bastante homogênea dos efeitos sobre o pH, desde a superfície até os 60 cm de profundidade (Tabela 8).

Figura 4. Teores de Ca^{2+} trocável (e.mg/100 ml de solo), na região das entrelinhas, encontrados aos 6, 30 e 50 meses após a calagem, na camada de 0 a 30 cm.

Figura 5. Teores de Mg^{2+} trocável (e. mg/100 ml de solo), na região das entrelinhas, encontrados aos 6, 30 e 50 meses após a calagem, na camada de 0 a 30 cm.

Figura 6. Valores de $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ no perfil (0 a 30 cm e 30 a 60 cm), na região das entrelinhas, em função das doses de calcário (t/ha), 50 meses após a calagem.

Na Tabela 7, verifica-se que os subtratamentos, em relação à testemunha, não provocaram alterações nos valores de pH, nas duas camadas. Era de se esperar, que com as fontes utilizadas para o Ca e Mg no sulco, não houvesse esse efeito como aliás também observado por GUIMARÃES (1986). Entretanto onde foi aplicado o enxôfre elementar era provável uma diminuição de pH, o que não ocorreu.

Conforme Tabela 8, a alteração no valor de pH foi mais intensa na camada de 30-60 cm, do que de 0 a 30 cm. Isto indica que a ação do corretivo foi lenta e propiciou uma boa lixiviação, de forma que com o decorrer do tempo os seus efeitos se fizeram sentir mais intensamente nas camadas mais profundas.

A saturação de alumínio sofreu uma diminuição acentuada, na profundidade de 0-30 cm, com o aumento das doses de calcário em área total, sendo esse efeito menor na profundidade de 30-60 cm (Tabela 9).

Aos 6 meses após a aplicação do corretivo, na camada de 0-30 cm, já ocorreu uma redução da saturação de alumínio de 72% para 31% com aplicação de 2 t de calcário/ha, tendo sido reduzida a 12% com a aplicação da dose máxima de calcário (6 t/ha) conforme Tabela 9.

A Figura 7, mostra que mesmo aos 50 meses após a aplicação do corretivo, a saturação de alumínio na camada de 0-30 cm, 27% e 4% com 2 e 6 ton de calcário/ha, respectivamente, foi mantida abaixo do nível crítico (25%) encontrado para cana-de-açúcar (RODELLA, 1984), evidenciando o efei-

Tabela 8. Valores médios de pH (em água), de amostragens de solo realizadas na ENTRELINHA, aos 6, 30 e 50 meses após a calagem para a profundidade de 0-30 cm, e aos 30 e 50 meses para a profundidade de 30-60 cm.

TRATAMENTOS (área total)	pH (água)				
	0-30 cm			30-60 cm	
	6 meses	30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	4,77	4,25	4,65	4,30	4,62
T_2	5,13	4,90	5,10	4,65	5,02
T_3	5,32	5,10	5,47	4,70	5,20
T_4	5,40	5,35	5,75	4,85	5,42

Tabela 9. Valores médios de saturação de alumínio (Al%), de amostragens de solo realizadas na ENTRELINHA, aos 6, 30 e 50 meses após a calagem para a profundidade de 0-30 cm, e aos 30 e 50 meses para a profundidade de 30-60 cm.

TRATAMENTOS (área total)	Al %				
	0-30 cm			30-60 cm	
	6 meses	30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	72	84	88	90	87
T_2	31	16	27	66	62
T_3	21	8	7	45	48
T_4	12	6	4	30	42

to residual do corretivo, já na camada mais profunda (30-60 cm), mesmo para as maiores doses aplicadas, a saturação de alumínio foi maior (42%), isto é, acima do nível crítico.

No decorrer do tempo (Tabela 9), houve redução de saturação de alumínio, na camada de 0-30 cm, para todas as doses aplicadas.

Os subtratamentos (Tabela 10), nas duas profundidades, praticamente não foram alterados na saturação de alumínio, em relação à testemunha (S_1).

Em relação ao K^+ trocável (Tabelas 11 e 12), o aumento de doses de calcário em área total, e adição de subtratamentos no sulco, não promoveram alterações nos teores deste elemento, permanecendo semelhantes à testemunha (0,08 e mg/100 ml de solo). Este comportamento foi verificado nas duas camadas de solo (0-30 cm e 30-60 cm), nas amostragens realizadas na linha e entrelinha, e ao longo do tempo. Era de se esperar que decrescesse o teor de potássio (BRAUNER & GARCEZ, 1981).

Para o fósforo (Tabela 13), as doses de calcário em área total, não tiveram influência nos valores encontrados, sendo praticamente iguais à testemunha, nas duas camadas de solo (0-30 cm e 30-60 cm), permanecendo constantes ao longo do tempo.

Tanto para o Potássio como para o Fósforo resultados semelhantes foram obtidos por PENATTI *et alii* (1987).

Figura 7. Valores de Saturação de Alumínio (Al%) no perfil (0 a 30 cm e 30 a 60 cm), na região das entrelinhas, em função das doses de calcário (t/ha), 50 meses após a calagem.

Tabela 10. Valores médios de saturação de alumínio (Al%), de amostragens realizadas na LINHA, aos 30 e 50 meses após a calagem, nas profundidades de 0-30 cm e 30-60 cm.

TRATA- MENTOS (área total)	SUBTRA- TAMENTOS (sulco)	Al (%)			
		0-30 cm		30-60 cm	
		30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	S_1	85	76	88	87
	S_2	80	76	79	87
	S_3	78	76	88	85
	S_4	79	74	85	78
T_2	S_1	28	19	58	72
	S_2	24	25	51	70
	S_3	15	18	49	63
	S_4	15	20	51	71
T_3	S_1	8	3	30	59
	S_2	3	3	25	46
	S_3	6	4	25	54
	S_4	6	5	24	56
T_4	S_1	3	3	19	38
	S_2	4	2	18	48
	S_3	2	2	14	25
	S_4	4	2	32	44

Tabela 11. Valores médios de K^+ trocável (e.mg/100 ml de solo), de amostragens de solo realizadas na ENTRE-LINHA, aos 6,30 e 50 meses após a calagem para a profundidade de 0-30 cm, e aos 30 e 50 meses para a profundidade de 30-60 cm.

TRATAMENTOS (área total)	K^+ (e.mg/100 ml de solo)				
	0-30 cm			30-60 cm	
	6 meses	30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04
T_2	0,08	0,06	0,07	0,04	0,04
T_3	0,08	0,10	0,06	0,04	0,04
T_4	0,08	0,05	0,06	0,04	0,03

Tabela 12. Valores médios de k^+ trocável (e.mg/100 ml de solo), de amostragens de solo realizadas na LINHA, aos 30 e 50 meses após a calagem, nas profundidades de 0-30 e 30-60 cm.

TRATA- MENTOS	SUBTRA- TAMENTOS	K^+ (e.mg/100 ml de solo)			
		0-30 cm		30-60 cm	
		30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T_1	S_1	0,09	0,09	0,09	0,06
	S_2	0,09	0,08	0,08	0,06
	S_3	0,09	0,08	0,07	0,05
	S_4	0,10	0,07	0,09	0,05
T_2	S_1	0,08	0,09	0,07	0,05
	S_2	0,08	0,10	0,07	0,04
	S_3	0,09	0,08	0,08	0,04
	S_4	0,09	0,11	0,08	0,05
T_3	S_1	0,08	0,08	0,07	0,05
	S_2	0,09	0,07	0,08	0,05
	S_3	0,09	0,09	0,09	0,05
	S_4	0,09	0,10	0,09	0,05
T_4	S_1	0,08	0,08	0,08	0,05
	S_2	0,10	0,08	0,09	0,05
	S_3	0,12	0,07	0,09	0,04
	S_4	0,10	0,06	0,08	0,04

Tabela 13. Valores médios de Fósforo (ppm), de amostragens de solo realizadas na ENTRELINHA, aos 6, 30 e 50 meses após a calagem para a profundidade de 0-30 cm, e aos 30 e 50 meses para a profundidade de 30-60 cm.

TRATAMENTOS (área total)	P (ppm)				
	0-30 cm			30-60 cm	
	6 meses	30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T ₁	6	8	5	4	4
T ₂	6	6	5	4	4
T ₃	6	6	5	4	3
T ₄	6	6	5	4	4

Nas amostragens realizadas na linha (Tabela 14), como era de se esperar devido a adubação no sulco, os teores de fósforo foram superiores aos encontrados nas amostragens na entrelinha, apenas ressaltando que os teores obtidos na camada de 0-30 cm foram inferiores aos obtidos na profundidade de 30-60 cm, demonstrando a profundidade da adubação.

4.2. Efeitos da Calagem na Produção de Cana

No primeiro corte, conforme mostra a Tabela 15, o maior aumento verificado foi de 21 t de cana/ha (41%) em relação à testemunha, quando foi aplicada a dose máxima do corretivo (6 t/ha), resultados semelhantes foram obtidos por MARINHO *et alii* (1982) e VARGAS (1989).

Apenas a dose mais baixa (2 t de calcário/ha) não diferiu significativamente da testemunha. Entre as doses aplicadas houve diferença significativa apenas entre a dose mínima (2 t/ha) e a dose máxima (6 t/ha), conforme dados apresentados na Tabela 15.

Quanto aos subtratamentos aplicados no sulco de plantio (Tabela 15), apenas o subtratamento S_4 (200 kg de CaO/ha + 100 kg de MgO/ha), concorreu para um aumento significativo de produtividade de cana em relação à testemunha, e em relação ao subtratamento S_2 (200 kg de CaO/ha), enquanto que o aumento de produtividade de S_4 (200 kg de CaO/ha + 100 kg de MgO/ha) em relação a S_3 (100 kg de MgO/ha + 30 kg de

Tabela 14. Valores médios de Fósforo (ppm) de amostragens de solos realizadas na LINHA, aos 30 e 50 meses após a calagem para as profundidades de 0-30 cm e 30-60 cm.

TRATA- MENTOS (área total)	SUBTRA- TAMENTOS (sulco)	P (ppm)			
		0-30 cm		30-60 cm	
		30 meses	50 meses	30 meses	50 meses
T ₁	S ₁	18	23	47	54
	S ₂	11	15	75	81
	S ₃	10	17	85	109
	S ₄	9	16	88	86
T ₂	S ₁	10	9	60	20
	S ₂	10	7	64	66
	S ₃	14	15	70	90
	S ₄	12	19	68	121
T ₃	S ₁	10	12	120	104
	S ₂	8	14	160	60
	S ₃	13	16	123	90
	S ₄	12	17	120	95
T ₄	S ₁	19	10	150	98
	S ₂	17	26	88	115
	S ₃	14	17	86	30
	S ₄	16	12	195	62

Tabela 15. CANA-PLANTA (1º Corte): Valores de produtividade (t cana/ha).

TRATAMENTOS	(t cana/ha)	dms
T ₁	51,06 c	
T ₂	59,15 bc	10,19
T ₃	66,94 ab	
T ₄	72,37 a	
S ₁	58,20 b	
S ₂	59,57 b	7,25
S ₃	63,74 ab	
S ₄	68,01 a	

* Médias seguidas de mesma letra em cada coluna dentro de cada segmento não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

S/ha) não foi significativo, o que leva a supor que o nível de magnésio fosse o mais limitante, nas condições deste experimento.

Cabe ressaltar que não houve interação entre tratamentos e subtratamentos.

No segundo corte (Tabela 16), quando foi aplicada a maior dose de calcário (6 t/ha) obteve-se a maior produtividade, alcançando uma diferença significativa de 28 t de cana/ha (80%), a mais que a testemunha. Todos os tratamentos diferiram significativamente da testemunha, mas não houve diferença significativa entre eles.

Para subtratamentos, apenas o S_4 (200 kg de CaO/ha + 100 kg de MgO/ha) diferiu significativamente da testemunha (Tabela 16).

O teste F mostra que houve interação de tratamentos e subtratamentos.

Pelo teste de Tukey a 5%, verifica-se que nos subtratamentos com gesso no sulco as melhores respostas de produção foram obtidas quando aplicadas as maiores doses de calcário em área total, e quando foi utilizada a menor dose (2 t de calcário/ha) não houve diferença significativa em relação à testemunha.

Enquanto que, nos subtratamentos com sulfato de magnésio no sulco, os resultados de produção foram significativamente superiores à testemunha para todos os tratamentos ou doses aplicadas, o que confirma a hipótese de ter sido o magnésio, o fator mais limitante à produção, em rela-

Tabela 16. CANA-SOCA (2º Corte): Valores médios de produtividade (t cana/ha) de tratamentos dentro de subtratamentos e subtratamentos dentro de tratamentos.

TRATAMENTOS		(t cana/ha)	dms
T ₁	S ₁	35,44 b	11,96
T ₂	S ₁	53,62 a	
T ₃	S ₁	58,33 a	
T ₄	S ₁	63,55 a	
T ₁	S ₂	40,55 c	11,96
T ₂	S ₂	49,18 bc	
T ₃	S ₂	55,40 ab	
T ₄	S ₂	61,29 a	
T ₁	S ₃	37,88 b	11,96
T ₂	S ₃	58,55 a	
T ₃	S ₃	57,37 a	
T ₄	S ₃	63,14 a	
T ₁	S ₄	49,17 a	11,96
T ₂	S ₄	52,03 a	
T ₃	S ₄	59,14 a	
T ₄	S ₄	60,40 a	
T ₁	S ₁	35,44 b	9,63
T ₁	S ₂	40,55 ab	
T ₁	S ₃	37,88 b	
T ₁	S ₄	49,17 a	
T ₂	S ₁	53,62 a	9,63
T ₂	S ₂	49,18 a	
T ₂	S ₃	58,55 a	
T ₂	S ₄	52,03 a	

Continuação Tabela 16.

TRATAMENTOS		(t cana/ha)	dms
T ₃	S ₁	58,33 a	9,63
T ₃	S ₂	55,40 a	
T ₃	S ₃	57,37 a	
T ₃	S ₄	59,14 a	
T ₄	S ₁	63,55 a	9,63
T ₄	S ₂	61,29 a	
T ₄	S ₃	63,14 a	
T ₄	S ₄	60,40 a	

* Médias seguidas de mesma letra em cada coluna dentro de cada segmento não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ção aos efeitos dos subtratamentos.

No terceiro corte, conforme a Tabela 17, o maior aumento de produtividade foi de 25 t de cana/ha em relação à testemunha, obtido com a aplicação da maior dose de calcário (6 t/ha), sendo que as três doses aplicadas diferiram significativamente da testemunha.

Os subtratamentos aplicados no sulco não diferiram significativamente da testemunha.

Verifica-se que as maiores produtividades foram obtidas com a aplicação das maiores doses de calcário em área total, ocorrendo nos três cortes, concordando com VARGAS (1989).

Pela Figura 8, observa-se que nos três cortes, o aumento de doses de calcário, promoveu aumento linear na produtividade da cana-de-açúcar (t cana/ha). Os resultados indicam que a cana-de-açúcar poderia ainda responder à aplicação de doses mais elevadas que 6 t de calcário/ha.

Foi analisada também a soma da produção dos três cortes (Tabela 18 e Figura 9). Esses resultados confirmam os dados obtidos em cada corte, mostrando que as três doses utilizadas promoveram aumentos de produtividade significativamente superiores à testemunha, sendo observado que a maior dose (6 t/ha) é significativamente superior à dose mais baixa (2 t/ha) e não difere da dose intermediária (4 t/ha).

Quanto aos subtratamentos (Tabela 18), o S_4 (200 kg de CaO /ha + 100 kg de MgO /ha) difere significativa-

Tabela 17. CANA-RESSOCA (3º CORTE): Valores médios de produtividade (t cana/ha).

TRATAMENTOS	(t cana/ha)	dms
T ₁	22,95 c	
T ₂	36,06 b	
T ₃	42,40 ab	8,37
T ₄	47,72 a	
S ₁	35,64 a	
S ₂	36,52 a	
S ₃	36,47 a	5,71
S ₄	40,50 a	

* Médias seguidas de mesma letra em cada coluna dentro de cada segmento não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 8. Efeito de doses de calcário (t/ha) na produtividade de cana (t cana/ha).

Tabela 18. (1º CORTE + 2º CORTE + 3º CORTE): Total de três cortes. Valores médios de produtividade (t cana/ha).

TRATAMENTOS	(t cana/ha)	dms
T ₁	114,71 c	22,52
T ₂	148,55 b	
T ₃	166,89 ab	
T ₄	182,17 a	
S ₁	146,55 b	14,04
S ₂	147,69 b	
S ₃	154,45 ab	
S ₄	163,63 a	

* Médias seguidas de mesma letra em cada coluna dentro de cada segmento não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 9. Efeito de doses de calcário (t/ha) na produtividade de cana (t cana/ha), soma dos três cortes.

mente de S_2 (200 kg de CaO/ha) e S_1 (testemunha), e não difere de S_3 (100 kg de MgO/ha + 30 kg de S/ha), no que se refere à produção de cana por hectare (t cana/ha)

A baixa produtividade de forma geral, talvez possa ser explicada pela baixa fertilidade natural do solo, adubação fosfatada um pouco deficiente, primeiro cultivo nesta área.

4.3. Efeitos da Calagem nas Características Tecnológicas

Foram determinadas a Pol % cana, Brix do Caldo e Fibra % cana, conforme aparecem nas Tabelas 19 e 20.

Considerou-se para efeito de análises estatísticas apenas a Pol % cana, e neste caso observou-se (Tabela 20) que o aumento da calagem proporcionou diminuição da pol % da cana, diferindo significativamente a pol % da cana do tratamento testemunha em relação àquela dos tratamentos com doses mais elevadas de calcário T_3 e T_4 , ocorrendo apenas no 1º corte.

Tabela 19. Valores médios de Brix do Caldo e Fibra % Cana no 1º e 2º corte.

TRAT.	SUBTRAT.	BRIX DO CALDO		FIBRA % CANA	
		1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
T ₁	S ₁	22,9	21,7	11,02	10,42
	S ₂	22,9	21,5	10,39	10,31
	S ₃	22,8	21,7	10,43	10,36
	S ₄	22,9	21,6	10,72	10,38
T ₂	S ₁	22,8	21,3	10,90	10,53
	S ₂	22,5	21,5	10,91	10,55
	S ₃	22,4	21,7	10,91	10,48
	S ₄	22,9	21,6	10,89	10,61
T ₃	S ₁	22,6	21,9	11,09	10,55
	S ₂	22,5	21,6	10,90	10,62
	S ₃	22,4	21,7	11,07	10,58
	S ₄	22,3	21,6	11,29	10,56
T ₄	S ₁	22,6	21,6	10,90	10,91
	S ₂	22,2	21,3	11,12	10,89
	S ₃	22,6	21,4	11,09	10,86
	S ₄	22,4	21,5	10,71	10,90

Tabela 20. Valores de pol % cana, para tratamentos e subtra-
tamentos, no 1º , 2º e 3º corte.

TRATAMENTOS	Pol % cana					
	1º Corte	dms	2º Corte	dms	3º Corte	dms
T ₁	19,11a		17,67a		17,42a	
T ₂	18,84ab	0,46	17,67a	0,44	17,31a	0,59
T ₃	18,55 b		17,68a		17,51a	
T ₄	18,54 b		17,39a		17,07a	
S ₁	18,92a		17,66a		17,34a	
S ₂	18,68a	0,34	17,45 b	0,18	17,30a	0,40
S ₃	18,75a		17,73a		17,26a	
S ₄	18,70a		17,57ab		17,40a	

* Médias seguidas de mesma letra em cada coluna dentro de cada segmento não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, permitem concluir que:

- O aumento do suprimento de Ca + Mg no solo é o fator mais importante para o aumento da produtividade, quando se efetua a calagem em solos com baixos teores nesses elementos.
- No caso específico deste experimento o teor de magnésio foi o fator mais importante da calagem, condicionando as melhores produtividades.
- A calagem proporcionou aumento nos teores de cálcio e magnésio, elevação do pH e diminuição do alumínio do solo, em função direta das doses aplicadas. Esses efeitos tanto foram sentidos na camada mais superficial, como até 60 cm, evidenciando forte carreamento da ação do calcário para as camadas inferiores e uma ação residual que se prolongou até aos 50 meses após a aplicação do corretivo. Isto demonstra que o calcário, neste tipo de solo, tem pronunciado e persistente efeito nas camadas inferiores do solo.

- Houve efeito residual dos tratamentos do plantio sobre as produtividades das soqueiras subsequentes.
- A ação do calcário e mesmo o suprimento adicional de cálcio e magnésio no sulco, apesar de terem proporcionado aumentos na produtividade da cana, praticamente não tiveram efeito na pol % cana, ocorrendo apenas uma pequena diminuição da pol % cana no 1º corte, provavelmente pelo efeito diluição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÁMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G.de.; NETTO, J.M. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos Cerrados. Brasília, 1986. cap. 2, p. 33-74.
- ALCARDE, J.C. Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo. Simpósio sobre "Acidez e Calagem", XV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 1983, p. 11-22, Campinas (SP).
- AYRES, A.S. The utility of soil analysis in determining the need for applying calcium to sugar cane. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 11 Mauritius, 1982. Proceedings. p.162-169.
- AZEREDO, D.F. de; GLÓRIA, N.A.da; MANHÃES, M.S. Efeitos da calagem na cana-planta e nas características químicas de dois solos do Estado do Rio de Janeiro. In: Anais do II Congresso Nacional da STAB, Rio de Janeiro. 3/4: 71-88, 1981.
- BARROS, U.V.; FIGUEIREDO, J.P.; SANTIAGO, R.; SILVA, O.A. Estudo comparativo do calcário dolomítico e do calcário calcítico no plantio do cafeeiro em solo Lva cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, 1985, Resumos, p.105-6.

- BATAGLIA, O.C.; CAMARGO, C.E. de O.; OLIVEIRA, O.F. de; NAGAI, V.; RAMOS, V.J. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 9(3): 139-47, 1985.
- BELLINGIERI, P.A. Avaliação, em laboratório, da eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcários, na neutralização da acidez dos solos. *Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*. Piracicaba (SP), 1982. 99 p. (Tese de Doutorado)
- BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C.; SOUZA, E.C.A. Reatividade de calcários agrícolas e a relação entre os teores de cálcio e magnésio. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.45 (parte2): 499-515, 1988a.
- BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C.; SOUZA, E.C.A. Solubilidade de calcários em extratores químicos. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v. 45 (parte 2): 517-531, 1988b.
- BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C.; SOUZA, E.C.A. Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.45 (parte 2): 579-588, 1988c.
- BEN, J.R. Efeito da calagem no comportamento das bases no solo e relação dos mesmos com a planta. Piracicaba, 1974. p. (mimeografado).
- BENEDINI, M.S. Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar. *Cadernos Copersucar. Série Agronômica*, 16. Centro de Tecnologia Copersucar, 1ª Edição, Setembro. 1988. 19p.

- BRAGA, J.M.; BRAGA, L.J.; FONTES, L.A.N. Efeitos da aplicação de calcário sobre os níveis de pH, cálcio, magnésio, fósforo e potássio do solo. *Revista Ceres*, Viçosa, 18(98): 279-93, 1971.
- BRASIL. Portaria nº 03, de 12 de junho de 1986. Ministério da Agricultura, Brasília - DF, 1986.
- BRAUNER, J.L. & GARCEZ, J.R.B. Perdas por lixiviação de K, Ca e Mg em três solos do Rio Grande do Sul submetidos a cinco níveis de CaCO_3 . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18, Salvador, 1981. *Resumos*, Salvador, 1981, 114p.
- CAMARGO, A.P. de; RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; ROCHA, T.R. da; NAGAI, V.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. *Pesq. Agrop. Bras.* 17: 1007-112, 1982.
- CARDOSO, A. Efeitos da calagem na disponibilidade do boro, nos solos L.R. e PVp., para a cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ, 1978. (Tese de Doutorado)
- CARVALHO, T.A.A. & MEURER, E.J. Aplicação de calcário a lance e em linhas para o cultivo de soja. *R. Bras. Ci. Solo*, 4: 170-3, 1980.
- CASTRO, O.M.de. Efeito de dois tipos de calcário em alguns atributos físicos de um latossolo vermelho-escuro e de um podzólico vermelho-amarelo. Piracicaba, 1989. 63p. (Dissertação de mestrado - ESALQ-USP)
- CATANI, R.A. & ALONSO, O. Avaliação da exigência de calcário do solo. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 29: 141-156. Piracicaba, 1969.

CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 3ª Aproximação. EPAMIG, Belo Horizonte. 1978. 80p.

COPERSUCAR. Recomendações de fertilizantes em cana-de-açúcar. Boletim Técnico Copersucar, São Paulo, (4): 7-13, 1977.

CORDEIRO, D.A. Efeitos da calagem e da adubação potássica sobre a produção de colmo e o equilíbrio nutricional da cana-de-açúcar. (*Saccharum spp*). Piracicaba, 1978. (Mestrado - ESALQ).

DAL BÔ, M.A.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M. da; THIEBAUT, J.T.L.; NOVAIS, R.F. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar. I Movimentação de bases no solo R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 10(3): 195-198, 1986.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório Técnico Anual do CPAC, 1978. Brasília, 183p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF. Rel. Téc. Anu. Cerrados. Planaltina, 1976. 154p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF. Rel. Téc. Anu. Cerrados. Planaltina, 1979. v.3. 192p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF. Rel. Téc. Anu. Cerrados. Planaltina, 1981. v.5. 190p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF. Rel. Téc. Anu. Cerrados. Planaltina, 1982. v.6. 163p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, 1982. 526p. (Boletim de Pesquisa nº 1).

ESPIRONELO, A. & OLIVEIRA, H. Orientação geral para a adubação da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1972. 16p. (Boletim, 201).

EVANS, H.J. Elements other than nitrogen, potassium and phosphorus in the mineral nutrition of sugar cane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 10., Honolulu, 1959. Proceedings. p.473-508.

FAGERIA, N.K. Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz. Rio de Janeiro, Campus, 1984. 341p.

FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P.; LOPES, A.M. Resposta do arroz irrigado à aplicação de fósforo, zinco e calcário. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1(2/3): 72-76, maio/dez. 1977.

FASSBENDER, H.W. Química de Suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, 1975. 398p.

FOY, C.D.; CHANEY, R.L. & WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. Ann. Rev. Plant. Physiol. 29: 511-566. 1978.

- FREIRE, J.C. Influência da calagem incorporada em duas profundidades na produção de milho e soja em Latossolos sob "cerrado" em Minas Gerais. Convênio Banco do Brasil FIPEC/FAEPE: Materiais corretivos e correção da acidez de solos sob cerrado. Relatório Final, 198p. 1983.
- FREITAS, J.A.D. Efeito residual do calcário na distribuição vertical de nutrientes em um oxisol muito argiloso da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, Campinas, 1987. Resumos, 1987, 232p.
- FREITAS, L.M.M. & RAIJ, B. van. Efeitos residuais delencalado de um Latossol em São Paulo, Brasil. In: BORNEMISSA, E. & ALVARADO, A., ed. Manejo de suelos en la America Tropical. Raleigh, North Carolina State University, 1974, p.304-312.
- GARGANTINI, H. Efeitos da granulometria, forma e quantidades de materiais corretivos na acidez do solo. Bragantia, 33(9): 87-96, 1974.
- GONZALES-ÉRICO, E. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn in Oxisols of Central Brazil. Raleigh, North Carolina State University, 1976. 125p. (Tese Doutorado)
- GUIMARÃES, P.T.G. O gesso agrícola na neutralização do alumínio nas camadas subsuperficiais do solo: aplicações às culturas anuais e perenes. In: Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura, Brasília. p.145-167, 1986.
- GUIMARÃES, E.; DEGASPARI, I.; GURGEL, M.N.A.; ALONSO, O. Estudos da influência de dois tipos de calcário sobre a acidez do solo e produção de cana-de-açúcar. Seminário Copersucar da agroindústria açucareira, 4, Águas de Lin-

- dóia, 1975. Anais. São Paulo, 1975. p.279-88
- IAA/PLANALSUCAR. Coordenadoria Regional Nordeste, Relatório Anual da Seção de Solos e Adubação: 1978. Rio Largo, 1980.
- IAA/PLANALSUCAR. Relatório Anual: 1985. Piracicaba, 1985. 166p.
- KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 252-254. 1970.
- KAMPRATH, E.J. Acidez del suelo y encalado. In: SANCHEZ, P.A. ed. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical, North Caroline, Soil Science Departament - North Caroline State University. 1973. p.37-50.
- KAMPRATH, E.J. & FOY, C.D. Lime-Fertilizer-Plant interaction in acid soils. In: DINAUER, R.C. ed. Fertilizer Technology & Use. 2ª ed. Madison, Soil Science Society of America, p.105-151. 1971.
- KOFLER, N.F. A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no cerrado. Informações Agronômicas, Piracicaba 33: 3-9, 1986.
- KÜPPER, A.; SACCHETTO, M.T.D. & RAIJ, B. van Formas e níveis de manganês em alguns solos com e sem calagem. Bragantia 27: XV-XVII. 1968.
- LOPES, A.S. Solos sob "cerrado". Características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162p.

- LUZ, P.H.C.; STOLF, R.; FURLANI NETO, V.L. Aplicadores a lanço de corretivos para a cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3, São Paulo, 1984. Anais. São Paulo, STAB, 1984. p.125-34.
- MAGALHÃES, J.C.A.J. Efeito de níveis de calcário e de fósforo em duas variedades de trigo. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 3(1): 24-29, 1979.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; nutrição das plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ceres. 1976. 528p.
- MARINHO, M.L. & ALBUQUERQUE, G.A.C. de. Calibração de Ca+ Mg no solo para cana-de-açúcar em Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2, Rio de Janeiro, 1981. Anais. Rio de Janeiro, STAB, 1982. v.3. p.110-28.
- MARINHO, M.L. & OLIVEIRA, C.C. Efeito do P nativo e aplicado no solo; na decantação do caldo de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 1, Maceió, 1979. Anais. Maceió, STAB, 1980. v.2., p.334-45.
- MARINHO, M.L.; ALBUQUERQUE, G.A.C.; ARAÚJO, J.T.F. Efeito de fontes e maneira de aplicação de fosfatos em cana-de-açúcar em Alagoas. Brasil Açucareiro, 99(1): 22-28, 1982.
- MAZZA, J.A. Levantamento detalhado dos solos da estação experimental regional do Triângulo Mineiro, Uberlândia - MG. IAA/PLANALSUCAR. 1982. (mimeografado, 48p.).
- MIELNICZUK, J. Economicidade da calagem. Simpósio sobre "Acidez e Calagem". XV Reunião Brasileira de Fertilidade

do Solo, 1983, p. 63-77, Campinas (SP).

MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M. de & McLUNG, A.C. Efeitos da calagem e adubação de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. Instituto de Pesquisas IRI, Boletim nº 29. 1962. 48p.

NASCIMENTO, V.M.; NEPTUNE, A.M.L.; FERNANDES, F.M. Efeitos da calagem sobre algumas características de fertilidade de um Latossolo sob vegetação de Cerrado. Científica, São Paulo, 11(2): 177-81, 1983.

ORLANDO Fº., J. & ZAMBELLO JR., E. Influência varietal na adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar. Boletim Técnico Planalsucar, série A. Piracicaba, 1 (1): 25-50. 1979.

ORLANDO Fº., J. & ZAMBELLO JR., E. Viagem de estudos realizada à África do Sul, Filipinas, Havaí e Lousiana. Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR, SUPER, 1980. 49p.

PENATTI, C.P.; BONI, P.S.; CONDE, A.J. SALATA, J.C. Efeito da aplicação de calcário no sulco de plantio de cana-de-açúcar. Boletim Técnico Copersucar, 39. Piracicaba, 1987. 35p.

PIPAEMG. Recomendação do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais, 2ª tentativa. Secretaria de Estado da Agricultura. Belo Horizonte, 1972.

PLANALSUCAR. Manual de metodologia de nutrição e fertilidade. Araras, 1975, 100p.

PLANALSUCAR. Análises Tecnológicas da Cana-de-açúcar. Araras, 1980, 34p.

- QUAGGIO, J.A. Respostas das culturas à calagem. In: MALVOLTA, E., coord. Seminário sobre corretivos agrícolas, Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.123-57.
- 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.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Resposta da soja à aplicação de doses de calcário e de gesso e lixiviação de bases no solo. Congr. Bras. de Ci. Solo, 21. Campinas, 1987. Resumos. Campinas, 1987. 232p.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (Suíça), 1981. 142p.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na Agricultura. In: Simpósio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasília, 1984. Anais. Brasília, EMBRAPA, 1984, p.323-346.
- RESCK, D.V.S.; AHLRICHS, J.L.; KLADIVKO, E.J. Efeito de restos culturais e calagem nas propriedades físicas e químicas de um latossolo sob cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, Campinas, 1987. Resumos, 1987, 232p.
- RODELLA, A.A.; ZAMBELLO JR., E & ORLANDO Fº, J. Calibração de cálcio, magnésio e acidez do solo para a cana-de-açúcar cultivada na região de cerrado. STAB. Açúcar. Alcool e Subprodutos, Piracicaba, 2(3): 45-48, fev. 1984.

- RODRIGUES, J.C. & PALHARES, A.L. Efeito da aplicação de calcário nas propriedades químicas do solo e na produtividade da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 3, Piracicaba, 1986. Anais, Piracicaba, COPERSUCAR, 1986, p.303-320.
- ROSS, G.J.; LAWTON, K. & ELLIS, B.G. Lime requirement related to physical and chemical properties of nine Michigan soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 28(2): 209-13, 1964.
- SANCHEZ, O. & CLEMENTS, H.F. Magnesium in sugar-cane culture. In: CONGRESS OF THE ISSCT 15, Durban, 1974. Proceedings, v.2. p.552-567.
- SANTOS, M.A.C.; SOBRAL, A.F.; MEDEIROS, A.P.; PEREIRA, J.M. A. Effect of liming on the production of sugar-cane and the fertility of the soil in the state of Pernambuco. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 17, Manila, 1980. Proceedings. Manila, 1980, p.233-243.
- SCHERER, E.E.; BARTZ, H.R. & JUCKSCH, I. Efeito da calagem aplicada em dose única ou parcelada, na produção de milho e características químicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18, Salvador, 1981. Resumos. Salvador, 1981, 114p.
- SCHMEHL, W.R. & HUMBERT, R.P. Nutrient deficiencies in sugar cane crops. In: SPRAGUE, H.B., ed. Hunger signs in crops; a symposium. 3.ed. New York, David Mckay, 1964. cp.12, p.415-50.
- SCHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25: 274-277, 1961.

- SILVA, G.M.de A.; ALONSO, O.; MORAIS, R.S. Influência da adubação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGRO-INDÚSTRIA AÇUCAREIRA, 4, Águas de Lindóia, 1976. Anais. São Paulo, Copersucar, 1977. p.27-35.
- SIQUEIRA, J.O.de; SILVEIRA, J.F. da & GUEDES, G.A.A. Efeito de micronutrientes na presença e na ausência de calcário calcítico no rendimento agrícola e qualidade de caldo da cana-de-açúcar (cana-planta). Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 94(5): 77-80, nov. 1979.
- SOUZA, D.M.G. de.; CARVALHO, L.J.C.B.; MIRANDA, L.N. de. Correção da acidez do solo. In: GOEDERT, W.J. ed. Solos dos Cerrados. Brasília, 1986. EMBRAPA-CPAC, 422p.
- SOUZA, D.M.G. & RITCHEY, K.D. Uso do gesso no solo de cerrado. Anais do I Seminário sobre o uso de Fosfogesso na Agricultura. Brasília, 1986. 296p.
- SUZUKI, A. Doses e modos de aplicação de calcário em pomar de macieira em latossolo húmico distrófico do Estado de Santa Catarina. Viçosa, 1989. 75p. (Dissertação de Mestrado - UFV/MG).
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil Fertility and Fertilizers. Third ed., 1975, 694p. Macmillan Publishing Co., Inc., New York.
- VARGAS, J.T.D. Efeito na cultura de cana-de-açúcar da aplicação de calcário como corretivo e adubo em solo de cerrado. Piracicaba, 1981. 77p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ/USP).
- VARGAS, J.T.D. Aplicação de calcário em duas profundidades e seus efeitos no solo e na cultura da cana-de-açúcar.

- Piracicaba, 1989. 122p. (Tese de Doutorado - ESALQ/USP).
- VERLENGIA, F. & GARGANTINI, H. Estudo sobre a eficiência de diferentes frações granulométricas de calcário no solo. *Bragantia*, 31(10): 119-127, 1972.
- VIANA, A.R.; ANDRADE, L.A. de B.; NETTO, A.J. Efeito da calagem e tolerância à acidez em cem cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*): Estudo preliminar. *Ciênc. Prát. Lavras*, 7(2): 205-215, 1983.
- VOLKWEISS, S.J. & LUDWICK, A.E. O melhoramento do solo pela calagem. Porto Alegre, UFRS. 1971. 30p. (Boletim Técnico, 10).
- ZAMBELLO JR., E. & ORLANDO F^o, J. Adubação da cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. *Boletim Técnico PLANALSUCAR*, Piracicaba, 3(3): 5-26, 1981.
- WANG, S.C.; LAI, T.M.; YANG, C.C. Liming as a means to increase sugar-cane yield in Taiwan. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 10, Hawaii, 1959. *Proceedings*. Amsterdam, Elsevier, 1960. p.556-65.
- WINKLER, H. & BIASI, J. Calagem e adubação fosfatada na produção do trigo, em latossolo bruno distrófico álico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19, Curitiba, 1983. *Resumos*, 1983, 126p.
- WUTKE, A.C.P. Acidez. In: "Elementos de Pedalogia". A.C. Moniz, Coord. ed. da USP e Edit Polígono, São Paulo. 1972.
- WUTKE, A.C.P. & ALVAREZ, R. Restauração do solo para cultura de cana-de-açúcar. *Bragantia*, Campinas, 27(18): 201-17, 1968.

WUTKE, A.C.P.; ALVAREZ, R.; GARGANTINI, H. & ARRUDA, H.V.
Restauração de solos para cultura de cana-de-açúcar.
II. período 1956-58. *Bragantia*, Campinas 19: 675-687, 1960.