

**JOÃO BATISTA DONIZETI CORRÊA**

**EFEITOS DO SULFATO DE CÁLCIO EM TRÊS VARIEDADES  
DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* sp.), CULTIVADAS EM  
PODZÓLICO VERMELHO AMARELO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso de Doutorado em  
Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a  
obtenção do título de "Doutor".

**Orientador**

**Prof. DR. LUIZ ANTÔNIO DE BASTOS ANDRADE**

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1997

el chentencia

15761

JOÃO BATISTA DONIZETI CORRÊA

**EFEITOS DO SULFATO DE CÁLCIO EM TRÊS VARIEDADES  
DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* sp.), CULTIVADAS EM  
PODZÓLICO VERMELHO AMARELO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso de Doutorado em  
Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a  
obtenção do título de "Doutor".

**Orientador**

Prof. DR. LUIZ ANTÔNIO DE BASTOS ANDRADE

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1997

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da  
Biblioteca Central da UFLA

Corrêa, João Batista Donizeti.

Efeitos do sulfato de cálcio em três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.),  
cultivadas em Podzólico Vermelho Amarelo / João Batista Donizeti Corrêa. - Lavras:  
UFLA, 1997.

75 p.

Orientador: Luiz Antônio de Bastos Andrade.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar - Adubação. 2. Sulfato de cálcio. 3. Solo - Podzólico Vermelho  
Amarelo. 4. Nutrição mineral. 5. Gesso agrícola. I. Universidade Federal de Lavras. II.  
Título.

CDD-631.81

-633.61891

**JOÃO BATISTA DONIZETI CORRÊA**

**EFEITOS DO SULFATO DE CÁLCIO EM TRÊS VARIEDADES  
DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* sp.), CULTIVADAS EM  
PODZÓLICO VERMELHO AMARELO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso de Doutorado em  
Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a  
obtenção do título de “Doutor”.

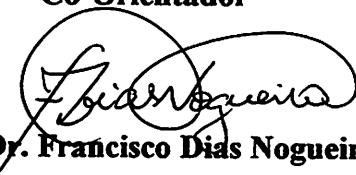
**APROVADA EM 26 DE AGOSTO DE 1997**



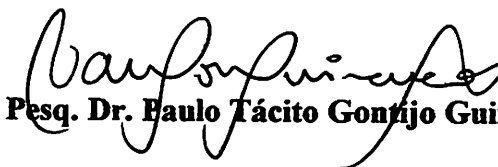
**Prof. Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto**  
Co-Orientador



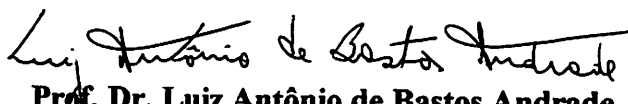
**Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende**



**Pesq. Dr. Francisco Dias Nogueira**



**Pesq. Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães**



**Prof. Dr. Luiz Antônio de Bastos Andrade**  
Orientador

## **A DEUS**

**Por ter me concedido a vida e a possibilidade de  
realizar este trabalho.**

## **AGRADEÇO**

**Aos meus pais (In memorian): José Afonso Corrêa e Joana Tavares Vilas Boas,  
pela simplicidade e humildade com que me ensinaram a viver.**

**À minha esposa Mara, meus filhos Igor e Iago e aos meus irmãos, que souberam  
me apoiar nos momentos difíceis...**

## **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de realizar este curso.

À Fundação Educacional de Ituiutaba pela liberação e oportunidade concedida de realizar o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo, que possibilitou a realização do curso.

Ao professor Luiz Antônio de Bastos Andrade pela paciência, amparo, orientação, apoio, amizade, conduta e profissionalismo.

À Usina Monte Alegre na pessoa do Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> José Hugo Rosa e sua equipe, pela possibilidade de realizar o trabalho em sua área de atuação, liberação de mão-de-obra, análises laboratoriais e apoio pessoal.

Ao professor Antônio Eduardo Furtini Neto pela amizade, co-orientação e profissionalismo.

Ao professor Dr. Pedro Milanez de Resende, ao pesquisador Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães e ao pesquisador Dr. Francisco Dias Nogueira, componentes da banca, pelas valiosas críticas e sugestões apresentadas.

Aos laboratoristas do Departamento de Ciência do Solo (Jairo, Ana Maria, João Gualberto, Delano) pela ajuda nas análises.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação pela amizade e convívio durante o curso.

À Gabriela pelo excelente trabalho e empenho na digitação deste trabalho.

Ao Antônio Máximo de Carvalho pelo trabalho de revisão das citações bibliográficas.



## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
1 <b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
2 <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	3
2.1    Caracterização e utilização do gesso agrícola .....	3
2.2    Finalidade do uso do gesso agrícola .....	4
2.3    Efeito da aplicação do gesso agrícola nas propriedades químicas do solo .....	5
2.4    Fontes de aplicação de enxofre .....	8
2.5    Efeitos da aplicação de enxofre na produtividade da cana-de-açúcar .....	10
2.6    Respostas à aplicação de enxofre e/ou gesso em diferentes tipos de solos.....	17
2.7    Teores foliares de nutrientes na cana-de-açúcar .....	18
2.8    Interação Nitrogênio-Enxofre .....	21
3 <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
3.1    Localização e descrição da área experimental .....	26
3.2    Delineamento experimental e tratamentos .....	28
3.3    Instalação e condução dos experimentos .....	29
3.3.1    Ensaio 1 - Experimento em casa de vegetação .....	29
3.3.2    Ensaio 2 - Experimento de campo .....	30

3.4	Métodos estatísticos .....	32
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
4.1	Experimento 1 - casa de vegetação .....	33
4.1.1	Variáveis de crescimento .....	34
4.1.2	Produção de matéria seca .....	36
4.1.3	Efeito da aplicação de sulfato de cálcio no teor de nutrientes na planta .....	39
4.1.4	Relação nitrogênio/enxofre e eficiência de utilização do enxofre pela cana-de-açúcar .....	46
4.2	Experimento 2 - Campo .....	50
4.2.1	Efeitos do gesso agrícola nos teores de nutrientes no solo após a colheita da cana-de-açúcar .....	50
4.2.2	Efeito dos tratamentos no número de colmos industrializáveis por metro linear .....	53
4.2.3	Efeito dos tratamentos no comprimento de colmos .....	54
4.2.4	Efeito dos tratamentos na produtividade agrícola .....	54
4.2.5	Efeito dos tratamentos nas características químico-tecnológicas .....	57
4.2.6	Efeito dos tratamentos nos teores de nutrientes nas folhas .....	59
4.2.7	Efeito dos tratamentos na relação nitrogênio-enxofre e na produtividade da cana-de-açúcar .....	63
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	66
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	67
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Valores obtidos nas análises química e granulométrica do solo, classificado como Podzólico Vermelho Amarelo argiloso .....	27
2	Resumo das análises de variância para variáveis de crescimento e produção de matéria seca da cana-de-açúcar aos 120 dias em casa de vegetação. UFLA, 1996 .....	34
3	Valores médios para parâmetros de crescimento de plantas em três variedades de cana-de-açúcar. UFLA, 1996 .....	35
4	Valores médios para variáveis de crescimento de plantas em três variedades de cana-de-açúcar aos 120 dias após o plantio em função da dose de sulfato de cálcio. UFLA, 1996 .....	36
5	Produção de matéria seca aos 120 dias após o plantio em função da variedade de cana-de-açúcar estudada. UFLA, 1996 .....	37
6	Valores médios observados para produção de matéria seca aos 120 dias após o plantio em função da dose de sulfato de cálcio aplicada. UFLA, 1996 .....	37
7	Resumo das análises de variância para teores de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar aos 120 dias em casa de vegetação. UFLA, 1996 .....	39
8	Valores médios observados para concentração de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar aos 120 dias após o plantio em função da dose de enxofre	40
9	Concentração média de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar aos 120 dias após o plantio em função das variedades estudadas .....	45

Tabela		Página
10	Relação nitrogênio/enxofre, produção relativa e eficiência de utilização de enxofre pela cana-de-açúcar aos 120 dias em casa de vegetação e sua relação com a produção de matéria seca .....	47
11	Resultados de análise do solo após colheita nas diferentes profundidades. Monte Belo-MG, 1997 .....	51
12	Resumo das análises de variância para variáveis de produção e características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar por ocasião da colheita. UFLA, 1997 .....	53
13	Número de colmos por metro linear e comprimento de colmos, avaliados na colheita, para as três variedades de cana-de-açúcar estudadas. Monte Belo-MG, 1996 .....	54
14	Produtividade média da cana-de-açúcar obtida aos 352 dias após o plantio (t/ha). Monte Belo-MG, 1996 .....	56
15	Valores médios das características químico-tecnológicas das variedades de cana-de-açúcar: RB 72-454, SP 70-1143 e RB 76-5418 em função da dose de enxofre. Monte Belo-MG, 1996 .....	58
16	Valores médios das características químico-tecnológicas das variedades de cana-de-açúcar: SP 70-1143, RB 72-454 e RB 76-5418. Monte Belo-MG, 1996 .....	59
17	Resumo das análises de variância para teores de nutrientes nas folhas da cana-de-açúcar aos 6 meses de idade. UFLA, 1996 .....	60
18	Valores médios para macro e micronutrientes nas folhas de cana-de-açúcar aos 6 meses de idade. UFLA, 1996 .....	60
19	Valores observados para nutrientes na folha da cana-de-açúcar aos 6 meses após o plantio em função de variedades .....	63
20	Teores de N, S e relação nitrogênio/enxofre na folha da cana-de-açúcar aos 6 meses de idade no campo e a relação com a produção de colmos/ha. UFLA, 1997 .....	64

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Largura da folha “+3” da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada .....	35
2	Produção de matéria seca da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada .....	38
3	Concentração de Ca e S na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada .....	42
4	Conteúdo de Ca e S na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada .....	42
5	Produção de matéria seca da cana-de-açúcar aos 120 dias em função dos teores de enxofre na parte aérea .....	43
6	Concentração de B, Cu e Mn na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada .....	44
7	Concentração de K e P na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada .....	45
8	Produção de matéria seca da cana-de-açúcar em função da relação N/S .....	47
9	Eficiência de utilização de enxofre pela cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada .....	48
10	Relação N/S na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada .....	49

	Página
11	Curva de correlação entre a relação N/S e a eficiência de utilização do enxofre pela cana-de-açúcar ..... 50
12	Concentração de enxofre no solo nas diferentes profundidades amostradas em função da dose de gesso agrícola aplicada ..... 56
13	Precipitação pluviométrica em Monte Belo-MG, durante a condução do experimento de campo ..... 57
14	Concentração de P, K e S na folha da cana-de-açúcar aos 6 meses de idade em função da dose de gesso aplicada ..... 61
15	Concentração de B e C na folha aos 6 meses de idade em função da dose de gesso agrícola aplicada ..... 62
16	Produção de colmos em função da relação N/S na folha da cana-de-açúcar aos 6 meses de idade ..... 64
17	Relação N/S na folha aos 6 meses de idade em função da dose de gesso agrícola aplicada ..... 65

## RESUMO

**CORRÊA, J.B.D. Efeitos do sulfato de cálcio em três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.), cultivadas em Podzólico Vermelho Amarelo. Lavras, UFLA, 1997. 75p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia) \***

O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de enxofre, via sulfato de cálcio, no desenvolvimento inicial e na produtividade de três variedades de cana-de-açúcar (RB 72-454; RB 76-5418 e SP 70-1143). Dois experimentos foram conduzidos, sendo um a nível de casa de vegetação e outro a nível de campo. Nos dois experimentos foram estudadas as três variedades de cana-de-açúcar e diferentes doses de enxofre (0, 50, 150, 250 e 350 kg/ha), tendo como fonte o sulfato de cálcio. Na casa de vegetação, foram avaliadas as variáveis crescimento de plantas, matéria seca e concentração de nutrientes na parte aérea. No campo, foram avaliados a concentração de nutrientes nas folhas, número de colmos por metro linear, comprimento de colmos, produtividade, características tecnológicas e efeito no solo. Concluiu-se

---

\* Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Andrade. Membros da Banca: Prof. Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto, Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende, Pesq. Dr. Francisco Dias Nogueira e Pesq. Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães.

que as diferentes doses de sulfato de cálcio tiveram efeito na produção de matéria seca e na concentração de P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu e B nas folhas em casa de vegetação. A maior produção de matéria seca ocorreu na relação N:S = 3,41:1. No campo, as diferentes doses de gesso afetaram a concentração de nutrientes nas folhas e os teores de nutrientes no solo. Não houve, entretanto, efeitos de doses de gesso na produtividade e nas características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar. A maior produtividade de colmos ocorreu na relação N/S = 14,49:1.



## ABSTRACT

### EFFECTS OF CALCIUM SULPHATE ON THREE VARIETIES OF SUGAR CANE (*Saccharum* sp.) GROWN ON YELLOW RED PODZOL

The present work aimed to study the effect of the application of sulphur way calcium sulphate on the early development and yield of three varieties of sugar-cane (RB 72-454, RB 76-5418 and SP 70-1143). Two experiments were conducted, being one at greenhouse level and the other at field level in the two experiments, the three varieties of sugar-cane and different doses of sulphur (0, 50, 150, 250 and 350 kg/ha), having as a source, calcium sulphate, were studied. In the greenhouse, the parameters of plant growth, dry matter and nutrient the concentration in the aerial part assessed. In field, the nutrient concentration in leaves, culm number per linear meter, culm length, yield, technological characteristics and effect in soil were evaluated. It follows that the different doses of calcium sulphate had effect on dry matter yield, concentration of P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu and B. The highest dry matter yield took place at the N;S ratio = 3.41:1. In field, the different doses of gypsum in soil affected the nutrient concentration in leaves and contents of nutrients in soil. There was no effect of doses of gypsum

on the yield and chemical-technological characteristics of sugar-cane. The highest yield of culms occurred at the N:S ratio = 14,49:1.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda de alimentos e a possibilidade de ocorrência de uma crise energética a nível mundial, têm levado os agricultores e pesquisadores a procurarem novas alternativas agrícolas de produção. Dentre elas destaca-se a expansão de novas fronteiras, o uso de solos marginais e o maior uso de insumos e tecnologias no sentido de aumentar a produção. Em termos de expansão de novas fronteiras, as áreas mais incorporadas têm sido as regiões de ocorrência de vegetação de cerrado.

De maneira geral, estas áreas sob vegetação de cerrados estão parcialmente exploradas e apresentam um alto potencial para a utilização agrícola. Os cerrados ocorrem em aproximadamente 1,8 milhões de km<sup>2</sup> ou cerca de 20% do território brasileiro (EMBRAPA, 1978), e apresentam, na maioria das vezes, condições topográficas favoráveis à mecanização, com relevo variando entre plano e suave ondulado, além de apresentarem, dependendo do tipo de manejo, características e propriedades físicas dos solos adequadas.

Com os custos de transporte cada vez mais elevados em função da distância, os produtores de cana-de-açúcar têm procurado utilizar solos considerados marginais, que antes eram

abandonados, tais como os podzólicos localizados em áreas mais declivosas, os cambissolos, as areias quartzosas e os latossolos de textura média.

O uso de diferentes insumos e quantidades, tem sido uma alternativa no sentido de melhorar as condições de cultivo nestas áreas, e o uso do gesso agrícola como fonte de enxofre às culturas por exemplo, tem mostrado resultados consistentes (Vitti, 1982; Raij, 1988), e vem sendo estudado há bastante tempo. Entretanto, a maioria dos trabalhos realizados com a cultura da cana-de-açúcar, tem sido mais voltados para associações com o calcário, do que para estudos isolados com o enxofre (Vitti et al., 1984; Benedini, 1990; Sobral, Andrade Lima e Pessoa de Melo, 1993; Mazza, 1993; Rolim, 1995).

Deve ser ressaltado, entretanto, que as recomendações de uso do gesso agrícola precisam ser criteriosas, pois podem causar desequilíbrio nas bases do solo, principalmente quanto ao  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  (Quaggio, Dechen e Raij, 1982). Além deste aspecto, é importante observar a relação nitrogênio/enxofre, uma vez que ambos os nutrientes participam na formação de aminoácidos e conseqüentemente, das proteínas e enzimas das plantas. Na literatura, existem controvérsias quanto à relação nitrogênio/enxofre ideal para a maioria das culturas, pois ela vai depender do equilíbrio nutricional de todos os nutrientes.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de sulfato de cálcio em três variedades de cana-de-açúcar em um solo Podzólico Vermelho Amarelo, cultivado há mais de 20 anos com cana-de-açúcar, recebendo continuamente adubações químicas com fórmulas (NPK) concentradas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Caracterização e utilização do gesso agrícola

O gesso agrícola é um subproduto da fabricação do ácido fosfórico ( $2\text{H}_3\text{PO}_4$ ), originário da reação de ácido sulfúrico sobre a rocha fosfatada. Sua utilização como fertilizante data de épocas remotas, desde os tempos da antiga Grécia e Roma, tendo sido utilizado também amplamente na Europa e nos Estados Unidos, sendo que Benjamin Franklin foi um dos incentivadores desta prática (Colling, 1950).

Os primeiros trabalhos com o uso do gesso foram realizados no início do século. Dentre eles, Colling (1950) cita os trabalhos de Cameron e Bell (1906), Ames e Blotz (1916), Skinner e Beattie (1917), Endanan e Bollen (1925), Willins e Rankin (1930), Willins e Pilard (1931), que mostram a influência do gesso na liberação de K, P, Mg e Si. Likewise e Andre, mostraram que o  $\text{CaSO}_4$  solubiliza o K mineral em microclina e Brady descreve como deve ser aplicado o gesso ao solo.

Efeitos positivos da aplicação do gesso, como fonte de enxofre, já foram observados em várias culturas, podendo-se citar: Jones (1963) em pastagens, Miyazaka, Freire e Mascarenhas

(1964) em soja, Jones e Ruckman (1966) em pastagens e produção de forragens, Freitas, Gomes e Lott (1972) em cafeeiro, Mascarenhas, Bulizam e Bellinazzi Jr. (1976) em soja e feijão, Soares e Igue (1976) em arroz e trigo, Wang Liem e Mikkelsen. (1976) em cenoura, Vitti (1982) em feijão, trigo, soja e arroz, Haddad (1983) em capim colonião e Rajj, Cantarela e Furlani (1988) em sorgo sacarino.

Na cultura da cana-de-açúcar, pode-se citar os trabalhos de Howes (1967), Vitti et al. (1984), Fernandes (1985), Demattê (1986), Morelli et al. (1987), Vitti (1991), Morelli et al. (1992), Lorenzetti et al. (1992), Mazza (1993), Sobral, Lima e Melo (1993) e Rolim (1995), que observaram efeitos positivos da aplicação do gesso agrícola associado ao calcário.

## **2.2. Finalidade do uso do gesso agrícola**

O emprego do gesso na cultura da cana-de-açúcar poderá reverter-se em resultados positivos seja como fonte de Ca e S ou como melhorador das características químicas da subsuperfície, devido ao aumento de cálcio e/ou diminuição de Al.

Com relação ao efeito fertilizante, é importante lembrar que a cultura da cana-de-açúcar apresenta uma exigência a enxofre, maior que a de fósforo e a de magnésio (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989). Segundo Malavolta (1984), uma produção de 100 t de colmos/ha, apresenta uma demanda para cana planta e cana soca respectivamente de N = 150 e 130; P = 20 e 25; S = 50 e 40 kg/ha. Este fato torna-se mais importante ainda, devido ao cultivo de solos pobres em enxofre e matéria orgânica, solos mais arenosos, uso de formulados concentrados sem enxofre, ao uso da queima do canavial e ao uso de adubos nitrogenados sem o enxofre, fatores que podem proporcionar a deficiência de enxofre na cana-de-açúcar (Vitti et al., 1992).

Diante desse quadro é possível que o efeito do gesso agrícola, observado em vários experimentos possa ser, em parte, devido ao enxofre contido no mesmo (15 a 17% de S) (Raij, 1988). No caso específico da cana-de-açúcar, esta hipótese foi comprovada por vários autores, dentre eles Shrivastava e Grosh (1987), Vitti et al. (1992), Mazza (1993) e Rolim (1995) que observaram aumentos significativos na produtividade de colmos de cana-de-açúcar, com o emprego de fontes de enxofre, inclusive do gesso agrícola.

### **2.3 Efeito da aplicação de gesso agrícola nas propriedades químicas do solo**

A prática da gessagem foi bastante difundida nas duas últimas décadas, comprovada pelo grande número de trabalhos realizados no período. O efeito do gesso no solo é bastante complexo, bem como seus efeitos sobre o ambiente radicular das culturas. Na realidade, ainda existem muitas dúvidas em relação ao uso eficiente deste produto.

Vários trabalhos envolvendo a movimentação do gesso agrícola em profundidade no perfil do solo já foram realizados. Dentre eles, Reeve e Summer (1972) na África do Sul, comparando a eficiência do  $\text{Ca(OH)}_2$  com  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  na redução da saturação do Al subsuperficial, mostraram que doses mais elevadas de gesso (acima de  $30 \text{ mmol/dm}^3$ ) induziram perdas significativas de Mg natural do solo.

Lopes e Alves (1981) compararam cinco materiais diferentes, quanto a sua eficiência na redução do Al na subsuperfície. Utilizaram-se o superfosfato simples, óxido de cálcio, calcário calcítico comercial, calcário calcítico micropulverizado e gesso agrícola e concluíram que o superfosfato simples e o gesso foram os mais eficientes na redução do Al na subsuperfície.

A solubilidade do gesso e do calcário são bem diferenciadas, sendo a do gesso (2,5 g/litro), bem maior do que a do calcário (0,017 g/l), numa relação de 147,06:1. Visando estudar os efeitos das aplicações de gesso e calcário isolados ou em combinação, tanto a nível de campo como em colunas de solo, pesquisadores da EMBRAPA (1982) observaram que a aplicação do gesso isoladamente promoveu maior lixiviação de K do que a aplicação de gesso mais calcário, fato este que os autores atribuíram ao aumento da CTC do solo, quando se fazia a aplicação em conjunto.

Trabalhando em condições de laboratório, estudando de que forma e em que tempo o gesso modifica o pH do solo, Ca, Al e  $S-SO_4^{2-}$  solúvel em quatro tipos de solos com diferentes texturas, Kiehl e Franco (1984), observaram que, no início da incubação houve um menor efeito acidificante do solo com o uso do gesso, e um decréscimo de até 41% no teor de Al trocável. Os teores de Ca e  $S-SO_4^{2-}$  em todos os solos aumentaram imediatamente após a aplicação de gesso, sendo em média, quantitativamente iguais ao conteúdo de Ca e  $S-SO_4^{2-}$  do material aplicado.

No Paraná, trabalhando em um Latossolo Roxo distrófico, com acidez subsuperficial, Pavan, Bingham e Pratt (1984), observaram que a aplicação de gesso agrícola, em quantidades equivalentes a 1,5 vezes a calagem, promoveu redução nos teores de Al e Mg, em todos os 100 cm de profundidade estudados no perfil do solo. Houve aumento do Ca trocável, embora não tenha ocorrido interferência nos valores de pH e CTC.

O gesso também tem sido utilizado como melhorador da fertilidade do solo em algumas situações. Trabalho neste sentido foi efetuado por Dal-Bó (1985), onde se estudou o efeito da adição de diferentes fontes de cálcio ( $CaCO_3$ ,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  e  $CaCl_2$ ), sobre a movimentação de bases e no crescimento e aprofundamento do sistema radicular de duas variedades de cana-de-açúcar (NA 56-79 e CP 5122) em experimento em coluna de solo, e



utilizando-se amostras de 20 a 50 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho Amarelo franco álico de Sete Lagoas - MG. Não se observou movimentação de cálcio nos tratamentos com  $\text{CaCO}_3$ . O  $\text{CaCl}_2$ , por outro lado, provocou intensa lixiviação de bases. O sulfato de cálcio proporcionou uma movimentação intermediária de cálcio, além de reduzir o Al em profundidade, sendo que, para isto, doses elevadas foram necessárias. O Al não foi obstáculo ao aprofundamento de raízes das duas variedades de cana-de-açúcar testadas, embora a calagem tenha trazido efeitos benéficos para as plantas, provavelmente pela absorção de nutrientes. Os tratamentos apenas com  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  foram responsáveis por uma menor produção de matéria seca, possivelmente devido aos desequilíbrios nutricionais, envolvendo principalmente a relação Ca/Mg.

Vitti (1987), sugere que a aplicação associada de gesso agrícola com calcário dolomítico pode ser uma prática mais apropriada para solos com elevada concentração de Al tóxico em subsuperfície, podendo, neste caso, ser dispensada a incorporação mais profunda do corretivo em função do uso do gesso.

Trabalho desenvolvido por Morelli et al. (1987), em solos arenosos de baixa fertilidade em Lençóis Paulista - SP, avaliou os efeitos do gesso aplicado a lanço na cana-de-açúcar, com e sem incorporação, no geral, até o segundo corte o calcário teve efeito positivo no pH e soma de bases apenas na camada superficial, independente do modo de aplicação. Evidenciou ainda que a ação do gesso na redução da saturação de Al e no aumento da saturação de bases foi até 75 cm de profundidade, independentemente do modo de aplicação, havendo maiores perdas de K e Mg com a aplicação do gesso. Estas observações foram feitas também por Zotarelli (1992) em Areia Quartzosa, por Lorenzetti et al. (1992) que trabalhou com Latossolo e

Areia Quartzosa, por Mazza (1993) e Salata, Santos e Demattê (1995) em Latossolos do Estado de São Paulo..

Estudando a adsorção máxima de sulfato, através do método biológico para avaliar o efeito do alumínio no desenvolvimento do sistema radicular da cultura do trigo, Yamada (1988) utilizou vários tipos de solos e concluiu que houve incrementos significativos no desenvolvimento de raízes devido à adição de gesso em Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho Amarelo, os quais apresentavam teores de alumínio de 2,0 a 15,0 mmol/dm<sup>3</sup> de solo. Porém, em Podzólico Vermelho Amarelo, que continha teores de alumínio variando de 30,0 a 56,0 mmol/dm<sup>3</sup> de solo, a aplicação de gesso apresentou-se ineficiente no estímulo do desenvolvimento das raízes de trigo. O autor sugere que a possível explicação para a falta de resposta do solo Podzólico estaria nos seus elevados teores de Al apresentados por estes solos.

#### **2.4. Fontes de aplicação de enxofre**

O enxofre pode ser aplicado ao solo através de fontes orgânicas, mineral e organo-mineral. Na forma orgânica, ele pode ser aplicado como esterco, vinhaça, torta de filtro e de mamona; como mineral, na forma de sulfato de cálcio, gesso agrícola, sulfato de amônio, sulfato de magnésio, sulfato duplo de potássio e magnésio, superfosfato simples, sulfato de potássio, sulfato de zinco, sulfato de cobre e na forma elementar.

Conrad, citado por Jones e Ruckman (1966), realizou estudo comparativo entre a superfície aplicada com gesso agrícola e com enxofre na forma elementar, visando estabelecer uma correlação que servisse de base para tais estudos. Neste experimento, o enxofre aplicado na forma elementar estimulou o aumento da produção, com eficiência aproximadamente igual àquelas áreas

onde se aplicou o gesso agrícola, exceto nas regiões de precipitação limitada, onde as parcelas que receberam gesso sobressaíram às parcelas que receberam o enxofre na forma elementar, talvez devido ao aumento do sistema radicular. Efeito positivo do uso do gesso, em relação ao enxofre elementar, foi observado por Howes (1967) no aumento da produtividade da cana-de-açúcar.

Penatti e Prado Filho (1989), conduziram um trabalho em Areia Quartzosa de São Carlos - SP. com 10% de argila e baixo teor de enxofre. Os autores utilizaram 0, 25, 50 e 75 kg/ha de enxofre, aplicados no sulco de plantio, na forma de superfosfato simples contendo 11,5% de S. O teor de fósforo foi nivelado para todos os tratamentos, utilizando como fonte o superfosfato triplo. A variedade plantada foi a SP 70-1143 e os resultados obtidos permitem afirmar que houve respostas significativas à aplicação do enxofre, de forma linear e não restrita aos 75 kg/ha.

Visando estudar o efeito de fontes e doses de enxofre para a cultura da cana-de-açúcar, Vitti et al. (1989) implantaram experimentos de campo em cinco locais diferentes (Jaboticabal, Guariba, Pradópolis, Olímpia e Botucatu) no Estado de São Paulo. Os solos utilizados foram Latossolo Vermelho Escuro argiloso, Podzólico Vermelho Escuro e Latossolo Roxo. As variedades estudadas foram NA 56-79 e SP 70-1143. Os ensaios foram montados em cana planta e cana soca, sendo as doses de 0, 30 e 60 kg de enxofre/ha para a cana planta e 0, 15 e 30 kg de enxofre/ha para a cana soca. As fontes utilizadas foram sulfato de amônio, sulfato duplo de potássio e magnésio (K-mag) e gesso agrícola. Os autores concluíram que houve um aumento médio de 7% no rendimento de açúcar por hectare, bem como no rendimento de colmos (t/ha), quando foi aplicado 30 kg de S/ha para a cana planta e 15 kg de S/ha para a cana soca, sendo que, o sulfato de amônio se destacou como fonte de enxofre, ficando o gesso em segundo lugar e K-mag em terceiro.

## 2.5 Efeitos da aplicação de enxofre na produtividade da cana-de-açúcar

O uso do enxofre na cultura canavieira vem sendo testado há mais de trinta anos. Howes (1967), estudou os efeitos da aplicação do gesso agrícola, como fonte de enxofre, para a cana-de-açúcar. O autor não observou nenhuma diferença em termos de rendimentos de colmos e/ou do teor de sacarose nos tratamentos que receberam enxofre na forma elementar, entretanto, verificou aumento de rendimentos de colmos e sacarose nos tratamentos que receberam o enxofre na forma de gesso.

O uso contínuo de fertilizantes concentrados, isentos de enxofre, pode fazer com que este elemento, em baixas concentrações, seja limitante da produtividade da cana-de-açúcar. Tal fato foi levantado por Sedl (1968), Gosnell e Long (1969). Ainda Gosnell e Long (1969), afirmaram que a deficiência inicia-se a partir do 4º ou 5º ano, com o uso de fertilizantes concentrados, como uréia e amônia anidra. Segundo os pesquisadores, a aplicação de 25-50 kg de enxofre/ha foi suficiente para manter a produtividade.

Em trabalho realizado por Andreis (1975), correlacionando os teores de nutrientes nas folhas da cana-de-açúcar com a produtividade agrícola na Flórida (EUA), mostrou-se que o aumento do teor de enxofre nas folhas está diretamente relacionado com o aumento da produtividade da cana-de-açúcar.

Vitti et al. (1984), trabalhando com a variedade NA 5679, em um Latossolo Roxo de Morro Agudo - SP, utilizaram as doses de 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 t/ha de calcário e, doses de 0,0; 130; 260; 390; 520 e 650 kg/ha de gesso. Os resultados obtidos mostraram que o rendimento de colmos, bem como o de Pol por hectare, foram aumentados com a aplicação de ambos insumos,

sendo o efeito do gesso mais evidente. A produtividade máxima (t/ha) foi atingida com 358,33 kg de gesso/ha, talvez em função do aumento de S e Ca em profundidade.

Estudando o uso do gesso como fonte de cálcio e enxofre, em um Latossolo Vermelho Escuro (pH = 5,5; Ca = 6,4 mmol/dm<sup>3</sup> e Al = 1,6 mmol/dm<sup>3</sup>) de Paraguaçu Paulista - SP, Fernandes (1985), trabalhou com as variedades de cana-de-açúcar NA-5679 e CB-4176. O gesso agrícola foi aplicado em três modos diferentes a saber: enchimento de fórmula NPK, em cobertura e no sulco de plantio. As fontes de enxofre foram: enxofre elementar, sulfato de amônio e gesso agrícola. O autor concluiu que o gesso agrícola aplicado em cobertura na dose de 500 kg/ha, promoveu aumento significativo da produtividade de colmos, bem como o gesso revelou-se um bom material para o enchimento de fórmulas no que se refere à adubação de produção.

Dados experimentais citados por Koffler (1986), mostram que a produtividade no 10º corte, da variedade NA-5679 foi de 62 t/ha, em um solo com mais de 60% de saturação de bases em todo perfil analisado (eutrófico), enquanto que, no 5º corte, a mesma variedade apresentou produtividades médias de 54 t/ha, em um solo com baixa saturação de bases (distrófico). Neste sentido justifica-se, o grande contraste citado pelo autor, entre os 60 cm de profundidade de solo explorado pelas raízes da cultura da cana em solos distróficos e os 120-200 cm de profundidade explorados pelo sistema radicular nos solos eutróficos que são aqueles que apresentam melhor distribuição de nutrientes no perfil, possibilitando uma melhor distribuição de raízes em profundidade.

A queda da produtividade da cana-de-açúcar nas soqueiras é bastante evidente, principalmente nos solos de baixa fertilidade natural e nos solos de textura mais arenosa. Visando estudar os efeitos do gesso no aumento de produtividade da soqueira da cana-de-açúcar, variedade SP 70-1143, em um Latossolo textura média distrófico do município de Ribeirão Preto -

SP, Demattê (1986), trabalhou com diferentes doses de gesso (0,0; 0,5; 1,0 e 2,0 t/ha). O autor concluiu que a aplicação de 1,0 t/ha de gesso agrícola proporcionou um aumento de 10 t/ha na produção de colmos, considerando-se os três cortes analisados, bem como aumentou a saturação de bases até a profundidade de 60 cm estudada.

Morelli et al. (1987), trabalhando em solos arenosos de baixa fertilidade de Lençóis Paulista - SP, classificado como Latossolo Vermelho Escuro distrófico textura média, estudaram a aplicação de doses de calcário e gesso no plantio da cana-de-açúcar variedade SP 70-1143. Os autores acompanharam o experimento até o segundo corte e puderam verificar que o calcário isolado não proporcionou aumento de produtividade significativo, enquanto que o uso do gesso, tanto isolado quanto associado ao calcário, propiciou aumento de produtividade, principalmente nas doses de 2,8 e 5,6 t/ha.

Por outro lado Gavioli (1989) trabalhando com calcário e gesso em um Latossolo Roxo do município de Barrinha - SP, que apresentava na camada superficial (0-25 cm), pH = 4,3; M.O. = 34,8 g/kg, Ca = 17,6 mmol/dm<sup>3</sup>, T = 81,8 mmol/dm<sup>3</sup> e V = 29%). A variedade usada foi a IAC 52/150, e não se verificou efeito significativo nos rendimentos de colmos (t/ha) em nenhum dos tratamentos estudados.

Mazza et al. (1991), avaliaram os efeitos de doses de calcário, gesso e fosfato, aplicados isoladamente ou em combinação, na produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar. Dois experimentos foram instalados, sendo um em Latossolo Vermelho Amarelo álico (pH = 4,2, Al = 6,9 mmol/dm<sup>3</sup>, Ca = 5,0 mmol/dm<sup>3</sup> e M.O. = 11 g/kg (0-20 cm), em soqueira de SP 70-1143 com 2 cortes e o outro em Latossolo Roxo álico (pH = 3,9, Al = 14,5 mmol/dm<sup>3</sup>, Ca = 6,0 mmol/dm<sup>3</sup>, M.O. = 20 g/kg e V = 15% (0-20 cm) em soqueira de SP 71-6163 com 3 cortes. Os autores observaram que o uso do gesso não apresentou respostas para o ensaio 1, no LV. Já para

o LR a aplicação de gesso promoveu um aumento de produtividade, principalmente na dose de 3 t/ha de gesso, 45 kg/ha de  $P_2O_5$  e 2 t/ha de calcário.

Vitti (1991) estudou o efeito da aplicação de doses de gesso (0,0; 1,5; 3,0 e 6,0 t/ha), combinadas com doses de calcário, suficientes para elevar os valores de V % original, a 40, 60 e 80% em dois tipos de solos (Podzólico Vermelho Amarelo - PV (pH = 4,7, Al = 2,0 mmol/dm<sup>3</sup>, Ca = 10 mmol/dm<sup>3</sup>, M.O. = 19 g/kg e V = 33% (0-20 cm) Latossolo Vermelho Escuro álico - LE) (pH = 4,1, M.O. = 19 g/kg, Ca = 10 mmol/dm<sup>3</sup>, Al = 2,0 mmol/dm<sup>3</sup>, V = 20% (0-20 cm), de Olímpia e Guariba - SP, respectivamente. O autor observou, após o 2° corte no PV e 3° corte no LE, que apenas no LE houve respostas à aplicação dos tratamentos, principalmente do gesso. Já para o PV houve até efeito depressivo do uso do gesso, enquanto que para o calcário houve efeito de aplicação com resposta linear às doses aplicadas.

Visando aumentar a produtividade da soqueira da cana-de-açúcar, Lorenzetti et al. (1992) trabalharam com soqueira da variedade NA 56-79 em diferentes cortes (2°, 3° e 5°) e tipos de solos [Areia Quartzosa (pH = 5,5, Ca = 4,1 mmol/dm<sup>3</sup> e V = 23%) e Latossolo Vermelho Escuro textura média (pH = 5,4, Ca = 4,5 e V = 17%)]. Os autores instalaram quatro experimentos em socas de diferentes épocas de corte, usando calcário (2 t/ha), gesso agrícola (2 e 4 t/ha) e fósforo (35 kg  $P_2O_5$ /ha). Os produtos foram aplicados a lanço, logo após a brotação da soqueira e incorporados ligeiramente com o cultivador. Doze meses após à aplicação, o solo foi analisado e detectou-se que a ação do calcário na incorporação do Ca e Mg ficou restrita à camada superficial, enquanto que a ação do gesso propiciou um aumento razoável de bases em profundidade, apesar de ter removido parcialmente o Mg. A associação do calcário com o gesso possibilitou uma melhor distribuição das bases em profundidade, mantendo ainda o Mg com teores normais na superfície, além de proporcionar rendimentos maiores que as parcelas que receberam

somente calcário. O aumento da produção da cana na faixa de 10-15%, obtido principalmente com o gesso, mostrou que além do aumento na produtividade, abre uma boa perspectiva para o aumento da longevidade do canavial, para estes tipos de solos.

Zotarelli (1992), trabalhando em uma Areia Quartzosa (pH = 5,4, Ca = 9,1 mmol/dm<sup>3</sup>, Al = 1,1 mmol/dm<sup>3</sup> e V = 33%), município de São Manuel - SP, aplicou 0, 1, 2 e 4 t/ha de gesso combinadas com 0,0; 1,6; 2,4 e 3,2 t/ha de calcário, à lanço e incorporado, utilizando no plantio a variedade SP 70-1143. Os resultados obtidos pelo autor permitiram concluir que o calcário aumentou a percentagem de brotação da cana-de-açúcar e o teor de Mg no solo. Já o gesso, manteve estável o número de colmos, aumentou os teores de Ca e S no solo, aumentou o sistema radicular em profundidade e produtividade (t de colmos/ha), e reduziu os teores de K e Mg na camada superficial do solo.

Para Morelli et al. (1992), o uso de 4 t/ha de calcário, mais 2 t/ha de gesso foi o tratamento que propiciou melhores produtividades de cana-de-açúcar, (variedade SP 70-1143), considerando a média de quatro cortes, havendo neste caso uma boa distribuição de cálcio e magnésio ao longo do perfil do Latossolo Vermelho Escuro distrófico em Lençóis Paulista - SP.

Vitti et al. (1993) trabalhando em um Latossolo Roxo distrófico do município de Barrinha - SP, o mesmo utilizado por Gavioli (1989), em cana soca da variedade IAC 52/150, observaram as modificações, no solo, a nível de três profundidades (0-25; 25-50 e 50-75 cm). Os tratamentos utilizados foram testemunha, calcário dolomítico 3,3 t/ha, calcário dolomítico calcinado 2,0 t/ha, calcário dolomítico calcinado + gesso (70% + 30%) - 2,3 t/ha, calcário calcinado + gesso (50% + 50%) - 2,5 t/ha e gesso - 3,5 t/ha. Os autores fizeram amostragens 6 meses após implantação e após o 1º, o 2º e o 3º cortes. Verificaram que houve aumento de sulfato no solo com o uso do gesso junto ao calcário, os valores de Ca e Mg diminuíram ao longo do



período observado, a saturação de bases não atingiu 60%, não houve efeito do gesso na mobilização de bases no perfil e os tratamentos não apresentaram efeitos positivos na produtividade.

Visando comparar o efeito da aplicação de gesso e calcário na cultura da cana-de-açúcar, em cana planta e cana soca, Mazza (1993), implantou quatro experimentos, sendo dois em cana planta e dois em cana soca nos municípios de Guariba, Olímpia e Lençóis Paulista - SP. Os solos onde se implantaram os experimentos foram: Latossolo Vermelho Escuro em Guariba, Podzólico Vermelho Amarelo (pH = 5,4, M.O. = 22,0 g/kg, Al = 2,0 mmol/dm<sup>3</sup>, Ca = 9,0 mmol/dm<sup>3</sup>, V = 35%) em Olímpia, Latossolo Vermelho Amarelo textura média em Lençóis Paulista e Latossolo Roxo álico em Lençóis Paulista. As variedades estudadas foram SP 71-6163, SP 71-1406, SP 70-1143 (soca) e SP 71-6163 (soca). Nos experimentos 1 e 2 foram usadas 0,0; 1,5; 3,0 e 6,0 t/ha de gesso, combinadas com doses de calcário necessárias para elevar a saturação de bases para: original do solo, 40%, 60% e 80%. Para o experimento 3 em cana soca foram usadas 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 t/ha de gesso, combinadas com 0,0 ou 2,0 t de calcário/ha. No experimento 4 foram usadas 0,0; 3,0; 6,0 e 9,0 t/ha de gesso combinadas com 0,0 ou e 3,0 t/ha de calcário. O autor concluiu que o gesso forneceu Ca mais rapidamente para a cultura, além de promover descida no perfil do solo, juntamente com o Mg e S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. A utilização de doses elevadas de gesso agrícola, segundo o autor, não provocou desequilíbrio entre os demais cátions no perfil do solo. No Podzólico Vermelho Amarelo, o gesso apresentou benefícios nos parâmetros químicos do solo, porém propiciou efeito depressivo na produtividade da cana-de-açúcar. Para os Latossolos, o gesso agrícola elevou a produtividade no 1º e 2º cortes, sendo, entretanto, inferior ao calcário quanto a eficiência em prolongar seus efeitos a longo prazo.

Trabalho desenvolvido por Salata et al. (1995) em Quatá - SP, em áreas de cana soca das variedades SP 70-1143,, SP 71-1406, SP 71-6163 e NA 56-79, envolveu 17 experimentos de campo, onde foram usadas doses de gesso de 0,0; 2,0 e 4,0 t/ha combinadas com 0,0 e 2,0 t/ha de calcário. Após a colheita da soca verificou-se que a ação do calcário ficou restrita à camada superficial do solo quanto a Ca e Mg, enquanto que o gesso proporcionou maior concentração de bases nas camadas mais profundas do solo, principalmente do Mg. A associação do calcário com o gesso apresentou uma melhor distribuição de nutrientes no perfil do solo. De uma maneira geral, a produtividade foi maior quando se aplicou, na média dos dezessete experimentos, 2 t de gesso/ha.

Visando estudar o efeito do gesso agrícola, magnesita e outros corretivos da acidez do solo na cultura da cana-de-açúcar, em Areia Quartzosa (pH = 5,0, Ca = 4,0 mmol<sub>e</sub>/dm<sup>3</sup> e V = 14%) de Paraguaçu Paulista - SP, Rolim (1995), implantou um experimento com diferentes materiais corretivos onde foi incluído o gesso agrícola (3,54 t/ha) e a magnesita (1,98 t/ha). A variedade plantada foi a RB 72-454 e o experimento foi analisado nos três primeiros cortes. Verificou-se que a aplicação de corretivos da acidez do solo e do gesso agrícola, com exceção da magnesita aplicada isoladamente, apresentaram altas produtividades da cana-de-açúcar até o 3º corte. A mistura de gesso agrícola (85%) com magnesita (15%) se destacou dentre os tratamentos, chegando a produzir o dobro da testemunha na cana soca, não havendo influência dos tratamentos nos parâmetros de qualidade da matéria-prima, e sim uma influência dos tratamentos nos teores foliares de S e Mg, que foram sendo mais acentuado no tratamento onde se aplicou gesso + magnesita.

Na tentativa de verificar o efeito da calagem, gesso e sulfato de magnésio na produtividade da cana-de-açúcar variedade NA-5679, Orlando Filho e Rodella (1997)

implantaram experimentos na destilaria Aquirus - MS, usina Santa Terezinha - PR e Estação Experimental de Uberlândia - MG. As doses de calcário utilizadas foram 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 t/ha, combinadas com 1200 kg/ha de gesso e 600 kg/ha de sulfato de magnésio. De posse dos resultados obtidos os autores concluíram que houve resposta à calagem nos três locais estudados e que a adição de sulfato de cálcio e magnésio no sulco de plantio, melhorou o efeito da calagem, porém não apresentando efeito isolado.

## **2.6 Respostas à aplicação do enxofre e/ou gesso em diferentes tipos de solos**

Os diferentes tipos de solos podem manifestar respostas distintas à aplicação de um mesmo insumo, devido as suas características e propriedades físicas, químicas, mineralógicas e biológicas.

No Latossolo Roxo, enquanto alguns autores observaram respostas à aplicação do enxofre na cultura da cana-de-açúcar (Vitti et al., 1984; Vitti et al., 1989; Mazza, 1991; Mazza, 1993), enquanto outros como Gavioli et al. (1989) e Vitti et al. (1993) já não obtiveram respostas. Trabalhos desenvolvidos em Latossolo Vermelho Amarelo mostraram respostas à aplicação do enxofre (Mazza, 1993; Salata et al., 1995), o que não foi observado por Dal Bó (1985) e Mazza (1991) à aplicação de gesso neste tipo de solo.

Nos Latossolos Vermelho Escuro vários trabalhos foram desenvolvidos e encontraram-se aumentos de produtividade da cana-de-açúcar devida à aplicação de gesso agrícola como fonte de S (Fernandes, 1985; Morelli et al., 1987; Vitti, 1989; Vitti, 1991; Morelli et al., 1992; Mazza, 1993; Salata et al., 1995).

elevada em relação a média da região (Figura 13) durante a condução do experimento, o que pode ter influenciado na profundidade do sistema radicular.

TABELA 14 - Produtividade média da cana-de-açúcar obtida aos 352 dias após o plantio (t/ha).

Monte Belo-MG, 1996.

Doses de gesso (kg/ha)	Variedades			Média de doses
	SP 70-1143	RB 72-454	RB 76-5418	
0,0	45,01	54,26	45,46	48,24
50	48,23	49,27	44,79	47,43
150	44,07	45,56	49,64	46,42
250	43,11	52,47	40,64	45,41
350	48,17	47,68	42,85	46,23
Média de variedades	45,72	49,85	44,68	46,75

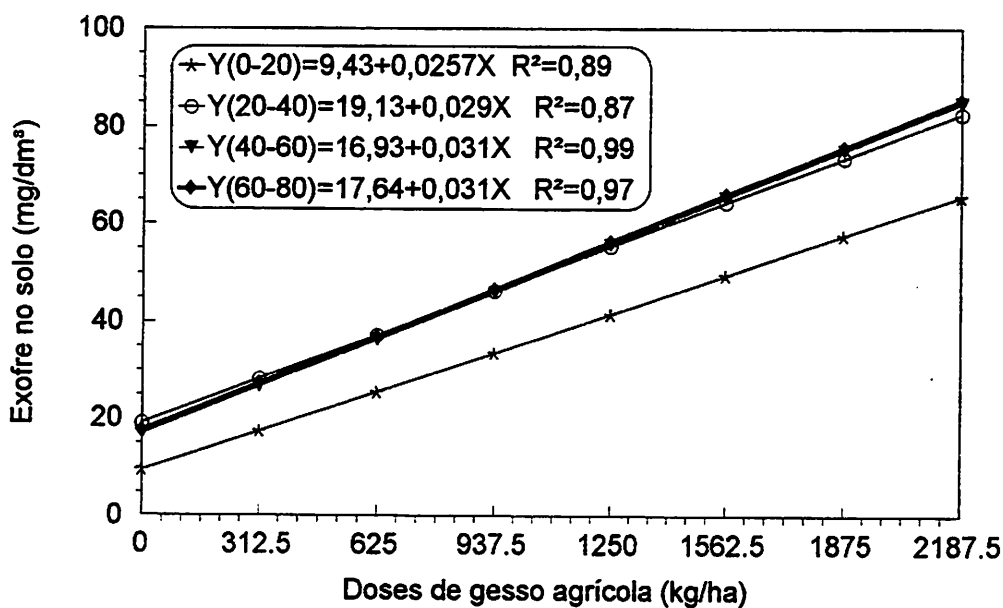


FIGURA 12 - Concentração de enxofre no solo nas diferentes profundidades amostradas em função da dose de gesso agrícola aplicada.

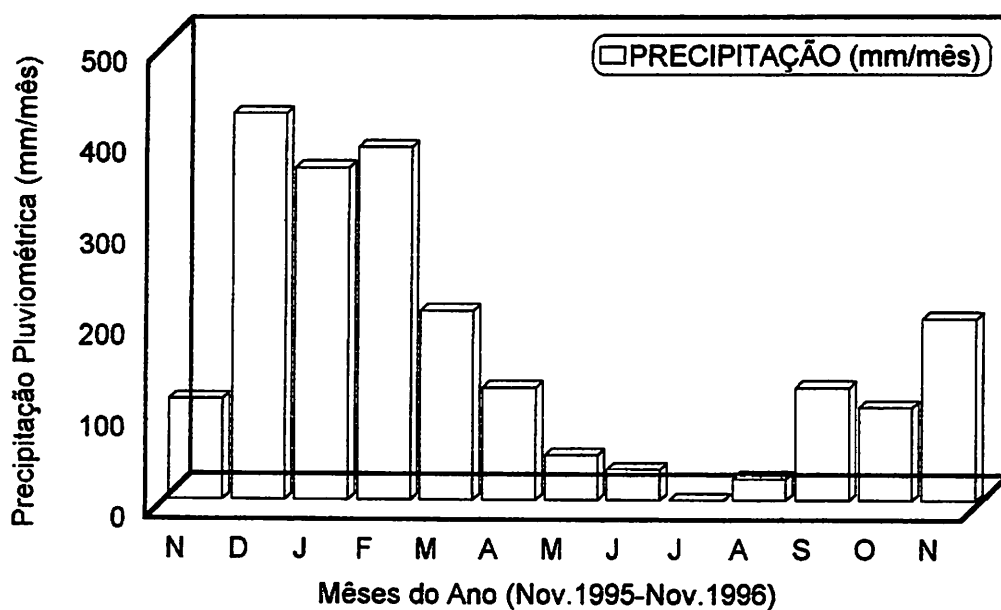


FIGURA 13 - Precipitação pluviométrica em Monte Belo-MG, durante a condução do experimento de campo.

#### 4.2.5 Efeito dos tratamentos nas características químico-tecnológicas

Os resultados obtidos para estas características estão apresentados nas Tabelas 15 e 16. Pode-se observar pela Tabela 15, que não houve efeito de doses de S para nenhuma das características estudadas.

TABELA 15 - Valores médios das características químico-tecnológicas das variedades de cana-de-açúcar: RB 72-454, SP 70-1143 e RB 76-5418 em função da dose de enxofre. Monte Belo, 1996.

Variedade	Doses de gesso (kg/ha)	Brix % cana	Pol % cana	Pureza % cana	Fibra % cana	Ac. redut. %	ATR t/ha
SP 70-1143	0,0	17,80	13,47	90,76	11,94	0,67	5,54
	312,5	17,62	12,37	84,33	12,01	0,77	5,71
	937,5	17,47	12,90	87,86	11,53	0,77	5,14
	1562,5	17,50	12,32	85,51	12,76	0,89	4,84
	2187,5	17,60	12,77	87,31	12,27	0,78	5,65
RB 76-5418	0,0	18,35	10,25	90,07	12,33	0,66	5,72
	312,5	18,47	14,08	90,42	11,32	0,65	5,70
	937,5	18,22	11,12	90,30	11,36	0,68	6,28
	1562,5	18,97	14,45	90,59	11,46	0,53	5,37
	2187,5	18,57	14,30	91,21	11,68	0,59	5,65
RB 72-454	0,0	17,67	13,40	89,22	12,60	0,72	6,62
	312,5	18,20	13,19	88,67	13,23	0,75	6,07
	937,5	18,00	13,35	90,21	12,89	0,63	5,72
	1562,5	17,35	12,69	88,84	12,76	0,73	6,18
	2187,5	18,10	13,31	88,08	11,88	0,71	5,80

\* Análises realizadas no Laboratório da Usina Monte Alegre - Monte Belo-MG

Os valores médios dentro de variedade, não apresentam diferenças estatísticas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 16, verifica-se os resultados obtidos para as características químico-tecnológicas nas diferentes variedades estudadas. A variedade RB 76-5418, se destacou quanto ao percentual de Brix, Pol e pureza enquanto que a variedade RB 72-454 apresentou maior percentual de fibra e ATR e, a SP 70-1143 apresentou maior percentual de açúcares redutores. Estas

características são relativas às variedades, principalmente quanto à sua maturação e produção de sacarose.

TABELA 16 - Valores médios das características químico-tecnológicas das variedades de cana-de-açúcar: SP 70-1143, RB 72-454 e RB 76-5418. Monte Belo-MG, 1996.

Variedade	Brix % cana	Pol % cana	Pureza % cana	Fibra % cana	Ac. redut. % cana	ATR t/ha
SP 70-1143	17,60 b	12,77 b	87,16 b	12,10 b	0,79 a	5,30 b
RB 72-454	17,87 b	13,19 b	88,92 a	12,67 a	0,71 ab	6,08 a
RB 76-5418	18,52 a	14,08 a	90,52 a	11,63 b	0,62 b	5,74 ab
DMS 5%	0,57	0,47	1,67	0,55	0,11	0,76

As médias seguidas da mesma letra no sentido das colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

#### 4.2.6 Efeito dos tratamentos nos teores de nutrientes nas folhas

Na Tabela 17, são apresentados os resultados dos testes de significância, coeficientes de variação e ajuste de regressão para os teores de nutrientes nas folhas da cana-de-açúcar aos 6 meses de idade. Verifica-se que a interação (doses x variedades) não foi significativa para nenhum dos nutrientes analisados. Para doses, o P, K, Ca, S, Cu e B foram significativos e para variedades o N, K, Zn, Mn e Fe.

TABELA 17 - Resumo das análises de variância para teores de nutrientes nas folhas da cana-de-açúcar aos 6 meses de idade. UFLA, 1996.

Causas de variação	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Cu	B	Fe
Doses (D)	NS	**	*	**	NS	**	NS	NS	**	**	NS
Variedade (V)	*	NS	**	NS	NS	NS	*	**	NS	NS	**
D x V	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	9,42	9,72	12,90	18,22	15,42	18,50	10,30	24,60	20,93	14,36	15,37
Ajuste de regressão											
(dose)	NS	Q	Q	NS	NS	L	NS	NS	Q	L	NS

\* = Significativo à 5% de probabilidade

\*\* = Significativo à 1% de probabilidade

NS = Não significativo; L = Linear; Q = Quadrática

Os valores médios obtidos para teores de macro e micronutrientes nas folhas de cana-de-açúcar, aos 6 meses de idade em função das doses de enxofre, são apresentados na Tabela 18.

TABELA 18 - Valores médios para macro e micronutrientes nas folhas de cana-de-açúcar aos 6 meses de idade. UFLA, 1996.

Dose de gesso (kg/ha)	g/kg						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Cu	B	Fe
0,0	17,10	2,11	15,60	7,14	2,45	1,18	17,65	150	6,37	16,24	123
312,5	15,90	2,54	14,20	8,52	2,55	1,35	17,58	137	6,38	15,20	120
937,5	16,60	2,47	13,60	6,39	2,40	1,33	19,36	121	6,58	15,23	119
1562,5	16,22	2,55	15,72	6,73	2,63	1,48	18,94	148	6,66	13,59	111
2187,5	15,88	2,52	16,17	7,80	2,72	1,63	18,60	125	8,93	12,13	117



Observa-se pela Tabela 18, que o N, Mg, Zn, Mn e Fe não foram afetados pelas doses de gesso, entretanto houve efeito de doses para P, K, Ca, S, Cu e B. Para o cálcio não houve uma coerência de resultados, tendo ocorrido uma maior concentração na dose de 312,5 kg de gesso por hectare. O enxofre apresentou ajuste linear para doses aplicadas no solo e a concentração de enxofre na folha, enquanto o P e K apresentaram ajuste quadrático, Tabela 18 e Figura 14.

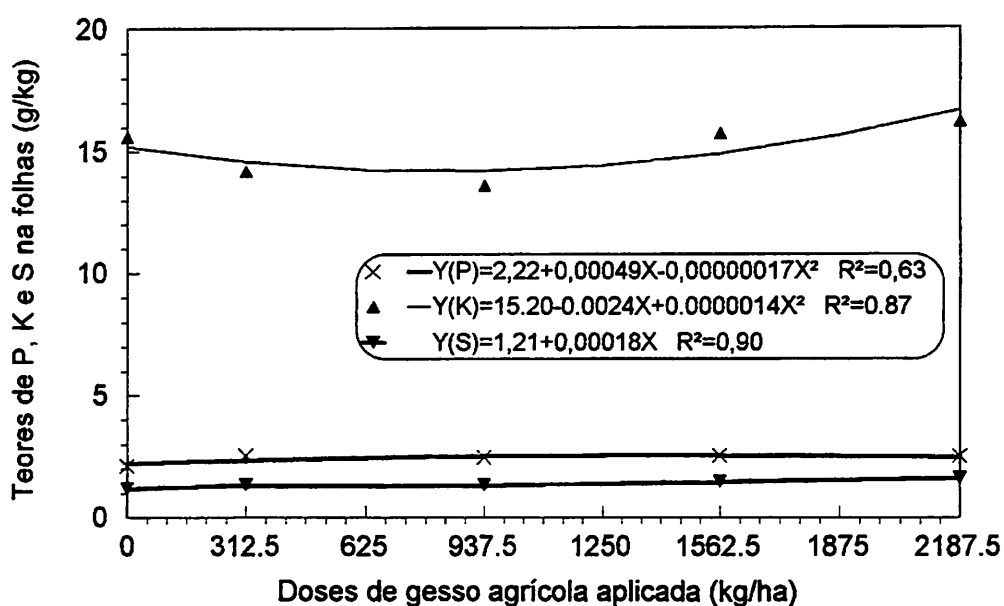


FIGURA 14 - Concentração de P, K e S na folha da cana-de-açúcar aos 6 meses de idade em função da dose de gesso aplicada.

No caso do boro observa-se uma redução na concentração, com o aumento da dose de enxofre aplicada ao solo, o que pode ser observado nas Tabelas 18 e Figura 15.

Estes resultados mostram estar havendo uma correlação negativa entre as doses de gesso aplicadas e os teores de boro nas folhas, o que foi verificado também no experimento 1,

conduzido em casa de vegetação, possivelmente está havendo um efeito de diluição e/ou competição aniônica..

Os valores médios de N, Ca, S, Zn, Cu e Fe, estão abaixo dos valores sugeridos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989), como crítico para a cana-de-açúcar.

Na Tabela 19, pode-se observar os valores obtidos para macro e micronutrientes em função das variedades estudadas. Observa-se que, para o P, Ca, Mg, S, Cu e B as variedades não apresentaram diferenças entre si quanto a concentração destes elementos na folha. Para o N, K e Mn, a variedade “RB 76-5418” apresentou uma maior concentração nas folhas. Já para o Zn foi observada maior concentração na variedade “RB 72-454” e para o ferro a maior concentração ocorreu na variedade “SP 70-1143”.

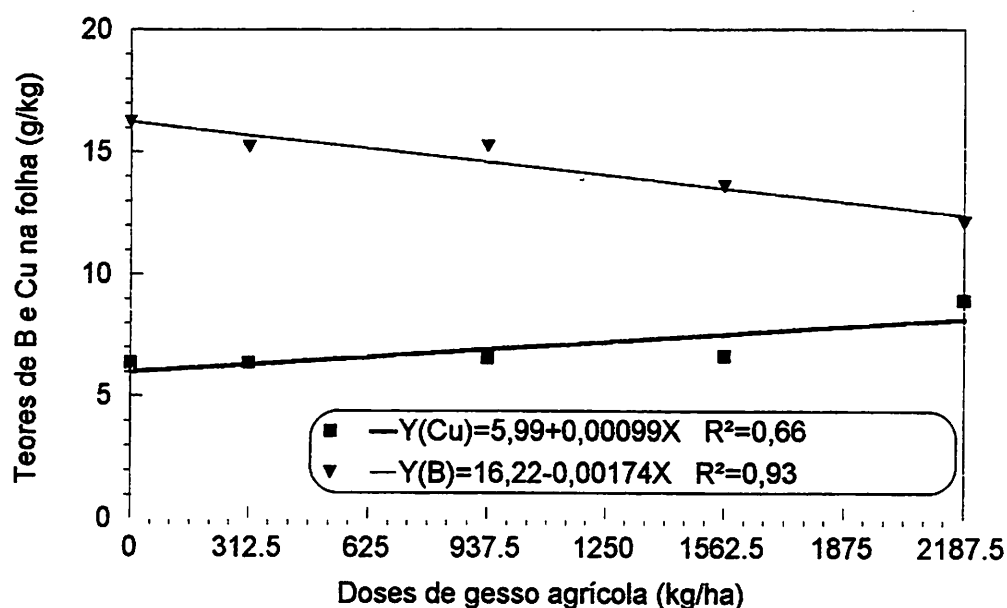


FIGURA 15 - Concentração de B e Cu na folha aos 6 meses de idade em função da dose de gesso agrícola aplicada.

TABELA 19 - Valores observados para nutrientes na folha da cana-de-açúcar aos 6 meses após o plantio em função de variedades.

Variedade	g/kg						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Cu	B	Fe
SP 70-1143	16,05 ab	2,50 a	14,47 a	7,73 a	2,55 a	1,43 a	17,62 b	121 b	6,50 a	13,95 a	133 a
RB 72-454	15,87 b	2,38 a	12,83 b	6,94 a	2,66 a	1,33 a	19,46 a	131 ab	7,19 a	14,81 a	108 b
RB 76-5418	17,10 a	2,44 a	15,07a	7,27 a	2,71 a	1,42 a	18,19 ab	156 a	7,25 a	14,67 a	113 b
DMS 5%	1,18	0,18	1,40	1,02	0,31	0,20	1,46	26	1,12	1,60	14

As médias seguidas das mesmas letras no sentido das colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.2.7 Efeito dos tratamentos na relação nitrogênio-enxofre e na produtividade da cana-de-açúcar

Na Tabela 20, são apresentados os valores de nitrogênio, enxofre, produção de colmos e relação nitrogênio-enxofre para cana-de-açúcar aos 6 meses de idade. Observa-se que a maior produção de colmos por hectare ocorreu na relação N/S de 14,49:1 (Tabela 20 e Figura 16). Estes resultados são superiores àqueles sugeridos por Malavolta (1980), Bataglia e Dechen (1986) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) que é de 7:1. Para explicar melhor esta relação, torna-se necessário o estudo de doses diferentes de enxofre, combinadas com doses diferentes de nitrogênio, visando obter um maior número de interações que possibilite uma melhor amplitude de respostas.

TABELA 20 - Teores de N, S e relação nitrogênio/enxofre na folha da cana-de-açúcar aos 6 meses de idade no campo e a relação com a produção de colmos/ha. UFLA, 1997.

Dose de gesso (kg/ha)	N - Folha (g/kg)	S - Folha (g/kg)	Relação (N/S)	Produção de colmos (t/ha)	Produção relativa (%)
0,0	17,1	1,18	14,49	48,24	100,0
312,5	15,9	1,35	11,78	47,43	98,3
937,5	16,6	1,33	12,48	46,42	96,2
1562,5	16,2	1,48	10,94	45,41	94,1
2187,5	15,9	1,63	9,75	46,23	95,8

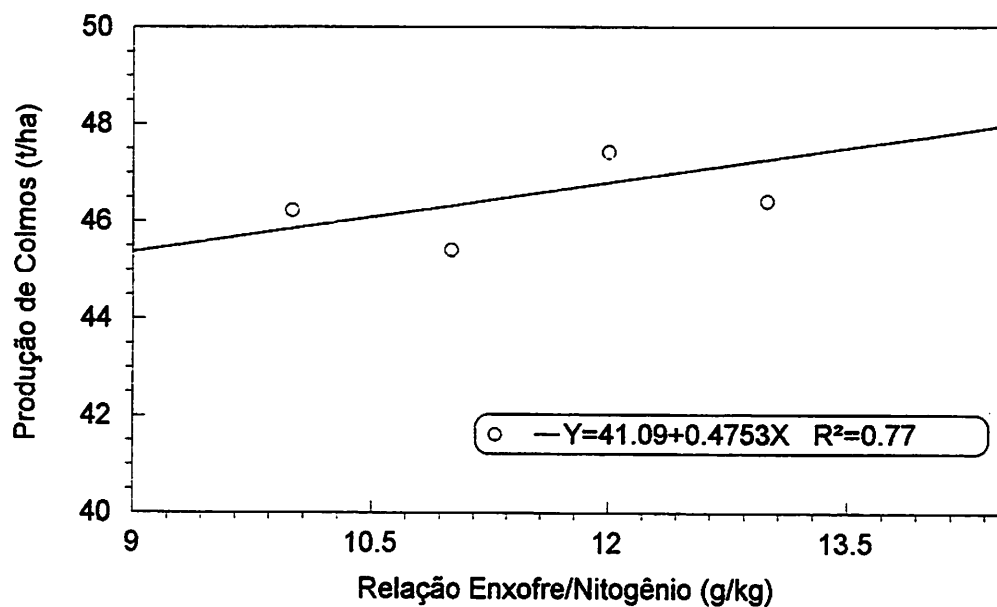


FIGURA 16 - Produção de colmos em função da relação N/S na folha da cana-de-açúcar aos 6 meses de idade.

Na Figura 17, pode observar-se que à medida que aumentou a dose de gesso agrícola aplicada, houve uma redução na relação N/S, o que era esperado para este experimento, pois a dose de nitrogênio foi a mesma para todos os tratamentos.

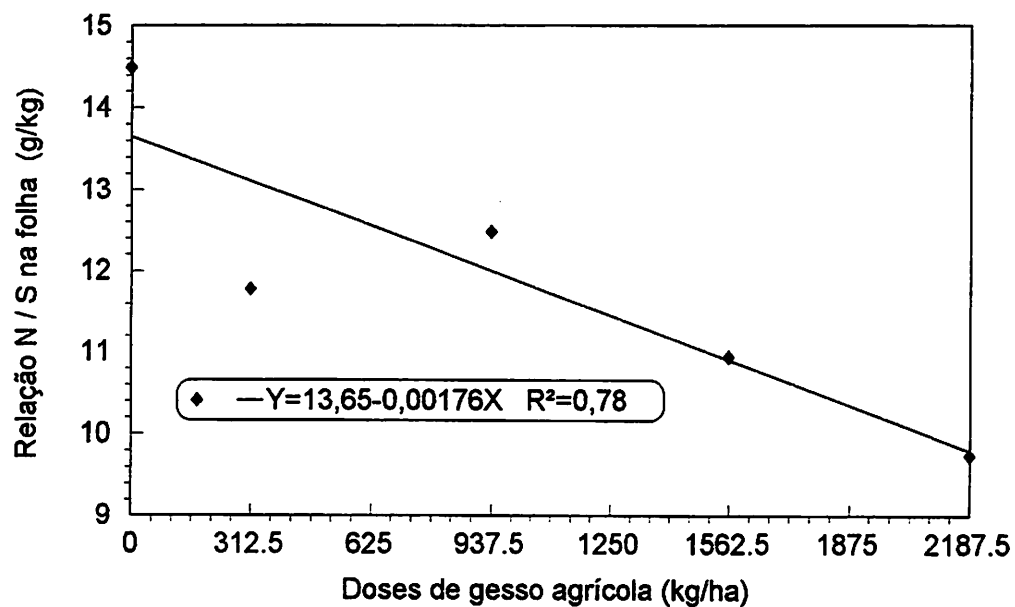


FIGURA 17 - Relação N/S na folha aos 6 meses de idade em função da dose de gesso agrícola aplicada.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, pelos resultados obtidos em condições de casa de vegetação e campo, com dados contrastantes para matéria seca e produtividade nas duas situações, sugere-se a realização de mais pesquisas nos solos Podzólicos, principalmente quanto ao desenvolvimento de raiz sob diferentes doses de enxofre e densidades do solo.

## **6 CONCLUSÕES**

Mediante os objetivos propostos, nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, os resultados obtidos permitem apresentar as seguintes conclusões:

### **- Experimento em casa de vegetação**

- As diferentes doses de sulfato de cálcio influenciaram na produção de matéria seca da cana-de-açúcar, sendo que a produção máxima na parte aérea foi atingida com a aplicação de 4,63 g por vaso com 8 kg de solo.
- As doses de sulfato de cálcio influenciaram os teores P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu e B na parte aérea da cana-de-açúcar, independente da variedade.
- A maior produção de matéria seca da parte aérea ocorreu na relação N/S = 3,41:1.
- A eficiência de utilização de enxofre diminuiu com o aumento da dose de sulfato de cálcio, independente da variedade.

### **- Experimento de campo**

- As doses de gesso agrícola aplicadas influenciaram os valores de P, K, Mg, CTC, Al, H + Al, Ca, S e V%, nas diferentes profundidades amostradas após a colheita da cana-de-açúcar.
- Não houve efeito de doses de gesso agrícola no número de colmos, comprimento de colmos, produtividade e características químico tecnológicas da cana-de-açúcar, independente da variedade.
- Houve efeito de doses de gesso agrícola nos teores foliares de B, Ca, Cu, K, P e S aos 6 meses de idade.
- A maior produção de colmos por hectare, foi obtida na relação N/S = 14,49:1.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREIS, H.J. Macro and micronutrient content of Millable Florida sugar cane. **Sugar Journal**, New Orleans, v.38, n.3, p.10-12, Mar. 1975.
- BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R. Critérios alternativos para diagnose foliar. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Piracicaba, 1986. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.115-136.
- BENEDINI, S.M. Uso do gesso agrícola em solos cultivados com cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.9, n.12, p.17-23, set./dez. 1990.
- BISSANI, C.A. **Disponibilidade de enxofre para as plantas em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 196p. (Tese de Mestrado em Ciência do Solo).
- BOLTON, J.; NOWAKOWSKY, T.Z.; LAZARUS, W. Sulphur-nitrogen interaction effects on the yield and composition of the protein-N, no-protein-N and soluble carbohydrates in perennial ryegrass. **Journal of Science Food Agriculture**, London, v.27, n.6, p.553-560, June 1976.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais Climatológicas**; (Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro). Rio de Janeiro, 1992 84p.
- CASTRO NETO, P. **Curso de Agrometeorologia**. ESAL: Lavras, 1982. 92p. (Notas de Aulas Práticas).
- CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: ROSAND, P.C. (ed.). **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.
- COLLING, By B. **Commercial fertilizers their sources and use**. Toronto: Agriculture College of South Caroline, 1950. 522p.

- DAIGGER, L.A.; FOX, R.C. Nitrogen and sulphur supplies for perennial ryegrass in England. **Soil Science**, Baltimore, v.110, n.5, p.346-354, Nov. 1970.
- DAL BÓ, M.A. **Movimentação de bases e crescimento de raízes de cana-de-açúcar em colunas de solo, em função da adição de diferentes sais de cálcio.** Viçosa: UFV, 1985. 62p. (Tese de Mestrado em Ciência do Solo).
- DEMATTÊ, J.L.J. Solos arenosos de baixa fertilidade. Estratégia de manejo. In: SEMANA AGROINDUSTRIAL "LUIZ DE QUEIROZ", 29, Piracicaba, 1986. **Palestras...** Piracicaba: ESALQ, 1986. 12p. (Mimeografado).
- DEMATTÊ, J.L.J. Aptidão agrícola de solos e o uso do gesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Trabalhos...** s.l.: IBRAFÓS, 1992. p.307-324.
- DIJKSHOORN, W.; VAN WIJK, A.L. The sulphur requirements of plants as evidenced by the sulphur-nitrogen ratio in the organic matter - a review of published data. **Plant and Soil**, The Hague, v.26, p.129-157, 1967.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Relatório Técnico Anual do CPAC - 1977.** Planaltina: Brasília, 1978. 183p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Relatório Técnico Anual do CPAC - 1981.** Planaltina: Brasília, 1982. 198p.
- FERNANDES, F.A. **Efeitos do gesso como fonte de cálcio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar.** Piracicaba: ESALQ-USP, 1985. 92p. (Tese de Mestrado em Ciência do Solo).
- FOX, R.L. Sulphur and nitrogen requirements of sugarcane. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, n.6, p.891-896, Nov./Dec. 1976.
- FREITAS, L.M. de; GOMES, F.P.; LOTT, W.L. Effect of sulphur fertilizer on coffee. **The Sulphur Institute Journal**, New York, v.8, n.3, p.9-12, 1972.
- FRIEDRICH, J.W.; SCHRADER, L.E. Sulphur deprivation and nitrogen metabolism. In: **Maize Seedlings.** **Plant Physiology**, Rockswille, v.61, n.6, p.900-903, June 1978.
- GALLO, J.R.; R. HIROCE; R. ALVAREZ. Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo, pela análise foliar. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.30, p.365-382, set. 1968.

- GAVIOLI, E.A. **Efeito do calcário dolomítico calcinado, gesso e misturas calcário calcinado/gesso na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Jaboticabal: UNESP, 1989. 65p. (Trabalho apresentado no curso de graduação).
- GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 13.ed. Piracicaba: ESALQ, 1990. 468p.
- GOSNELL, J.M.; A.C. LONG. 1969. A sulphur deficiency in sugar cane. CONGRESS SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGY ASSOCIATION: 43, England, 1971. **Proceedings...** New Orleans: Sugar Journal, 1971. p.26-29.
- HAAG, H.P.; J. ORLANDO FILHO. **Influência varietal e do solo no estado nutricional da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**, pela análise foliar. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.33, p.105-147, 1976.
- HADDAD, C.M. **Efeito do enxofre aplicado na forma de gesso sobre a produção e qualidade do capim colômbio (*Panicum maximum* Jacob)**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1983. 115p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- HOWES, F.N. **Sugar cane research in Queensland**. England: The International Sugar Journal, 1967. 168p.
- JONES, M.B. **Effect of sulphur applied and date of harvest on yield, sulphate sulphur concentration, and total sulphur uptake of five annual grassland species**. **Agronomy Journal**, Madison, v.55, n.3, p.251-254, May/June 1963.
- JONES, M.B.; RUCKMAN, J.E. **Gypsum and elemental sulphur as fertilizers on annual grassland**. **Agronomy Journal**, Madison, v.58, n.4, p.409-412, July/Aug. 1966.
- JORGENSEN, S.S. **Metodologia utilizada para análises de rotina: guia analítico**. Piracicaba: CENA, 1977. 24p.
- KIEHL, J.C.; FRANCO, O. **Efeito do gesso industrial sobre alguns componentes da fertilidade do solo**. **O Solo**, Piracicaba, v.76, n.1, p.116, jan./jun. 1984.
- KOFLER, N.F. **A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1986. p.12. (Informações Agronômicas, 33).
- LOPES, A.S.; ALVES, H.M.R. **Efeitos da aplicação de corretivos e fertilizantes na diminuição da toxidez de alumínio em profundidade, em amostras sob vegetação de cerrados em Minas Gerais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18, Salvador, 1981. **Programas e resumos...** Campinas: SBCS, 1981. p.96.
- LORENZETTI, J.M.; RODRIGUES, J.C.; MORALES, S.H.; DEMATTÊ, J.L.I. **Uso de calcário e gesso em soqueira de cana-de-açúcar**. **STAB**, Piracicaba, v.101, n.3, p.148, jan./fev. 1992.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 254p.

- MALAVOLTA, E. Exigências nutricionais das plantas e necessidade de fertilizantes e de corretivos. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. **Anais...** Brasília: EMBRAPA: DEP, 1984. p.159-178 (EMBRAPA-DEP. Documentos, 14).
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação das plantas cultivadas.** São Paulo: Pioneira, 1974. 727p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.O. **Enxofre na adubação.** Campinas: CATI, 1976. 11p.
- MATSUOKA, S. RB 72-454: uma variedade de cana-de-açúcar para todo o Brasil. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.105, n.416, p.8-18, 1987.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A. Adubação do Solo. III. Efeito de NPK, do enxofre e micronutrientes em solo do arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.23, n.7, p.65-71, fev. 1964.
- MAZZA, J.A.; DEMATTÊ, J.L.J.; VITTI, G.C.; ALOISI, R.R. Utilização de calcário, gesso e fósforo em solos de baixa fertilidade com soqueiras de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, Porto Alegre, 1991. **Anais ...** Campinas: SBCS, 1991. 233p.
- MAZZA, J.A. **Efeitos do calcário e do gesso aplicados no plantio e em soqueiras de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) nos atributos químicos de solos e na produtividade da cultura.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1993. 141p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; DEMATTÊ, J.L.I.; DALBEN, A.E. Efeito do gesso e calcário nas propriedades químicas dos solos arenosos álicos e na produção de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.6, n.2, p.24-31, nov./dez. 1987.
- MORELLI, J.L.; DALBEN, A.; ALMEIDA, E.; DEMATTÊ, J.L.J. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um Latossolo de textura média álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.2, p.187-194, maio/ago. 1992.
- NUNES JR., D. Variedades de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar, cultivo e utilização.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.187-225.
- ORLANDO FILHO, J. **Absorção dos nutrientes pela cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) variedade CB 41-76 em três grandes grupos de solos no Estado de São Paulo.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1978. 76p. (Tese de Doutorado em Ciência do Solo).

- ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A.A. Efeitos da calagem, do gesso e do sulfato de magnésio na produtividade da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.15, n.3, p.12-14, jan./fev. 1997.
- PAVAN, M.A.; BINGHAN, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum applications to a Brazilian oxisoil. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.48, n.1, p.33-38, Jan./Feb. 1984.
- PENATTI, C.P.; PRADO FILHO, O. Efeito do enxofre na cultura da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, São Paulo, v.47, p.37-40, 1989.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEIN, A.R.; RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n.3, p.189-194, set./dez. 1982.
- RABUFFETTI, A.; KANPRATH, E.J. Yield N and S content of corn as affected by N and S fertilization on coastal plain soils. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.5, p.785-788, Sept./Oct. 1977.
- RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: Associação Brasileira para Difusão de Adubos e Corretivos, 1988. 88p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Efeito, na reação do solo, da absorção de amônio e nitrato pelo sorgo, na presença e ausência do gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.2, p.131-136, maio/ago. 1988.
- RANDALL, P.J.; SPENCER, K.; FRENEY, J.R. Sulphur and nitrogen fertilizers effects on wheat. I. Concentrations of sulphur and nitrogen and the nitrogen to sulphur ratio in grain in relation to the yield response. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v.32, n.2, p.203-212, 1981.
- REEVE, N.G.; M.E. SUMNER. Amelioration of subsoil acidity in Natal oxisols by leaching of surface-applied amendments. **Agrochimophysics**, Pretoria, v.4, p.1-6, 1972.
- REISLENAUER, H.M.; DIKSON, A.D. Effects of nitrogen and sulphur fertilization on yield and malting quality of barley. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, n.3, p.192-195, May/June 1961.
- RENDIG, V.V.; OPUTA, C.; McCOMB, E.A. Effects of sulphur deficiency on non-protein nitrogen, soluble sugars, and N/S ratios in young corn (*Zea mays* L.) plants. **Plant and Soil**, The Hague, v.44, p.423-437, 1976.
- REUVENY, Z.; FILNER, P. Regulation of adenosine triphosphate sulphurylase in cultured tobacco cell. Effects of sulphur and nitrogen sources on the formation and decay of the enzyme. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.252, p.1858-1864, 1977.

- ROLIM, J.C. **Influência de corretivos da acidez e do gesso agrícola em propriedades químicas do solo, na nutrição e produção da cana-de-açúcar.** Piracicaba: ESALQ-USP, 1995. 116p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SALATA, J.C.; SANTOS, E.; DEMATTÊ, J.L.J. Ação do calcário e gesso em solos de baixa fertilidade e na recuperação de soqueiras de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.14, n.1, p.19-26, set./out. 1995.
- SACCOMANI, M.; CACCO, G.; FERRARI, G. Effect of nitrogen and/or sulphur deprivation on the uptake and assimilation steps of nitrate and sulphate in maize seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, Madison, v.7, n.7, p.1043-1057, 1984.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise química em plantas.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.
- SEDL, J.M. The sulphur nutrition of sugar cane proceedings. CONFERENCE QUEENSLAND SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGY, 35, Queensland, 1969. **Proceedings...** England: Sugar Journal, 1969. p.131-135.
- SHRIVASTAVA, A.K.; GROSH, A.K. Effect of sulphur fertilization on yield of sugar cane under moisture stress conditions. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, Lucknow: v.8, n.3, p.123-132, 1987.
- SIDDIGI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, Madison, v.4, n.3, p.289-302, 1981.
- SOARES, E.; IGUE. Estudo comparativo entre fertilizantes fornecedores de enxofre. **Bragantia**, Campinas, v.35, p.5-10, jan. 1976. (Nota 2).
- SOBRAL, A.F.; LIMA, S.M.E.A. de; MELO, P.L. de. Efeitos da aplicação de calcário e gesso na produção de cana-de-açúcar e nas características químicas do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5, Águas de São Pedro, 1993. **Anais...** Piracicaba: STAB, 1993. p.125-129.
- STEWART, B.A.; PORTER, L.K. Nitrogen-sulphur relationships in wheat (*Triticum aestivum* L.), corn (*Zea mays* L.), and beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomy Journal**, Madison, v.61, n.2, p.267-171, Mar./Apr. 1969.
- TERMAN, G.L.; ALLEN, S.E.; GIORDANIO, P.M. Dry matter yield-N and S concentration relationships and ratios in young corn plants. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.4, p.633-636, July/Aug. 1973.
- THOMAS, W. Effect of applied nitrogen and sulphur on yield and protein content of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, n.9, p.572-573, Sept. 1959.

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Características das variedades de cana-de-açúcar utilizadas nos ensaios de competição de 1995; eunião Técnica, Ribeirão Preto, 1995.** 8p. (Mimeografado).
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
- VITTI, G.C. **Efeito do enxofre sobre a produção das culturas anuais e perenes.** Jaboticabal: UNESP, 1982. 40p. (Notas de aula).
- VITTI, G.C. **Acidez do solo, calagem e gessagem.** Ilha Solteira: UNESP, 1987. 16p. (Palestra - mimeografada).
- VITTI, G.C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta.** Jaboticabal: FUNEP, 1989. 37p.
- VITTI, G.C. **Comparação dos efeitos da aplicação de gesso e calcário em características químicas de dois tipos de solos: Podzólico e Latossolo, cultivado com cana-de-açúcar.** Relatório enviado ao CNPq. Piracicaba, ESALQ, 1991. 45p. (Mimeografado).
- VITTI, G.C.; MAZZA, J.A.; PEREIRA, H.S.; DEMATTÊ, J.L.I. **Resultados experimentais do uso do gesso na agricultura - cana-de-açúcar.** In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** s.l.: IBRAFÓS, 1992. p.191-224.
- VITTI, G.C.; MUTTON, M.A.; MAGALHÃES, P.M. de; FERREIRA, M.E.; CARVALHO, M.J.V. **Efeito de doses de gesso e de calcário na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) variedade NA 5679.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16, Ilhéus, 1984. **Resumos...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1984. p.40.
- VITTI, G.C.; MUTTON, M.A.; CASAGRANDE, A.A.; GAVIOLI, E.A.; CAMPANHÃO, J.; PARANHOS, S.B. **Aplicação de calcário, gesso e mistura de calcário/gesso em soca de cana-de-açúcar. II. Efeitos no solo.** STAB, Piracicaba, v.11, n.4, p.8-15, mar./abr. 1993.
- WANG, C.H.; LIEM, T.H.; MIKKELSEN, D.S. **Sulphur deficiency; limiting factor in rice production in the lower Amazon Basin. I. Development of sulphur deficiency as a limiting factor for rice production.** New York: IRI Research Institute, 1976. 46p. (Bulletin Tecnic, 47).
- YAMADA, T. **Capacidade de adsorção máxima de sulfato do solo como parâmetro adicional na recomendação de gesso.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1988. 73p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- ZOTARELLI, E.M.M. **Calagem e gessagem em uma areia quartzosa cultivada com cana-de-açúcar.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 73p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

Para Areia Quartzosa, praticamente todos os trabalhos consultados apresentaram respostas positivas à aplicação do gesso agrícola, tanto a nível de cana planta como cana soca (Penatti e Prado Filho, 1989; Zotarelli, 1992; Lorenzetti et al., 1992); Salata et al., 1995 e Rolim, 1995).

Os solos Podzólicos não têm apresentado respostas à aplicação de gesso agrícola, quando se fala em aumento de produtividade da cana-de-açúcar, entretanto as características químicas do solo têm sofrido alterações com a aplicação do gesso, como têm mostrado os trabalhos de (Vitti et al., 1989; Mazza et al., 1991; Vitti, 1991; Mazza, 1993 e Salata et al., 1995).

Segundo Demattê (1992), os solos recomendados para a utilização de gesso agrícola, até o momento, referem-se aos solos ácidos de baixa capacidade de troca de cátions (CTC). O autor comenta que, em solos álicos ou mesmo distróficos, porém de argila de alta atividade, as respostas ao uso do gesso como redutor do bloqueamento químico não foram consistentes, citando como exemplo, experimentos com cana-de-açúcar conduzidos na região de Piracicaba e Santa Bárbara D'Oeste, em solo Podzólico Vermelho Amarelo distrófico de argila de alta atividade, onde não se encontraram respostas à aplicação do gesso.

## **2.7 Teores foliares de nutrientes na cana-de-açúcar**

Dentre os diversos métodos utilizados para determinação das necessidades de fertilizantes para as culturas destaca-se a análise foliar que se baseia na relação entre o teor do elemento na folha e a produção. Esse valor, quando comparado aos padrões previamente



estabelecidos, pode indicar, segundo alguns autores, a quantidade de fertilizantes necessária para se alcançar determinada produção (Haag e Orlando Filho, 1976).

No Brasil, vários autores têm procurado caracterizar a cana-de-açúcar no que diz respeito aos teores foliares dos nutrientes, nos vários estádios de desenvolvimento, com vistas à determinação de suas deficiências e possíveis correções através de adubações balanceadas, que podem ser realizadas tanto no solo como por via foliar.

Dentre os trabalhos desenvolvidos no Brasil, Gallo et al. (1968), foram dos primeiros autores a proceder um levantamento nutricional de canaviais em São Paulo. Os pesquisadores observaram que os teores médios de nutrientes encontrados nas folhas, variam conforme o tipo de solo e entre cana planta e cana soca. Ainda, segundo os autores, os teores médios dos nutrientes nas folhas foram os seguintes: plantas deficientes em N possuíam de 1,08-1,60%; deficientes em P, entre 0,07-0,12%; deficientes em K, entre 0,34 e 1,20%; deficientes em Ca, entre 0,23 e 0,30% e deficientes em Mg entre 0,04 e 0,15%.

Malavolta et al. (1974), citam dados obtidos por outros autores em outros países, que podem servir de padrão para comparação de resultados. Desta forma, o autor comenta os dados obtidos por Douitoit (1953), que, trabalhando na África do Sul, amostrando a folha "+3", com 7 a 11 meses de idade, contendo a nervura central, nos quais considerou adequados para aquela região teores foliares de N entre 1,45 e 1,65%, e plantas deficientes com valores de N < 1,25%; para P, teores adequados entre 0,12 e 0,16%, sendo deficiente quando menor do que 0,12%; para o K, níveis adequados entre 1,33 e 1,50%, sendo deficientes quando os teores foram menores do que 0,83% nas folhas. Samuels (1955), em Porto Rico, amostrou as folhas +4, +5 e +6 da cana-de-açúcar, com idade de 3 meses, encontrando os seguintes valores: para o N, valores adequados entre 2,0 e 2,5% e deficientes < 1,5%; para o P, valores adequados entre 0,18 e 0,25% e

deficientes < 0,10%; para o K, valores adequados entre 1,15 e 2,0% e deficiente < 1,0%. Evans (1959), também citado por Malavolta et al. (1974), trabalhando nas Ilhas Maurício, detectou que folhas deficientes em Mn, apresentavam valores menores do que 24 ppm e quando normais apresentavam mais de 40 ppm.

A época de amostragem para diagnose foliar é também importante, uma vez que os teores dos nutrientes nas folhas são variáveis conforme a idade da planta. Trabalhos desenvolvidos por Orlando Filho (1978), mostraram que, para a cana-de-açúcar, o teor de nutrientes tende a diminuir entre os 4 e 8 meses, após o que, ocorre um aumento até os 12 meses, para depois decrescer novamente até a colheita. Tais variações coincidem com estações secas e chuvosas, devendo haver relação entre os fatores.

Malavolta (1980), sugere níveis críticos dos nutrientes, considerando como tal o teor mínimo aceitável existente na folha, abaixo do qual ocorrem perdas de produção. Assim, para N, o nível crítico seria 1,5%; para P, 0,20%; para K, 1,00%; para Ca, 0,5%; para Mg, 0,15%; para S, 0,20% e para o Mn, 50 ppm.

Bataglia e Dechen (1986), indicam, também teores bastante similares aos já citados por outros autores, considerando como níveis críticos aceitáveis dos nutrientes nas folhas de cana-de-açúcar: N, 1,60%; P, 0,12%; K, 1,20%; Ca, 0,20%; Mg, 0,20%; S, 0,20% e Mn, 50 ppm.

Com um maior número de estudos, houve uma tendência de maior aprimoramento nas pesquisas visando estabelecer teores mais aceitáveis de nutrientes foliares. Assim, Malavolta, Vitti e Oliveira (1989), propuseram alguns novos valores para os níveis críticos de nutrientes nas folhas de cana-de-açúcar. Trabalhando com a folha +3, com apenas o terço médio e excluindo a nervura central, estes autores determinaram os teores adequados para os diversos nutrientes, a saber: para o N - cana planta = 1,90 a 2,10% e cana soca = 2,0 a 2,20%; para o P - cana planta = 0,20 a

0,24% e cana soca = 0,18 a 0,20%; para o K - cana planta = 1,10 a 1,30% e cana soca = 1,30 a 1,50%; para o Ca - cana planta = 0,80 a 1,00% e cana soca = 0,50 a 0,70%; para o Mg - cana planta = 0,20 a 0,30% e cana soca = 0,20 a 0,25%; para o S - cana planta e cana soca = 0,25 a 0,30%; para B - cana planta = 15-50 ppm; para Cu - cana planta e soca = 8 a 10 ppm; para Fe - cana planta = 200 a 250 ppm e cana soca = 80 a 150 ppm; para o Mn - cana planta = 100 a 250 ppm e cana soca = 50 a 125 ppm; para o Zn - cana planta = 25 a 50 e cana soca = 25 a 30 ppm e para o Mo - cana planta = 0,15 a 0,30 ppm.

Trabalho realizado por Rolim (1995), mostra valores bem diferentes de outros citados na literatura. Neste caso a variedade estudada foi a RB 72-454 e o solo uma Areia Quartzosa. Os valores médios encontrados foram para N, 1,42% para cana planta e 1,57% para cana soca; para o P, 0,09% para cana planta e 0,16% para cana soca; para K, 1,14% para cana planta e 0,89% para cana soca; para Ca, 0,23% para cana planta e 0,43% para cana soca; para o Mg, 0,16% para cana planta e 0,20% para cana soca; para o S, 0,07% para cana planta e 0,09% para cana soca; para o Mn, 167 ppm para cana planta e 169 ppm para cana soca e para o Al, 5,8 ppm para cana planta e 9,2 ppm para cana soca. O autor concluiu que, na planta, de um modo geral, os teores de nutrientes foram baixos, sem observar influência dos tratamentos nos teores de S e Mg, destacando que, nos tratamentos onde foi aplicado magnesita e gesso, onde ocorreu uma maior concentração destes nutrientes na folha.

## **2.8 Interação Nitrogênio-Enxofre**

Diversos trabalhos apresentam evidências da interação nitrogênio versus enxofre no crescimento das plantas e sua produtividade. Analisando os efeitos da aplicação de nitrogênio e

enxofre em milho, Thomas (1959) observou que a aplicação de nitrogênio favoreceu o aproveitamento de enxofre pela planta. Trabalhando com cevada, Reisenauer e Dickson (1961) afirmaram que aumentos consideráveis nos rendimentos foram observados com a aplicação conjunta de nitrogênio e enxofre.

Quanto a proporção relativa dos vários tipos de proteínas nas plantas, Stewart e Porter (1969) afirmam que existe influência do ambiente. A interação N x S tem sido atribuída à interdependência entre esses elementos nos processos de redução e na própria síntese de proteína. Entretanto, a composição das proteínas e sua relação N/S são relativamente constantes, sendo determinadas geneticamente (Friedrich e Schrader, 1978). A relação molar existente entre N e S nas proteínas, segundo Reuveny e Filner (1977) sugere que as taxas de assimilação destes nutrientes estejam intimamente associadas e correlacionadas com a taxa de síntese líquida de proteínas.

Em trabalho desenvolvido com milho doce, Daigger e Fox (1970) observaram que foram necessários 225 kg N/ha para atingir a produção máxima quando não se aplicou S; com a aplicação de 66 kg de S/ha a necessidade de N para atingir a mesma produção foi de 135 kg/ha. As doses de 56 ou 112 kg de N/ha, ambas com a adição de S, não apresentaram efeito na produção ou mesmo chegaram a ser depressivas para o milho, enquanto que a aplicação de 168 ou 224 kg N/ha juntamente com S, promoveu um acentuado aumento na produção (Rabuffetti e Kamprath, 1977). Estas observações sugerem a existência de uma relação N/S ideal, no solo e na planta, a fim de que se obtenham as máximas produtividades. No entanto, os dados de literatura indicam controvérsias no que diz respeito a esta relação N/S ideal na planta: 10/1 em grama perene (Bolton et al., 1976); 17/1 em trigo (Randall et al., 1981); 16/1 em milho (Terman et al., 1973); 8,2 a 14,9 em milho doce (Daigger e Fox, 1970); 16/1 em cana-de-açúcar (Cox, 1976); 3/1

em cana-de-açúcar (Malavolta, 1984); 7/1 em cana-de-açúcar (Rolim, 1995). Segundo Dijkshoorn e van Wijn (1967), essa relação parece variar com a espécie e idade da planta, tendendo a se estabilizar-se em 14/1 nas gramíneas e 17/1 nas leguminosas.

Segundo Saccomani, Cacco e Ferrari (1984), existe uma estreita relação entre o metabolismo de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ . Os autores verificaram que quando se retirava  $\text{SO}_4^{2-}$  da solução nutritiva por cinco dias, aumentava-se a concentração de  $\text{NO}_3^-$  nas raízes de milho, enquanto que na falta de N na solução, as plantas apresentavam redução na atividade da enzima ATP sulfúrilase (ATPS), a qual é importante na rota de assimilação de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , por observarem redução de 50% na atividade da nitrato redutase em plantas deficientes de enxofre. Friedrich e Schrader (1978), sugerem ser esta enzima o regulador primário da assimilação de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ . Trabalhando com células isoladas de fumo, Reuveny e Filner (1977) postularam que ATP sulfúrilase, enzima inicial da via de assimilação do  $\text{SO}_4^{2-}$ , atua em sincronia com a nitrato redutase, interligando a assimilação do  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  e sendo regulada tanto pela nutrição de enxofre como de nitrogênio.

A fertilização com N aumenta a habilidade das plantas de milho em utilizar enxofre do solo, provavelmente pela maior proliferação de raízes, que podem conseguir este nutriente do subsolo (Daigger e Fox, 1970). Por outro lado, Fox (1976), em estudo com cana-de-açúcar, afirma que as plantas crescendo com baixo teor de enxofre, também desenvolveram um extenso sistema radicular em detrimento da parte aérea, quando cultivadas em solos de baixa fertilidade, o que foi confirmado por Clarkson (1985), inclusive com variação entre espécies.

A deficiência de enxofre nas plantas está associada a certas ocorrências metabólicas. Deste modo, quando a concentração de S está aquém do necessário ocorre acúmulo de N não protéico. Este comportamento foi observado por Friedrich e Schrader (1978), na parte aérea e

por Saccomani, Cacco e Ferrari (1984) nas raízes de plântulas de milho. Há evidências de que o suprimento inadequado de enxofre limita a síntese protéica e inibe o mecanismo de absorção de nitrogênio (Rendig, Oputo e McComb, 1976).

Parece que o padrão de respostas das espécies à deficiência de enxofre é variável. Bolton, Nowakowsky e Lazarus (1976) observaram pequeno acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  em gramíneas, ao passo que Friedrich e Schrader (1978) encontraram concentrações significativamente elevadas em milho. De acordo com estes últimos autores, em razão da relação N/S-protéico em proteínas individuais ser geneticamente fixada, formas de N não protéico se acumulam quando a disponibilidade de enxofre limita a síntese protéica, e de modo similar,  $\text{SO}_4^{2-}$  se acumula quando a taxa de absorção deste ion excede a quantidade requerida para a síntese protéica. De acordo com Bolton, Nowakowsky e Lazarus (1976), em plantas de azevém deficientes em enxofre, metade do N-total estava presente na forma de N-orgânico solúvel. Este acúmulo de formas não protéicas de nitrogênio parece ser prejudicial, pois Janzen e Bettany, citados por Bissani (1985), afirmam que a excessiva absorção de nitrogênio comparado com o enxofre, provoca declínio da produção devido ao acúmulo de nitrato, amidas e aminoácidos livres que são tóxicos e provocam distúrbios metabólicos.

Em cana-de-açúcar, Rolim (1995) estudando o efeito de calcário, gesso agrícola e magnesita em uma Areia Quartzosa, observou que, à medida que aumentou a relação N/S, houve decréscimo de produtividade para a variedade RB 72-454. As produtividades, em função da relação N/S foram: 7,1/1 = 94,38 t/ha; 14,1/1 = 71,95 t/ha e 34,5/1 = 65,44 t/ha.

As evidências observadas na literatura, com relação às respostas ao enxofre, bem como a sua interação com outros nutrientes, como por exemplo, o nitrogênio, ressaltam a importância de se considerar o enxofre na prática da fertilização, mais notadamente nas áreas de

solo sob vegetação de cerrado, solos considerados marginais e em áreas que vêm sendo adubadas ao longo dos anos com fórmulas concentradas, principalmente na cultura da cana-de-açúcar, onde se espera que respostas a este nutriente sejam mais acentuadas. Destaca-se ainda o efeito das queimadas constantes por ocasião do corte da cana-de-açúcar, reduzindo a matéria orgânica a ser incorporada, bem como promovendo perda de enxofre para a atmosfera na forma de gás. É importante salientar que as respostas serão variáveis em função das diferenças varietais, tipos de solo, condições de manejo, fontes, formas de aplicação e equilíbrio entre os outros nutrientes.

Quanto ao gesso agrícola, ainda há dúvidas sobre seus efeitos, principalmente quanto a movimentação de bases no perfil dos solos. Na realidade, ainda não existem dados experimentais conclusivos que sirvam de parâmetros para definir as quantidades de gesso a serem aplicadas, bem como a que tipos de solos deve ser aplicado, se isoladamente ou em mistura com corretivos da acidez do solo. Tudo isto, sugere a busca de respostas mais consistentes que somente serão possíveis com a realização de novos trabalhos, a nível de campo, principalmente.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi dividido em dois experimentos, sendo um deles conduzido em condição de casa de vegetação e o outro no campo, utilizando-se para ambos o mesmo solo e tratamentos.

#### **3.1 Localização e descrição da área experimental**

O experimento de campo, assim como a obtenção do material do solo para o experimento em casa de vegetação foram realizados na Usina Monte Alegre, Município de Monte Belo, localizado na Região Sul do Estado de Minas Gerais, a 21°48' de Latitude sul e 45°06' de Longitude W.G.. A região apresenta temperatura máxima média de 26,9°C, mínima média de 14,3°C e média anual de 19,6°C; a precipitação média anual é de 1592,7 mm; umidade relativa média é de 72,3% e a altitude varia entre 845 e 945 m (Brasil, 1992). O clima da região é classificado como Cwb, pela classificação de Köppen (Castro Neto, 1982).



A área onde foi instalado o experimento, vem sendo cultivada há mais de 20 anos com a cultura da cana-de-açúcar, utilizando-se apenas adubação química com NPK em formulação concentrada. O solo foi classificado como Podzólico Vermelho Amarelo textura argilosa. Na Tabela 1, estão apresentados os valores obtidos pelas análises química e granulométrica do solo, antes do plantio.

TABELA 1 - Valores obtidos nas análises química e granulométrica do solo, classificado como Podzólico Vermelho Amarelo argiloso.\*

Parâmetro	Unidade	Profundidade (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80
pH H <sub>2</sub> O	-	5,60	5,85	5,17	5,20
Ca	mmol/dm <sup>3</sup>	24,00	35,20	19,80	27,30
Mg	mmol/dm <sup>3</sup>	3,50	7,50	2,80	2,30
K	mmol/dm <sup>3</sup>	1,10	0,72	0,84	0,76
Al	mmol/dm <sup>3</sup>	1,00	1,00	2,80	2,30
H + Al	mmol/dm <sup>3</sup>	29,50	29,00	43,80	42,30
S	mmol/dm <sup>3</sup>	28,50	43,50	28,00	38,50
T	mmol/dm <sup>3</sup>	45,80	58,80	49,30	57,00
P	mg/dm <sup>3</sup>	1,00	1,25	1,25	1,50
S - SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	4,52	3,50	4,50	9,30
m	%	3,25	2,25	10,25	6,50
V	%	49,80	60,00	38,50	47,25
M.O.	g/kg	16,80	21,80	18,30	28,50
Zn	mg/dm <sup>3</sup>	0,78	0,93	1,95	1,15
B	mg/dm <sup>3</sup>	0,13	0,18	0,14	0,14
Fe	mg/dm <sup>3</sup>	21,98	31,7	24,60	33,30
Mn	mg/dm <sup>3</sup>	12,22	20,15	11,60	27,95
Cu	mg/dm <sup>3</sup>	1,25	3,28	3,42	3,62
Argila	g/kg	455,0	520,0	565,0	587,5
Silte	g/kg	235,0	185,0	170,0	147,5
Areia	g/kg	310,0	295,0	265,0	265,0

\* Análises realizadas nos Laboratórios de Fertilidade e Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - UFLA - Lavras-MG, 1995, metodologia de Vettori (1969) com modificações da EMBRAPA (1979).

Cu, Fe, Mn e Zn - Extrator DTPA.

### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos (de campo e casa de vegetação) foram instalados utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em um esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco doses de sulfato de cálcio e três variedades de cana-de-açúcar (RB 72-454, RB 76-5418 e SP 70-1143).

As três variedades de cana-de-açúcar, utilizadas nos dois experimentos estão entre as mais cultivadas atualmente na região centro-sul do Brasil. As principais características que elas apresentam, de acordo com Nunes Junior (1987), Matsuoka (1987) e UFSCar (1995), são: a variedade “SP 70-1143” tem uma notável produtividade em solos de baixa fertilidade, apresenta excelente brotação de soqueira, mesmo em condições climáticas adversas; tem maturação mediana, possui bom fechamento da entrelinha e é altamente resistente ao carvão (*Ustilago scitaminea* Sudow), mosaico (vírus) e podridão vermelha (*Glomerella tucumanensis* Speg.); a variedade “RB 72-454” apresenta alto rendimento de colmos e açúcar, comporta-se bem em solos de média e alta fertilidade, tem uma boa capacidade de brotação, não floresce facilmente, tem maturação média, alto teor de sacarose e possui resistência ao mosaico (*Ustilago scitaminea* Sydow); a variedade “RB 76-5418” apresenta maturação precoce, bom rendimento de colmos em solos férteis, teor de sacarose alto, não floresce, apresenta pouco perfilho, brotação de soca regular, resistente ao carvão (*Ustilago scitaminea* Sydow), ferrugem (*Puccinia melanocephala*) e escaldadura (*Xanthomonas albilineans* Ashby).

### **3.3 Instalação e condução dos experimentos**

#### **3.3.1 Ensaio 1 - Experimento em casa de vegetação**

Após escolhida e demarcada a área experimental no campo, retirou-se material do solo da camada superficial (0-20 cm), sendo este material transportado, seco ao ar, peneirado em malha de 5 mm e dividido em amostras de 50 kg. Cada amostra recebeu calagem com calcário dolomítico suficiente para elevar a saturação de bases a 60%. O solo foi homogeneizado e colocado em vasos de PVC com capacidade para 8 kg, ficando incubado por 30 dias. Após este período cada vaso recebeu adubação de base com fósforo, potássio, nitrogênio, boro, cobre e zinco nas doses de respectivamente 250 mg/kg, 100 mg/kg, 70 mg/kg, 0,5 mg/kg, 1,5 mg/kg e 5,0 mg/kg.

Os tratamentos, foram aplicados em cada vaso individualmente (parcela), utilizando-se o  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  p.a. equivalente às doses de 0,; 1,07; 3,22; 5,38 e 7,52 g de sulfato de cálcio/vaso de 8 kg de solo. Após a aplicação da adubação de base e do sulfato de cálcio, o solo foi novamente homogeneizado e incubado por 15 dias até o plantio das gemas de cana-de-açúcar. Antes do plantio, foi feita uma amostragem de material de solo nos vasos, com a finalidade de verificar os níveis de nutrientes.

O plantio das três variedades de cana-de-açúcar foi realizado no dia 28/09/1995, através de gemas extraídas pelo extrator de gemas, modelo Copersucar, com 2 cm de diâmetro, que receberam tratamento com Benomil (Benlate 1%) durante 16 horas. Foram plantadas cinco gemas por vaso para garantir a brotação. Quinze dias após o início da brotação foi feito o desbaste deixando-se apenas duas plantas por vaso.

Aos 40 e 80 dias após o plantio foram aplicadas adubações de cobertura com 20 mg/kg de nitrogênio e 55,72 mg/kg de potássio. As irrigações foram diárias, utilizando uma quantidade de água equivalente a 60% do volume total de poros.

Aos 120 dias após o plantio das gemas, o experimento foi avaliado quanto a altura de plantas, diâmetro do colmo primário, largura da “folha + 3”, número de folhas e número de perfilhos. Foi feito o corte das plantas rente ao nível do solo e avaliado o peso fresco e da matéria seca da parte aérea, além do peso seco da raiz.

Após a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até o peso de equilíbrio e pesagem do material, fez-se a moagem do material vegetal em moinho tipo Willey, para posterior análise química de macro e micronutrientes segundo a metodologia descrita por Jorgensen (1977) e Sarruge e Haag (1974).

A eficiência de utilização de S pelas diferentes variedades de cana-de-açúcar, quando submetidas a diferentes doses de sulfato de cálcio foram calculadas segundo o modelo proposto por Siddiqi e Glass (1981), através da expressão  $E = \frac{(w)^2}{Q}$ , sendo E = eficiência de utilização; W = peso seco da parte aérea (folhas e colmos) e Q = quantidade de nutriente na biomassa em mg/kg.

### **3.3.2 Ensaio 2 - Experimento de campo**

As operações de destruição de soqueiras e o novo preparo do solo foram as convencionalmente utilizadas pela Usina Monte Alegre (subsolagem, grade pesada e grade de

nivelamento). A calagem foi efetuada com calcário dolomítico, em dose suficiente para elevar a saturação de base a 60%, incorporado em área total.

As parcelas foram constituídas de oito sulcos espaçados de 1,4 m entre si, tendo um comprimento de 12 m, perfazendo uma área total de 134,4 m<sup>2</sup>. A área útil foi constituída dos 4 sulcos centrais, onde se deixou uma bordadura de 2 m de cada lado da parcela, perfazendo assim uma área útil = 44,8 m<sup>2</sup>. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, perfazendo assim um total de 60 parcelas.

A adubação de base foi a mesma para todos os tratamentos, com 20 kg/ha de N na forma de uréia, 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo e 120 kg/ha de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio. Decorridos 60 dias após o plantio, foi feita uma adubação nitrogenada com 30 kg de N/ha na forma de uréia.

Os tratamentos consistiram-se em um fatorial 5 x 3, sendo cinco doses de gesso agrícola (0,0; 312,5; 937,5; 1562,5 e 2187,5 kg/ha), aplicados no sulco de plantio e três variedades de cana-de-açúcar (SP 70-1143, RB 72-454 e RB 76-5418). O gesso agrícola apresentou o seguinte resultado de análise: S = 16%, CaO = 28%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 0,43% e umidade livre = 16%.

Após a adubação de base e aplicação dos tratamentos com gesso agrícola, foi feito o plantio das três variedades de cana-de-açúcar no dia 11/11/1995. O plantio seguiu o sistema tradicional da usina, sendo as mudas obtidas de viveiros. Foi feita a distribuição das canas no sulco de maneira a se obter em média 14 gemas/m linear de sulco. Essas canas foram seccionadas em toletes de 3 gemas, fazendo-se em seguida a cobertura dos sulcos.

A cultura foi mantida livre de plantas daninhas durante todo o período em que o experimento ficou no campo, através da aplicação de herbicida pré-emergente (Karmex 500 SC, 4 l/ha) por ocasião do plantio e com capinas manuais de repasse sempre que foi necessário.

As variáveis avaliadas foram: a) número de colmos por metro linear de sulco, realizado de 45 em 45 dias até a colheita; b) amostragem das “folhas + 3”, aos seis meses de idade, para determinação de macro e micronutrientes; c) número de colmos industrializáveis por metro linear de sulco antes da colheita; d) comprimento de colmos, efetuando-se a medição de 12 colmos por parcela após o corte; e) rendimento de colmos (t/ha), obtida pela pesagem dos colmos de cada parcela através do uso de um dinamômetro de precisão com garra hidráulica, acoplado a uma carregadeira de cana; f) qualidade da matéria-prima através de análise química-tecnológica de Pol, Brix, fibra, pureza, açúcares redutores (% cana), em amostras de 10 colmos por parcela, além do açúcar teórico recuperável (ATR) t/ha. Após a colheita foi realizada amostragem de solo no sulco de plantio, nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm para análises químicas.

### **3.4 Métodos estatísticos**

Os dados obtidos foram submetidos às análises estatísticas, utilizando-se o teste de F para significância e para comparações de médias o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme Pimentel Gomes (1990). Para testar os efeitos de doses, foram realizadas análises de regressão.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Visando-se um melhor entendimento, os resultados de casa de vegetação e campo serão apresentados e discutidos separadamente.

### **4.1 Experimento 1 - casa de vegetação**

Na Tabela 2, são apresentados os resultados dos testes de significância, coeficientes de variação e ajuste de regressão para as variáveis de crescimento e produção de matéria seca do experimento conduzido em casa de vegetação. Pode-se observar que a interação (doses x variedades) não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas, entretanto, para variedades todas as variáveis foram significativas, enquanto que para doses as variáveis largura de folha e matéria seca foram significativas.

TABELA 2 - Resumo das análises de variância para variáveis de crescimento e produção de matéria seca da cana-de-açúcar aos 120 dias em casa de vegetação. UFLA, 1996.

Causa de variação	Diâmetro	Altura	Nº folhas	Nº perfilhos	Largura de folha	M.S. p. aérea	M.S. raiz	M.S. total
Dose (D)	NS	NS	NS	NS	*	**	*	**
Variedade (V)	**	**	**	**	**	**	*	**
D x V	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV %	8,20	14,79	8,73	20,29	8,58	12,93	17,37	11,22
Ajuste de regressão (dose)	Q	NS	NS	NS	Q	Q	L	Q

\* = Significativo à 5% de probabilidade

\*\* = Significativo à 1% de probabilidade

NS = Não significativo

L = Linear; Q = Quadrática

#### 4.1.1 Variáveis de crescimento

Na Tabela 3, são apresentados os resultados para as variáveis de crescimento de plantas em função das variedades estudadas. Pode-se observar que a variedade “RB 72-454”, apresentou maior diâmetro, altura do colmo primário, número de folhas e largura de folhas. Quando comparada com as demais, a variedade SP 70-1143 se destacou quanto ao número de folhas e de perfilhos. Estas diferenças podem ser explicadas pelas características intrínsecas de cada variedade.

Quanto ao efeito de doses de sulfato de cálcio (Tabela 4), pode-se observar que estas não influenciaram as variáveis avaliadas, exceto a largura de folhas que foi ligeiramente superior na presença de sulfato de cálcio aplicado, independente da dose, sendo mais evidente para a dose de



4,15 g/vaso, onde se obteve a largura máxima pela equação ajustada (Figura 1), o que representaria uma dosagem de 1037 kg de sulfato de cálcio por hectare.

TABELA 3 - Valores médios para parâmetros de crescimento de plantas em três variedades de cana-de-açúcar. UFLA, 1996.

Variedade	Parâmetros				
	Diâmetro do colmo (cm)	Altura de colmo (cm)	Nº de folhas	Largura de folhas (cm)	Nº de perfilhos
SP 70-1143	1,43 b	38,40 b	5,25 a	2,28 b	6,05 a
RB 72-454	1,62 a	51,20 a	5,20 a	2,53 a	3,47 b
RB 76-5418	1,26 c	43,33 b	4,23 b	2,28 b	3,52 b
DMS 5%	0,09	5,04	0,33	0,16	0,68

As médias seguidas da mesma letra no sentido das colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

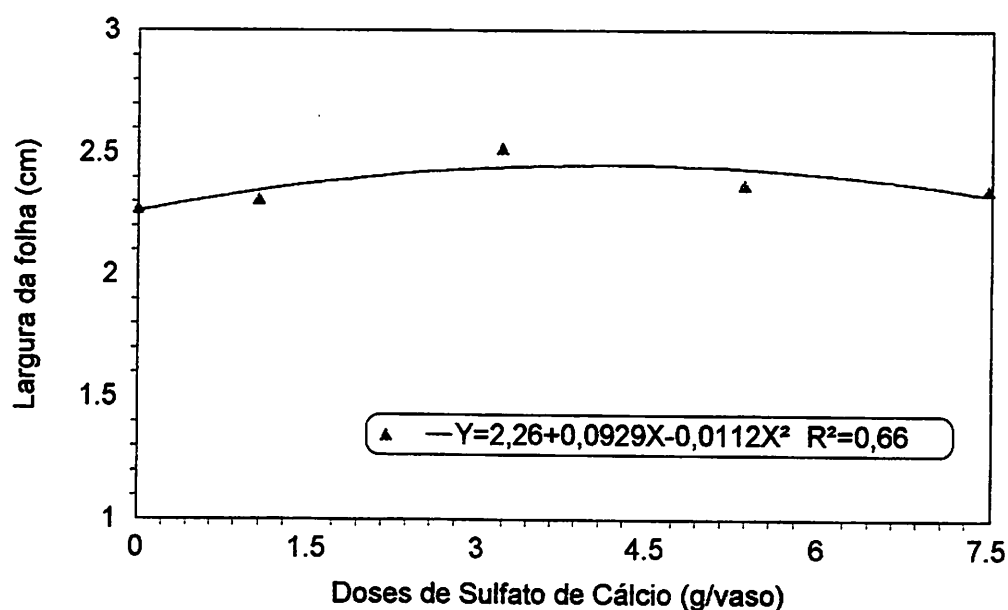


FIGURA 1- Largura da folha "+3" da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada.

TABELA 4 - Valores médios para variáveis de crescimento de plantas em três variedades de cana-de-açúcar aos 120 dias após o plantio em função da dose de sulfato de cálcio. UFLA, 1996.

Doses de enxofre (g/vaso)	Diâmetro do colmo (cm)	Altura do colmo (cm)	Número de perfilhos	Número de folhas	Largura de folhas
0	1,38	44,17	3,92	4,96	2,27
1,07	1,40	42,63	4,67	4,58	2,31
3,22	1,50	44,63	4,21	5,00	2,52
5,38	1,46	47,04	4,50	4,92	2,37
7,52	1,44	43,08	4,46	5,00	2,35
DMS 5%	0,14	7,63	1,03	0,50	0,24

#### 4.1.2 Produção de matéria seca

Na Tabela 5 são apresentados os resultados de produção de matéria seca da cana-de-açúcar em função da variedade estudada.

Pode-se observar pelos dados da Tabela 5, que a variedade RB 76-5418 foi a variedade que apresentou menor produção de matéria seca total em relação as demais variedades e que, a variedade RB 72-454 apresentou maior produção de matéria seca na parte aérea, provavelmente devido ao maior potencial genético. Na Tabela 6, são apresentados os valores médios de produção de matéria seca em função das doses de enxofre aplicadas.

TABELA 5 - Produção de matéria seca aos 120 dias após o plantio em função da variedade de cana-de-açúcar estudada. UFLA, 1996.

Variedade	Matéria seca raiz (g/vaso)	Matéria seca parte aérea (g/vaso)	Matéria seca total (g/vaso)
SP 70-1143	96,54 a	95,91 b	(192,45) a
RB 72-454	86,32 ab	113,42 a	(199,74) a
RB 76-5418	82,20 b	94,33 b	(176,53) b
DMS 5%	11,79	10,05	16,28

As médias seguidas da mesma letra no sentido das colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 6 - Valores médios observados para produção de matéria seca aos 120 dias após o plantio em função da dose de sulfato de cálcio aplicada. UFLA, 1996.

Doses de enxofre (g/vaso)	Matéria seca raiz (g/vaso)	Matéria seca parte aérea (g/vaso)	Matéria seca total (g/vaso)
0	84,24	90,89	175,13
1,07	78,51	95,64	174,15
3,22	90,50	110,03	200,53
5,38	91,29	107,37	198,66
7,52	97,21	102,18	199,39
DMS 5%	17,87	15,24	24,67

Na Figura 2, pode-se observar que a produção de matéria seca foi linear para raízes e quadrática para parte aérea e total, sendo que a dose necessária para atingir a produção máxima de

matéria seca na parte aérea foi de 4,63 g de sulfato de cálcio por vaso, o que corresponde a 1.156,47 kg/ha; para a matéria seca total a dose foi de 5,92 g de sulfato de cálcio por vaso, o que corresponde a 1480 kg/ha, independente da variedade estudada, pois não houve interação.

Estes resultados mostram valores inferiores aos obtidos por Morelli et al. (1987), Mazza et al. (1991) e Lorenzetti et al. (1992), que obtiveram respostas ao uso do gesso em Latossolos e Areias Quartzosas, porém com dosagens superiores a estas, a nível de campo, e são contrastantes com os resultados obtidos por (Vitti et al., 1989; Mazza et al., 1991; Vitti, 1991; Mazza, 1993 e Salata et al., 1995) que não obtiveram respostas ao uso do gesso agrícola em trabalhos realizados a nível de campo com solos Podzólicos.

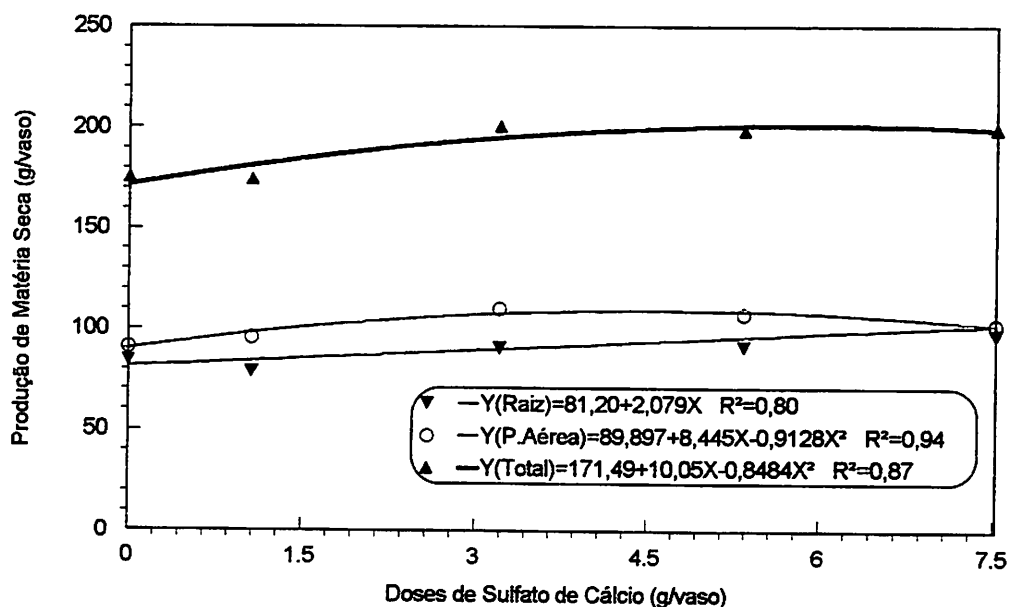


FIGURA 2 - Produção de matéria seca da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada.

Possivelmente, a resposta obtida a doses de sulfato de cálcio para o solo Podzólico a nível de casa de vegetação, esteja relacionada ao fato do uso de solo com a estrutura deformada em

vasos, o que possibilitou uma maior quantidade de raízes com o aumento da dose e conseqüentemente um aumento na produção de matéria seca da parte aérea até uma dose ótima.

#### 4.1.3 Efeito da aplicação de sulfato de cálcio no teor de nutrientes na planta

Na Tabela 7, são apresentados os resultados dos testes de significância, coeficientes de variação e ajuste de regressão para os teores de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar. Pode-se observar que a interação doses versus variedades não foi significativa para nenhum dos nutrientes analisados, para variedades as análises de N, Mg, Zn e Cu foram significativas e para doses as análises dos nutrientes P, K, Ca, S, Mn, Cu e B foram significativas.

TABELA 7 - Resumo das análises de variância para teores de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar aos 120 dias em casa de vegetação. UFLA, 1997.

Causas de variação	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Cu	B	Fe	N/S
Doses (D)	NS	**	**	**	NS	**	NS	**	**	**	NS	**
Variedade (V)	*	NS	NS	NS	*	NS	**	NS	*	NS	NS	NS
D x V	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	14,74	21,06	15,24	20,45	9,76	16,18	16,48	14,28	10,35	14,92	33,95	23,59
Ajuste de regressão												
(dose)	NS	Q	Q	Q	L	Q	NS	L	L	L	NS	Q

\* = Significativo à 5% de probabilidade

\*\* = Significativo à 1% de probabilidade

NS = Não significativo

L = Linear; Q = Quadrática

Na Tabela 8, são apresentados os valores médios observados para a concentração de macro e micronutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar conduzida em casa de vegetação. Pode observar-se que as doses de sulfato de cálcio não afetaram a concentração de N na parte aérea da cana-de-açúcar. Estes resultados indicam que os teores de nitrogênio, independente da dose de sulfato de cálcio estão abaixo do teor considerado crítico para a cultura, sugeridos por Gallo et al. (1968), Malavolta et al. (1974), Bataglia e Dechen (1986) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989), que são respectivamente: 16; 14,5; 16 e 19 g/kg, sugerindo que a dose de N utilizada neste experimento seja melhor ajustada para outros experimentos de mesma natureza.

TABELA 8 - Valores médios observados para concentração de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar aos 120 dias após o plantio em função da dose de enxofre.

Dose de S (g/vaso)	g/kg						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Cu	B	Fe
0	8,30	1,40	6,40	8,1	2,2	0,3	13,91	106	4,18	25,4	311
1,07	7,20	1,70	7,90	8,0	2,2	0,9	13,38	104	4,43	20,9	349
3,22	7,30	3,20	9,60	4,5	2,2	1,7	13,29	111	4,86	23,2	252
5,38	7,50	3,00	9,50	5,3	2,2	2,0	13,82	128	4,92	21,3	262
7,52	7,20	3,10	10,50	5,9	2,3	2,3	13,38	134	5,31	18,3	289
DMS 5%	1,3	0,60	1,60	1,5	1,5	0,27	2,60	19	0,57	3,79	116

Para os nutrientes P, K, Ca, Mg, S, B, Fe e Mn na dose acima de 1,07 g, os valores observados na Tabela 8 estão dentro e/ou acima dos teores críticos sugeridos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). Já os valores de Zn e Cobre estão abaixo do teor crítico sugerido pelos mesmos autores. Os teores encontrados para Mg, Zn e Fe não foram afetados pela aplicação de diferentes

doses de sulfato de cálcio ao solo. Já os teores de K, Ca, P, S, Cu, Mn e B foram afetados pela aplicação de diferentes doses de sulfato de cálcio.

Os teores de K, P, S, Mn e Cu na parte aérea aumentaram à medida que a dose de sulfato de cálcio foi aumentada no solo. Entretanto, o inverso ocorreu para os teores de Ca e B, onde observou-se um decréscimo com o aumento da dose de sulfato de cálcio aplicada.

Nas Figuras 3 e 4 pode observar-se as variações de Ca e S na parte aérea da cana-de-açúcar (concentração e conteúdo) em função da dose de sulfato de cálcio aplicada. Pode verificar-se que a concentração e conteúdo máximos de cálcio ocorreu na ausência de sulfato de cálcio, mostrando que o aumento da dose promoveu uma redução tanto na concentração como no conteúdo (Figuras 3 e 4). Para o enxofre, houve um efeito linear para a concentração, sendo que ele não atingiu um ponto de máxima. Para o conteúdo, a dose que apresentou o conteúdo máximo foi de 6,5 g de sulfato de cálcio por vaso, o que corresponde a 1626 kg/ha. A Figura 5, mostra o ajuste entre o teor de S na planta e a produção de matéria seca da parte aérea. Verifica-se que a maior produção de matéria seca ocorreu na concentração de 1,5 mg/kg, estes resultados são semelhantes aos obtidos por Andreis (1975), porém, o nível crítico está abaixo do sugerido por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) que é de 2,5 mg/kg. Este teor foi obtido com a aplicação de 3,67 g de sulfato de cálcio por vaso, o que daria 917,67 kg/ha. O fato do nível crítico ter sido abaixo do sugerido por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989), pode estar relacionado ao fato do experimento ter sido conduzido em condições controladas, principalmente água.

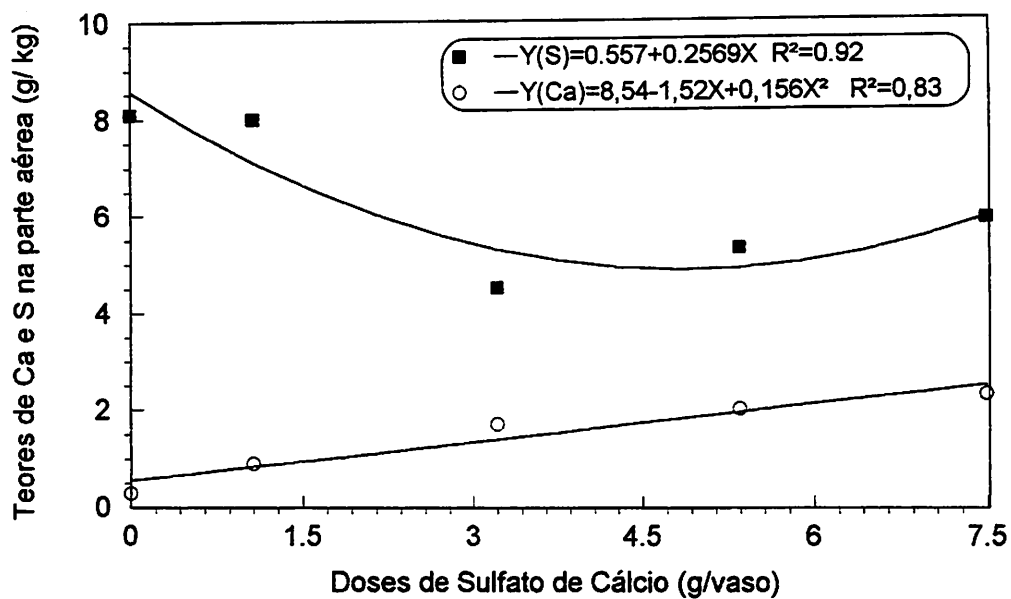


FIGURA 3 - Concentração de Ca e S na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada.

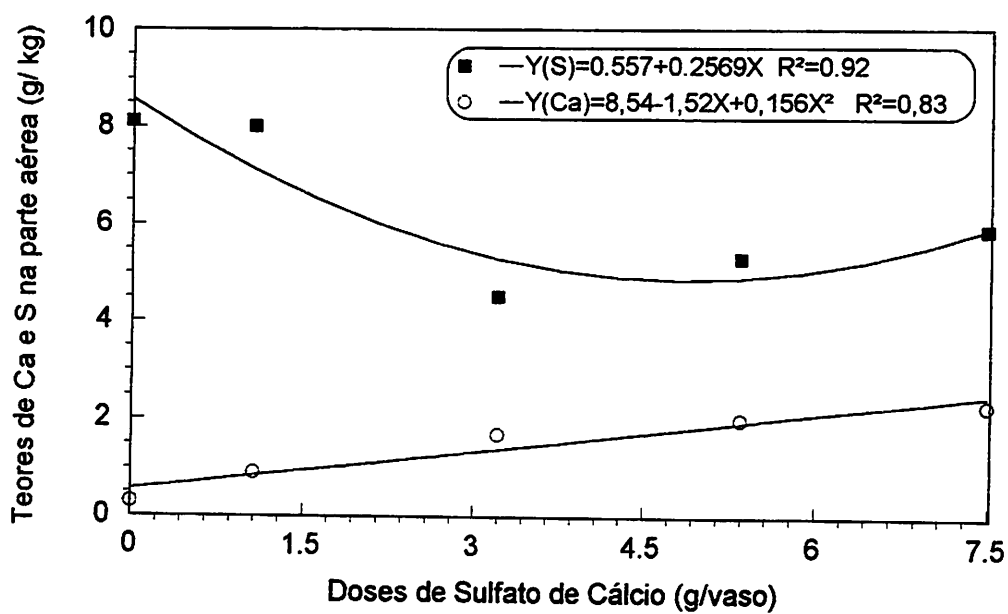


FIGURA 4 - Conteúdo de Ca e S na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada.



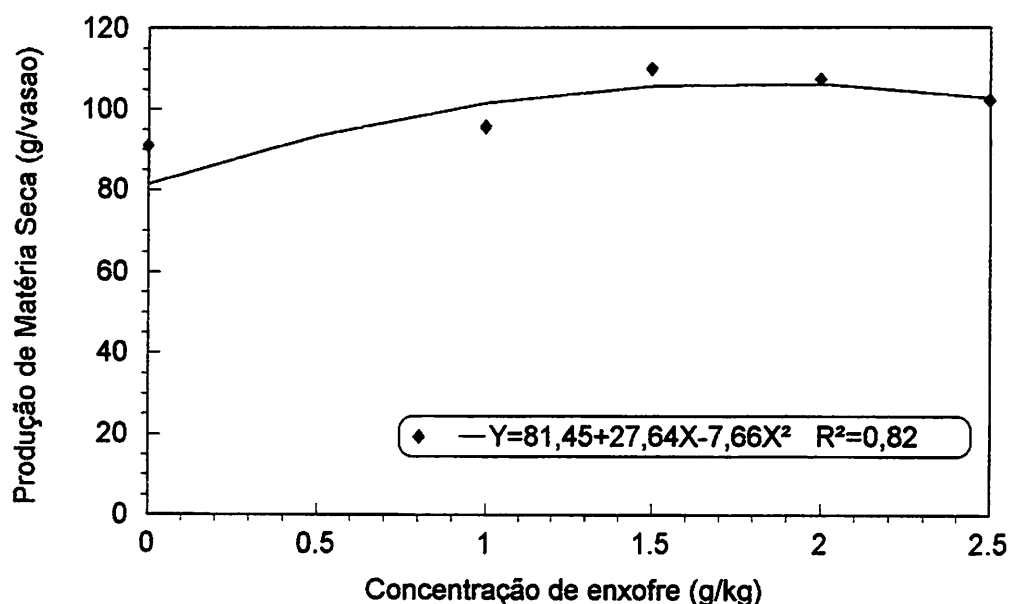


FIGURA 5 - Produção de matéria seca da cana-de-açúcar aos 120 dias em função dos teores de enxofre na parte aérea.

Na Figura 6, pode-se observar o efeito de doses de sulfato de cálcio na concentração de B, Cu e Mn na cana-de-açúcar. Verifica-se que à medida que aumentou a dose de sulfato de cálcio, houve um aumento na concentração de Cu e Mn na parte aérea da planta, podendo estar associado ao aumento da absorção do enxofre, pois ambos são cátions e podem estar sendo absorvidos como íon acompanhante. Para o B, verifica-se uma redução na concentração à medida que aumenta a dose de sulfato de cálcio, o que provavelmente seja devido ao efeito de diluição e/ou competição aniônica.

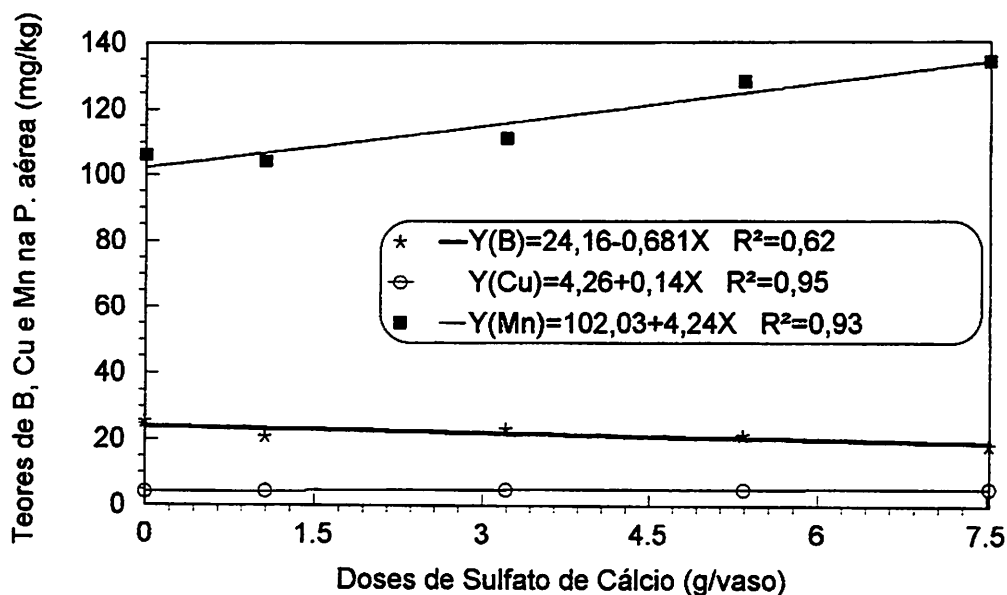


FIGURA 6 - Concentração de B, Cu e Mn na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada.

A Figura 7, mostra o efeito da aplicação de sulfato de cálcio na concentração de P e K na cana-de-açúcar. Verifica-se que a concentração de P aumentou à medida que aumentou a dose de sulfato de cálcio, tendo uma tendência semelhante à curva do enxofre, mostrando que pode haver alguma relação entre os nutrientes quanto a absorção. Para o K, houve um aumento da concentração à medida que aumentou a dose de sulfato de cálcio, o que pode estar associado ao fato do K ser um dos íons acompanhantes na absorção do S (Malavolta, 1980).

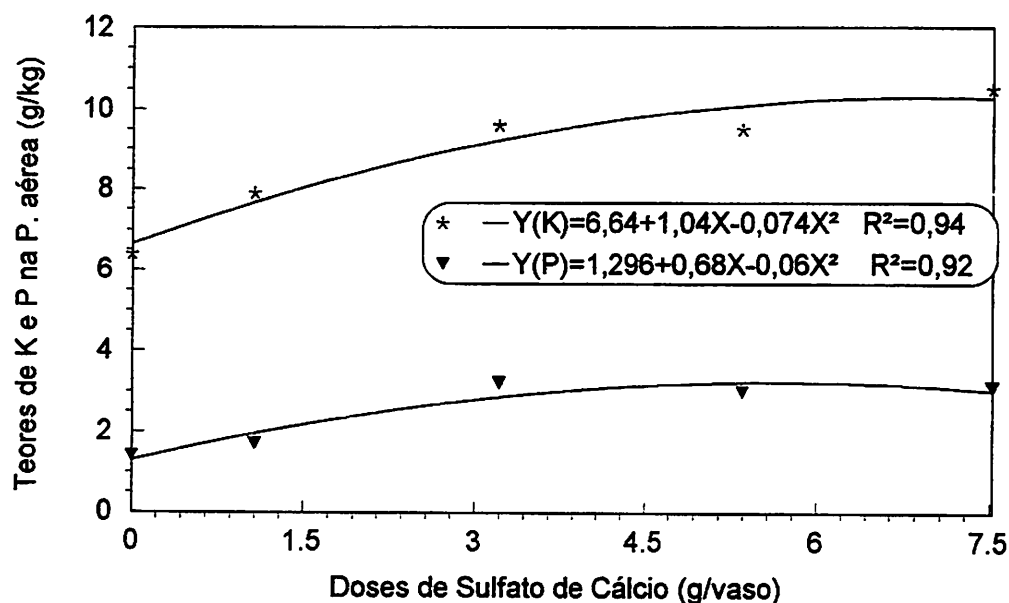


FIGURA 7 - Concentração de K e P na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada.

Na Tabela 9, são apresentados os valores médios para macro e micronutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar conduzida em casa de vegetação em função da variedade estudada.

TABELA 9 - Concentração média de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar aos 120 dias após o plantio em função das variedades estudadas.

Variedade	g/kg						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Cu	B	Fe
SP 70-1143	7,04 b	2,6 a	9,00 a	6,50 a	2,07 b	1,45 a	11,69 b	112 a	4,50 b	23,23 a	324 a
RB 72-454	7,51 a	2,2 a	9,10 a	6,40 a	2,18 b	1,42 a	13,57 a	117 a	4,94 a	20,86 a	267 a
RB 76-5418	7,91 a	2,6 a	8,20 a	6,14 a	2,42 a	1,47 a	14,41 a	120 a	4,79 ab	21,33 a	285 a
DMS 5%	0,85	0,40	1,03	0,99	0,17	0,18	1,72	13	0,38	2,50	76

As médias seguidas das mesmas letras no sentido das colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se pela Tabela 9, que, para Mg e Zn a variedade “RB 76-5418” apresentou uma maior concentração na parte aérea. Já para o cobre houve uma maior concentração na parte aérea da variedade “RB 72-454”. Para Mg, N, Zn e Cu a variedade SP 70-1143 apresentou uma menor concentração na parte aérea quando se comparou com as demais. Estas diferenças devem estar associadas às características intrínsecas das variedades quanto à absorção e metabolismo dos nutrientes.

Os valores encontrados para N, K, S, Cu e Zn estão abaixo dos teores sugeridos por Bataglia e Dechen (1986) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). Entretanto, o P, Ca, Mg, Mn, B e Fe estão na faixa considerada ideal por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989).

#### **4.1.4 Relação nitrogênio/enxofre e eficiência de utilização do enxofre pela cana-de-açúcar**

Na Tabela 10, pode-se observar a relação nitrogênio/enxofre, produção relativa e coeficiente de utilização do enxofre pela cana-de-açúcar. Os valores de produção de matéria seca e relação nitrogênio/enxofre apresentaram um ajuste linear, Figura 8, onde a produção máxima de matéria seca ocorreu na relação 3,41:1. Estes resultados são inferiores aos obtidos por (Malavolta, 1980; Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989 e Rolim, 1995), porém os resultados por eles obtidos foram a nível de campo, entretanto, deve-se lembrar que a dose de N não variou neste ensaio, sendo apenas uma dose.

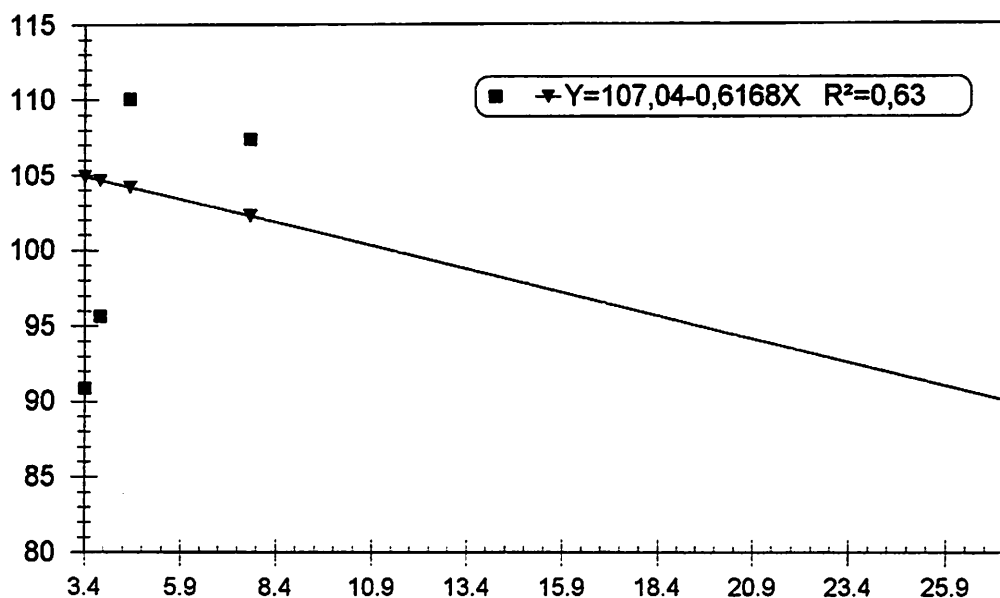


FIGURA 8. Produção de Matéria Seca da cana-de-açúcar em função da relação N/S.

TABELA 10- Relação nitrogênio/enxofre, produção relativa e eficiência de utilização de enxofre pela cana-de-açúcar aos 120 dias em casa de vegetação e sua relação com a produção de matéria seca.

Doses de S (mg/kg)	N - Folha (g/kg)	S - Folha (g/kg)	Relação (N/S)	Matéria seca (g/vaso)	Produção relativa (%)	Coefficiente de utilização de enxofre (g <sup>2</sup> de MS/mg de S)
0	8,25	0,30	27,50	90,89	82,60	302,97
1,07	7,22	0,97	7,75	95,64	86,92	105,56
3,22	7,32	1,66	4,59	110,03	100,00	69,47
5,38	7,45	2,03	3,82	107,37	97,58	54,33
7,58	7,20	2,29	3,41	102,18	92,87	44,61
DMS 5%	1,3	0,27	2,59	15,24	-	20,51

Na Tabela 10 e Figura 9, pode observar-se a eficiência de utilização do enxofre pela cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada ao solo. Verifica-se um decréscimo da eficiência de utilização com o aumento da dose de sulfato de cálcio no solo, apresentando um ajuste quadrático. Substituindo a dose de máxima produção de matéria seca que é de 4,63 g/vaso, obtém-se uma eficiência de 27,91 g<sup>2</sup> MS/mg de S.

Quanto a eficiência dentro de variedades, verifica-se que a variedade RB 72-454 foi mais eficiente na utilização do enxofre do que a SP 70-1143 e RB 76-5418.

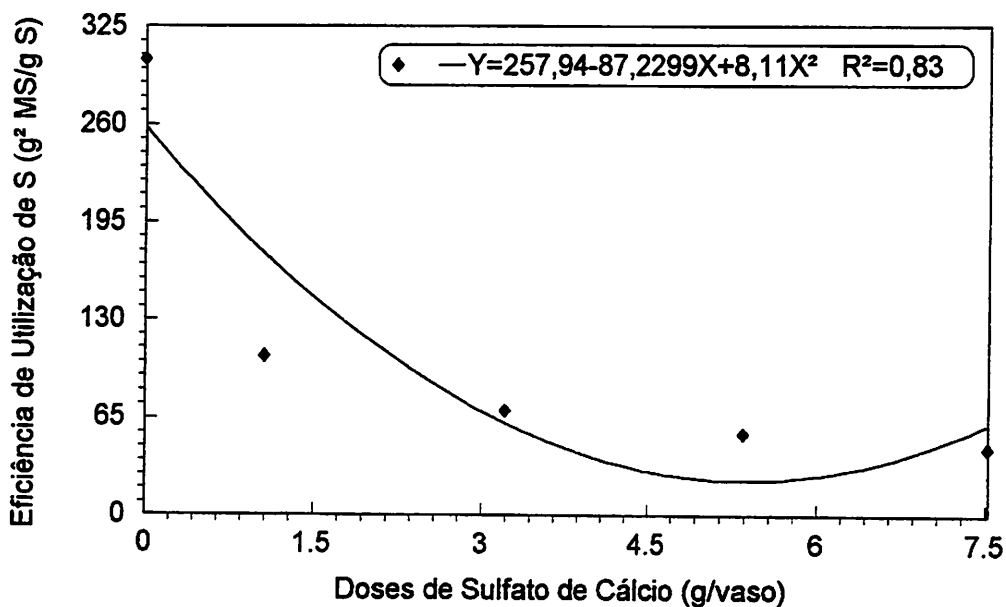


FIGURA 9 - Eficiência de utilização de enxofre pela cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada.

Nas Figuras 10 e 11, pode observar-se que houve ajuste de regressão para relação N/S versus doses e relação N/S versus coeficiente de utilização, sendo quadrática para a primeira e linear para relação N/S versus coeficiente de utilização, mostrando que à medida que aumenta a

relação N/S para as doses estudadas ocorre um aumento do coeficiente de utilização do enxofre (Figura 11). A correlação doses versus N/S tende a seguir a mesma curva obtida para eficiência de utilização do enxofre, ou seja, à medida que aumenta a dose de sulfato de cálcio há uma redução na relação N/S (Figura 10), para este estudo, o que era esperado um vez que a dose de N foi única para todos os tratamentos.

Substituindo a dose de sulfato de cálcio, onde obteve-se a máxima produção de matéria seca, que foi de 4,63 g/vaso, verifica-se que a relação N/S para esta dose foi de 0,84:1, Figura 10.

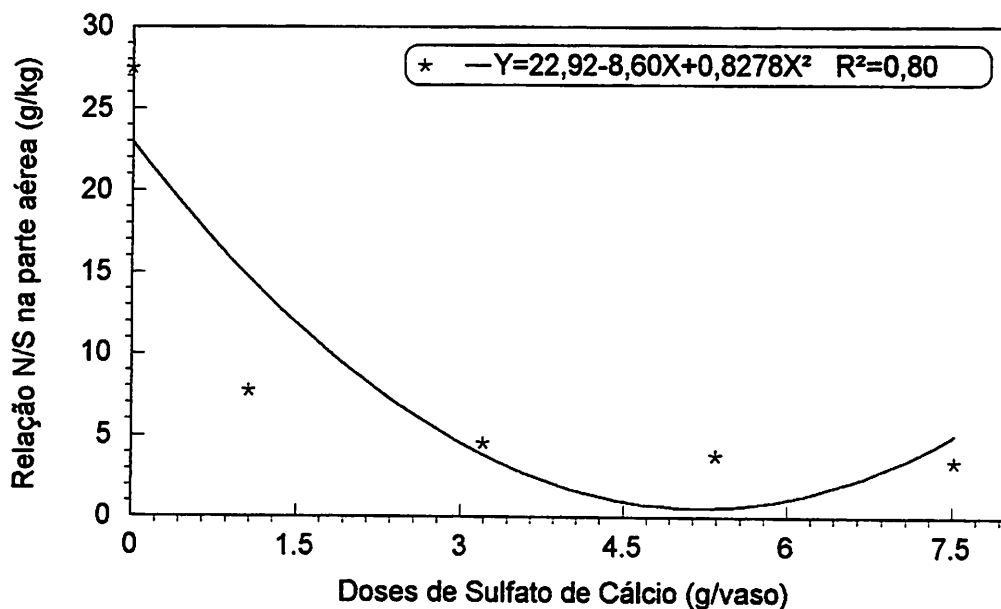


FIGURA 10 - Relação N/S na parte aérea da cana-de-açúcar em função da dose de sulfato de cálcio aplicada.

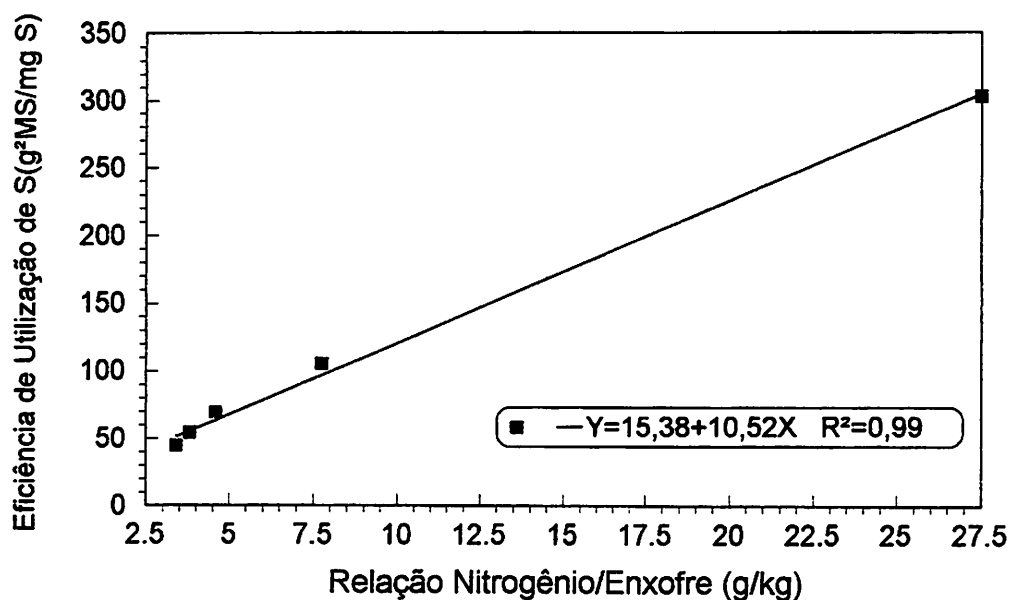


FIGURA 11 - Curva de correlação entre a relação N/S e a eficiência de utilização do enxofre pela cana-de-açúcar.

## 4.2 Experimento 2 - Campo

### 4.2.1 Efeitos do gesso agrícola nos teores de nutrientes no solo após a colheita da cana-de-açúcar

Os resultados obtidos para os parâmetros químicos do solo após a colheita da cana-de-açúcar estão apresentados na Tabela 11. Verifica-se que o pH do solo não foi influenciado pelas doses de sulfato de cálcio, independente da dosagem. Houve um aumento nos teores de P, K, Mg e CTC do solo, independente da profundidade amostrada, porém sendo mais elevado na camada de 0-20 cm.



TABELA 11 - Resultados de análise do solo após colheita nas diferentes profundidades. Monte Belo-MG, 1997.

Doses gesso (kg/ha)	Profundidade	Parâmetros						Al	H+Al	S	T	V %
		pH H <sub>2</sub> O	P mg/dm <sup>3</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg/dm <sup>3</sup>	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	mmol/dm <sup>3</sup>				
0,0 **	0-20	5,60*	53,5	16,60	4,93	3,03	0,85	0,0	3,73	4,38	8,10	53,75
	21-40	5,45	68,5	27,73	2,77	3,03	0,75	0,0	3,93	4,05	7,98	51,50
	41-60	5,43	8,25	18,73	1,77	2,13	0,80	0,0	3,53	3,10	6,58	47,30
	61-80	5,43	5,00	18,13	1,38	1,75	0,85	0,0	3,70	2,73	6,38	42,50
312,5	0-20	5,90	15,00	15,93	4,70	2,78	1,03	0,0	3,58	4,38	7,83	55,30
	21-40	5,45	8,75	20,05	2,41	2,33	0,90	0,0	3,80	3,85	7,48	50,25
	41-60	5,53	2,75	22,43	1,31	2,08	0,85	0,0	2,95	3,18	6,45	52,00
	61-80	5,65	2,00	24,60	0,94	1,93	0,80	0,0	2,68	2,98	6,08	52,50
937,5	0-20	5,85	12,25	20,72	3,15	2,88	1,20	0,0	3,60	4,43	8,00	55,50
	21-40	5,60	6,75	37,05	1,78	2,40	1,20	0,0	3,58	4,18	7,35	51,00
	41-60	5,75	2,75	46,85	1,16	2,55	0,95	0,0	3,03	3,53	6,20	51,25
	61-80	5,78	2,50	45,60	0,87	1,88	1,13	0,0	2,75	3,25	5,83	53,25
1562,5	0-20	5,65	48,75	54,78	2,57	3,28	1,08	0,00	3,65	4,58	8,23	55,50
	21-40	5,15	21,50	77,22	1,33	2,63	1,28	0,00	4,55	4,05	8,60	47,00
	41-60	5,00	3,75	67,85	0,95	2,20	0,70	0,18	4,43	3,00	7,43	40,75
	61-80	5,13	3,00	73,10	0,90	1,95	0,88	0,18	4,03	2,90	6,93	42,50
2187,5	0-20	5,57	31,25	67,72	3,98	4,28	0,85	0,0	3,60	5,53	9,13	60,00
	21-40	5,38	9,00	78,52	2,01	3,20	1,18	0,0	3,83	4,58	8,40	54,25
	41-60	5,38	3,00	81,43	1,33	2,60	1,15	0,0	3,75	3,88	7,63	52,00
	61-80	5,43	2,00	79,90	0,91	2,40	0,75	0,0	3,83	3,25	7,08	48,25
Análise antes do plantio ***	0-20	5,60	1,00	4,52	1,10	2,40	0,35	0,10	2,95	2,85	4,58	49,80
	21-40	5,85	1,25	3,50	0,72	3,52	0,75	0,10	2,90	4,35	5,88	60,00
	41-60	5,17	1,25	4,50	0,84	1,98	0,28	0,28	4,38	2,80	4,93	38,50
	61-80	5,20	1,50	9,30	0,76	2,73	0,23	0,23	4,23	3,85	5,70	47,25

\* Valores médios de quatro repetições.

\*\* Amostragem em dezembro de 1996 - Período chuvoso, no sulco de plantio.

\*\*\* Amostragem em agosto de 1995 - Período seco.

Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFLA - Lavras-MG, 1997, metodologia de Vettori (1969) com modificações da EMBRAPA (1979).

Cu, Fe, Mn e Zn - Extrator DTPA.

O Al foi neutralizado em todas as profundidades, uma vez que foi feita a calagem na área, o H + Al teve um aumento na camada superficial 0-40 cm, independente da dosagem. Para o

Ca e a soma de bases houve um aumento nos valores observados na camada de 0-20 cm, independente da dosagem. A saturação de bases teve um aumento na camada de 0-20 cm e uma redução na camada de 20-40 cm independente da dosagem aplicada.

Quanto ao enxofre, observa-se um aumento nos teores à medida que aumenta a dose de sulfato de cálcio aplicada, havendo um maior acúmulo nas camadas de subsuperfície, independente da dose aplicada. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Mazza (1993), quando trabalhou em um mesmo tipo de solo, porém com maior teor de areia.

Na Tabela 12, são apresentados os resultados dos testes de significância, coeficientes de variação e ajuste de regressão para as variáveis de produção e características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar por ocasião da colheita. Verifica-se que a interação (doses x variedades) não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas, para variedades, apenas a produção de colmos não foi significativa. Quanto a doses de gesso agrícola não houve significância para nenhuma das variáveis.

TABELA 12- Resumo das análises de variância para variáveis de produção e características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar por ocasião da colheita. UFLA, 1997.

Causas de variação	Nº de colmos/m	Comprimento de colmo	Produção de colmos (t/ha)	Brix % cana	Pol % cana	Pureza % cana	Fibra % cana	Ác. red. % cana	ATR (t/ha)
Doses (D)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Variedades (V)	**	**	NS	**	**	**	**	**	*
D x V	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	13,56	7,48	16,78	4,12	4,55	2,44	5,93	20,53	17,40
Ajuste de regressão (doses)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

\* = Significativo à 5% de probabilidade

\*\* = Significativo à 1% de probabilidade

NS = Não significativo; L = Linear; Q = Quadrático

#### 4.2.2 Efeito dos tratamentos no número de colmos industrializáveis por metro linear

Os resultados apresentados na Tabela 13, mostram que houve diferenças entre as variedades, quanto ao número de colmos industrializáveis por metro linear, sendo que a “SP 70-1143” e “RB 72-454” produziram maior número de colmos por metro linear em relação a “RB 76-5418”, o que está relacionado às características distintas das variedades quanto a capacidade de perfilhamento.

TABELA 13 - Número de colmos por metro linear e comprimento de colmos, avaliados na colheita, para as três variedades de cana-de-açúcar estudadas. Monte Belo-MG, 1996.

Variedades	Nº de colmos/m linear	Comprimento de colmo (cm)
SP 70-1143	10,44 a	1,39 b
RB 72-454	9,90 a	1,,65 a
RB 76-5418	8,75 b	1,58 a

As médias seguidas da mesma letra no sentido das colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.2.3 Efeito dos tratamentos no comprimento de colmos

Os resultados obtidos para esta característica (Tabela 13) mostram que houve diferenças entre as variedades, sendo que a SP 70-1143 apresentou menor comprimento de colmos, quando se comparou com as demais, o que pode ser atribuído às características varietais.

#### 4.2.4 Efeito dos tratamentos na produtividade agrícola

Os resultados obtidos (Tabela 14), mostram que não houve efeito de doses de gesso na produtividade da cana-de-açúcar.

Os resultados obtidos por outros pesquisadores quanto ao efeito do S, principalmente via gesso agrícola mostram aumento de produtividade da cana-de-açúcar para Latossolos e Areias Quartzosas (Vitti et al., 1984; Fernandes, 1985; Morelli et al., 1987; Vitti,

1989; Mazza, 1993; Rolim, 1995). Para os solos Podzólicos não se têm relato de aumento de produtividade com o uso do enxofre para a cana-de-açúcar. Trabalhos como os de Vitti (1989), Mazza et al. (1991), Vitti (1991), Mazza (1993) e Salata, Santos e Demattê (1995), que desenvolveram pesquisas em solos Podzólicos, relatam que em muitos casos a produtividade chega a ser depressiva com o aumento da dose de gesso agrícola aplicada. Para Demattê (1992), o fato do gesso não apresentar respostas nos solos Podzólicos, está relacionada à atividade da argila, visto que este não é eficiente como redutor do bloqueamento químico em solos que apresentam argila de atividade alta, como pode ocorrer nos solos Podzólicos.

Outro fator importante a ser lembrado é a presença de um horizonte B textural em subsuperfície, que, muitas vezes pode funcionar como impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar a maiores profundidades neste tipo de solo. No presente trabalho, por ocasião da amostragem, após a colheita, pode-se verificar que o sistema radicular estava restrito à camada de 0-20 cm, bem como pode observar-se diferenças quanto a resistência à penetração do trado, sendo maior nas camadas inferiores (20-40, 40-60 e 60-80 cm).

Na Tabela 11, pode-se verificar os resultados de análise do solo após a colheita da cana-de-açúcar, observa-se que o  $S-SO_4^{-2}$  apresentou um aumento de concentração nas diferentes dosagens aplicadas, bem como houve um aumento acentuado do elemento nas camadas mais profundas do solo (Figura 12 e Tabela 11), mostrando que o gesso aplicado no sulco de plantio (15-25 cm) desceu no perfil até a camada amostrada. Entretanto, o sistema radicular estava restrito à camada superficial (0-20 cm), podendo ter influência direta no crescimento da planta e conseqüentemente na sua produtividade, devido ao menor volume de solo explorado.. Outro ponto a ser considerado foi a precipitação pluviométrica no local, que foi bem distribuída e bastante

