DESEMPENHO VEGETATIVO E PRODUTIVO DE TRÊS VARIEDADES
DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DOSES DE CALCÁRIO E DE
GESSO

EMILIO RODOLFO HERMANN
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1997

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Hermann, Emilio Rodolfo

Desempenho vegetativo e produtivo de três variedades de cana-de-açúcar submetidas a doses de calcário e de gesso / Emilio Rodolfo Hermann. - - Piracicaba, 1997

72 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.
Bibliografia.

1. Calagem 2. Cana-de-açúcar 3. Solo ácido 4. Variedade 1. Título

CDD 633.61
631.42

DESEMPENHO VEGETATIVO E PRODUTIVO DE TRÊS VARIEDADES
DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DOSES DE CALCÁRIO E DE
GESSO

EMILIO RODOLFO HERMANN

Aprovada em: 16. 05. 1997

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara

ESALQ/USP

Prof. Dr. Marcos Silveira Bernardes

ESALQ/USP

Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello

ESALQ/USP

Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA
Orientador

Aos meus pais,

OFEREÇO.

A minha espôsa ANTONIA e a
meus filhos CASSANDRO,
ERICK e ALINE pelo amor
que lhes tenho, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara, pela amizade e orientação,
- Aos Eng^o. Agr^o. Ricardo Augusto Dias Kanthack e Aildson Pereira Duarte pelo apoio e amizade,
- À Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema, Instituto Agrônômico (IAC), pelas condições proporcionadas à realização desse trabalho,
- À Diretoria da Cia. Agrícola Santa Amélia, pelo auxílio na implantação e condução dos trabalhos de campo e pelo apoio material,
- À Diretoria da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista (ESAPP), pelo incentivo e pelo apoio na realização das análises de solo,
- À Diretoria da Cia. Agrícola Nova América, pelo cessão das mudas de cana,
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida,
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, pelo curso oferecido,
- A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para o desenvolvimento desta obra.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	Vii
SUMMARY	Ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Ambiente edáfico	3
2.2 Calcário	5
2.3 Gesso	6
2.4 Combinação calcário e gesso	7
2.5 Sistema radicular e produtividade	9
2.6 Desenvolvimento da parte aérea da cana-de-açúcar	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Local e época	16
3.2 Características do solo	16
3.3 Características das variedades de cana-de-açúcar estudadas	18
3.4 Instalação e condução do experimento	19
3.5 Tratamentos e delineamento experimental	20
3.6 Características agronômicas estudadas	22
3.6.1 População de colmos	22
3.6.2 Altura das plantas	22
3.6.3 Área foliar	22
3.6.4 Diâmetro de colmo	23
3.6.5 Massa de material seco das raízes	23
3.6.6 Produtividade de colmos e açúcar	24
3.6.7 Massa média dos colmos	24
3.6.8 Teor de nutrientes do solo	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Condições climáticas e desenvolvimento das plantas	26
4.2 Efeitos do calcário e do gesso no solo	28
4.3 Desenvolvimento radicular	33
4.4 População de colmos	41
4.5 Altura das plantas	45
4.6 Área foliar	50
4.7 Diâmetro do colmo	55
4.8 Massa média dos colmos	56

4.9 Produtividade de colmos e açúcar.	58
5 CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

DESEMPENHO VEGETATIVO E PRODUTIVO DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DOSES DE CALCÁRIO E DE GESSO

Autor: ENILIO RODOLFO HERMM'N

Orientador: Prof Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂVIARA

RESUMO

A expansão do cultivo da cana-de-açúcar para áreas de cerrado que apresentam solos com baixa fertilidade, que normalmente caracterizam-se pelas baixas CTC e soma de bases e elevada saturação por alumínio nas camadas subsuperficiais, tem se apresentado como um desafio aos agricultores, para o aumento da produtividade.

As técnicas de manejo do solo, com emprego de calcário e gesso, atenuando aqueles fatores limitantes à produtividade, são muito utilizadas. Contudo, os agricultores encontram dificuldades na alocação de variedades nesses solos, *pela* diversidade de genótipos e adaptação deles aos diversos ambientes.

Com o objetivo de verificar o comportamento de genótipos de cana-de-açúcar à correção do solo com calcário e gesso, foi instalado um experimento na EEVP do IAC, em Assis, sobre um solo LVE álico, que recebeu 0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹ de calcário e 0 e 2 t ha⁻¹ de gesso, sobre o qual foram plantadas três variedades de cana-de-açúcar, que diferem em exigência quanto a fertilidade do solo, RB72454, SP70-1143 e SP70-1284. O solo foi analisado em separado nas profundidades de 0-20 cm; 20-40 cm; 40-60 cm; 60-80 cm e 80-100 cm. Foi adotado o delineamento estatístico fatorial (4 x 2 x 3) em blocos ao acaso. Em fevereiro de 1993 o calcário e o gesso foram incorporados a 20 cm de

profundidade, a cana foi plantada em abril do mesmo ano e a colheita ocorreu em julho de 1994.

As variedades diferiram na massa da matéria seca radicular, sendo que SP70-1284 produziu menor massa de raízes, enquanto SP70-1143 e RB72454 foram semelhantes. Calcário e gesso diminuíram a massa de raízes para SP70-1143 e RB72454 e não alteraram a massa de SP70-1284, quando comparado ao solo testemunha.

A área foliar foi semelhante para as variedades RB72454 e SP70-1143 e menor para SP70-1284. O gesso promoveu aumento da área foliar da cana-de-açúcar. A variedade SP70-1284 apresentou a maior brotação e o maior crescimento em altura dos colmos no início do ciclo, sendo superada na colheita pela variedade SP70-1143 no número de colmos e pela RB72454 na altura de colmo. A variedade SP70-1143 apresentou o menor diâmetro de colmo, o qual foi semelhante entre RB72454 e SP70-1284. Já a massa média por colmo foi maior na variedade RB72454 e semelhante entre SP70-1143 e SP70-1284.

A produção final, que foi de 120 t ha⁻¹ para RB72454 e de 96 e 92 t ha⁻¹, para SP70-1143 e SP70-1284, respectivamente, está diretamente correlacionada com a massa média por colmo ($r=0,96$) e altura de colmo ($r=0,81$). A variedade SP70-1284 apresentou o maior valor de pol % cana (16,36), superando a variedade SP70-1143 em produção de açúcar por área, de 15 contra 14,4 kg m⁻²; porém, ainda abaixo da variedade RB72454 com 17,7 kg m⁻².

Calcário e gesso aumentaram a soma de bases e diminuíram a saturação de alumínio em todo o perfil do solo 17 meses após sua incorporação. Calcário e gesso não promoveram qualquer efeito sobre os demais parâmetros avaliados.

VEGETATIVE AND PRODUCTIVE FULFILLMENT OF THREE SUGAR CANE VARIETIES PROVED UNDER DIFFERENT DOSIES OF LIME AND GYPSUM

Author: EMILIO RODOLFO *HERNAN*

Adviser: Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

SUMMARY

The enlargement of sugar cane tillage to "cerrado" areas, where soils have low fertility, and which normally are characterized by a low T value, basic sum and high saturation point of aluminium in the subsuperficial stratum, have been present has a challenge to the farmers for the increase of productivity.

The technics of soil handling with the use of lime and gyps that lessen those limiting factors to productivity have a large use. Although the farmers find some troubles to place varieties in a specific position in these soils, because of the genotype diversity and their fitting to several environments.

To verify the behaviour of genotypes of sugar cane to soil with lime and gypsum, an experiment was installed at the EEVP, in the city council of Assis - São Paulo State, Brazil, on a Latosol alie, that received 0, 2, 4 and 6 t ha⁻¹ of lime and 0 and 2 t ha⁻¹ of gypsum, over which three varieties of sugar cane with different requirements of soil fertility were plant, RB72454, SP70-1143 and SP70-1284. The soil was analized apart in the depth of 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm and 80-100 cm. The factorial statistic sketch (4 x 2 x 3) was adopted. In February 1993 lime and gypsum were incorporated at the depth of 20 cm, sugar cane was planted in April of the same year and the harvest took place in July, 1994.

The varieties differ in dry mass root, the SP70-1284 generate less mass of roots, while SP70-1143 and RB72454 were similar. Lime and

gypsum shorten the root mass at SP70-1143 and RB72454 and did not modify the mass of the SP70-1284, when compared with the proof soil.

The foliage area was similar for the varieties RB72454 and SP70-1143 and smaller for the SP70-1284. Gypsum raised an increase in the foliage area of sugar cane. Variety SP70-1284 showed the highest sprout and the biggest growth of the stalk at the beginning of the cycle, being overcome at the harvest by the SP70-1143 variety, in stalk number and by the RB72454 variety in the stalk height. The SP70-1143 showed a smaller diameter of the stalk, that was equal in RB72454 and SP70-1284 varieties. But the average mass per stalk was bigger in RB72454 variety and equal in SP70-1143 and SP70-1284 varieties.

The final production, of 120 t ha⁻¹, 96 and 92 t ha⁻¹ respectively for RB72454, SP70-1143 and SP70-1284 varieties is directly bound to the average mass per stalk ($r=0,96$) and height of stalk ($r=0,81$). The variety SP70-1284 showed a higher value for pol % cane (16,36), overcoming SP70-1143 variety in sugar production per infield, of 15 against 14,4 kg.m⁻², nevertheless under the 17,7 kg.m⁻² rate of RB72454 variety.

Seventeen months after being incorporated in the soil profile, lime and gypsum increased the basic sum and decreased the aluminium saturation point. No other rated parameters have been modified with the use of lime and gypsum.

1 INTRODUÇÃO

A partir de meados da década de 70, inicia uma nova fase de grande expansão da atividade canavieira nacional, tanto pelas empresas tradicionais, quanto pela instalação de novas destilarias, culminando hoje, com a expressiva extensão de mais de 4 milhões de hectares ocupados com essa cultura, em nosso país.

A agroindústria canavieira tradicional, principalmente no estado de São Paulo, está assentada em solos que se apresentam com grande potencial produtivo, sendo geralmente de boa fertilidade e de boa capacidade de armazenamento e disponibilidade de água para as plantas.

Entretanto, a expansão destas empresas tradicionais e a instalação das novas destilarias deu-se mormente naqueles solos marginais à agricultura, muitas vezes ocupados por pastagens e em outras por áreas de cen-ado, até então subutilizadas pela agricultura, devido a sua pequena capacidade produtiva, consequência, em particular, da baixa fertilidade natural, da elevada acidez da camada arável e da subsuperfície e, por apresentarem elevada drenagem interna, com água disponível às raízes das plantas por pouco tempo.

Conhecida por sua rusticidade, a cana-de-açúcar tem-se adaptado a uma grande diversidade de solos. Contudo, existem diferenças marcantes entre as variedades de uma mesma espécie, no que se refere a sua tolerância ao alumínio e manganês tóxicos do solo, levando a um comportamento variável, frente a acidez e baixa fertilidade de alguns solos.

As interações dos genótipos com o ambiente não sendo bem conhecidas suscitam muitas dúvidas, principalmente quando o agricultor interfere no ambiente, com técnicas de manejo do solo.

A exploração agrícola crescente dos solos sob vegetação de cerrado, caracterizados por sua baixa fertilidade natural e pela elevada acidez e saturação de alumínio, inclusive nas camadas subsuperficiais, tem provocado o aumento do interesse dos agricultores pelas técnicas de correção desses solos, existindo também uma necessidade cada vez maior de compreender as respostas das variedades ao emprego dessas técnicas.

São objetivos deste trabalho, estudar o comportamento de três variedades de cana-de-açúcar, reconhecidas como de diferente adaptação aos solos ácidos, submetidas a diferentes ambientes de solo, obtidos com diferentes níveis de correção do solo através do uso de calcário e/ou gesso.

Ele visa também, verificar como, diferentes doses de calcário e gesso, podem alterar alguns componentes do ambiente químico de um Latossolo Vermelho-Escuro álico, com textura média.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ambiente edáfico

Segundo Câmara (1993), quando o homem interfere no sistema planta-ambiente, visando a produção agrícola através da correção de suas limitações, tem-se um agroecossistema que possui um comportamento diverso do sistema natural, devido à ação antrópica, carecendo ainda de muitas informações para o seu completo entendimento.

O desempenho da planta (resposta fenotípica) a uma variação no ambiente, não é o mesmo para todos os genótipos e, as consequências da variação no genótipo dependem do ambiente, constituindo a interação genótipo-ambiente. Pollack¹, citado por Bassinello (1984), afirmou que, vários fatores podem influir naquela interação, tais como: tipo de solo, fertilidade do solo, quantidade e distribuição das chuvas, temperatura, práticas culturais, entre outras; que por sua vez condicionam características como velocidade de crescimento, precocidade de maturação, capacidade de rebrota, características agroindustriais, capacidade fotossintética e resistência à pragas e doenças.

Para Barbosa (1993), o conhecimento da interação dos diversos genótipos de cana-de-açúcar com os vários ambientes, é fator fundamental para o aumento na produtividade da cultura. Esse autor, trabalhando com a interação de variedades de cana-de-açúcar com ambientes de cultivo, em Alagoas, encontrou grupos de variedades que apresentavam melhor resposta de produção para ambientes distintos, considerados como favoráveis, médios e desfavoráveis à

¹POLLACK. J.S. Variety x environmental interactions. In: CONFERENCE OF THE QUEENSLAND SOCIETY OF SUGAR CANE, XLV, Lowville, 1978. Proceedings. Lowville: 1978. p.273-277.

cultura. Dentre elas, concluiu que a variedade RB72454 expressa uma ótima estabilidade nos diversos ambientes, inclusive em ambientes desfavoráveis, onde apresentou boa capacidade de responder à melhoria ambiental, e que a variedade SP70-1143 possui estabilidade em ambientes desfavoráveis e boa resposta em ambientes favoráveis, sendo então mais recomendada para ambientes com solos menos férteis.

Lima et al. (1992), ao estudarem alguns agroecossistemas de cana-de-açúcar, encontraram diferenças expressivas nas características químicas dos solos. Eles amostraram quatro tipos de solos, de diversos municípios do Estado de São Paulo, até 100 cm de profundidade, comparando pH, cátions trocáveis, alumínio trocável, capacidade de troca catiônica a pH7, entre as áreas exploradas com cana-de-açúcar e as de vegetação nativa contíguas àquelas. Nos solos distróficos e álicos, os teores de cálcio, magnésio, fósforo e o pH aumentaram de tal forma que, nas Areias Quartzosas, a saturação por bases alcançou 47% na camada superficial, quando o ecossistema natural apresentava apenas 8% para esse parâmetro. Já os solos eutróficos, como a Terra Roxa Estruturada, cultivados com cana-de-açúcar apresentaram uma redução, na superfície, de 30% na saturação por bases, passando a distróficos. Observaram também, que todas as alterações nos solos ocorreram até a profundidade máxima estudada.

Bittencourt et al. (1990), estudando a produtividade da cana-de-açúcar cultivada em diversas usinas do Estado de São Paulo, concluíram que os fatores que mais interferiram na produtividade, foram o clima e o manejo da cultura, observaram entretanto, que existe influência da qualidade dos solos sobre a capacidade produtiva de uma área e, que as maiores produtividades foram obtidas quando o nível de cálcio no solo era alto e o de magnésio médio, o que se consegue apenas, com a correção dos níveis de cálcio e magnésio do solo através da calagem, principalmente quando esses nutrientes encontravam-se em níveis muito baixos.

Para Nforelli et al. (1992) e Demattê (1992), o uso combinado de insumos, como o calcário associado ao gesso agrícola, deve ser considerado no manejo dos solos ácidos. Esta combinação é ineficaz em solos com elevada

fertilidade, como comprovaram Medina & Brinholi (1991), em uma Tena Roxa Estruturada eutrófica.

2.2 Calcário

A calagem traz como benefícios ao solo, a neutralização do alumínio e do manganês tóxicos, o fornecimento dos nutrientes cálcio e magnésio, além de aumentar a disponibilidade de fósforo e, favorecer a mineralização da matéria orgânica, entre outros (Raij, 1991). Porém, sua ação é apenas superficial, ficando restrita à camada de solo onde foi efetivamente incorporado, como foi demonstrado por Gargantini et al. (1982), que avaliaram, após cinco anos, o efeito de doses de calcário incorporadas em três solos. Constataram que, a calagem aumentou os teores de cálcio e magnésio, somente até os 40 cm de profundidade, além da qual, os teores mantiveram-se semelhantes à testemunha. Assim, a ação do alumínio no subsolo, restringindo o desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, a absorção de íons necessários à planta, continuou a ocorrer.

Para Malavolta (1992) e Raij (1991), também há necessidade de níveis relativamente elevados de cálcio, acima de 7 mmolc.dm⁻³, para propiciar o desenvolvimento radicular. Zambello Junior & Orlando Filho (1983) consideraram para o Estado de São Paulo, teores de 7,5 mmolc.dm⁻³ para o cálcio, 6,7 mmolc.dm⁻³ para o magnésio e 10 mmolc.dm⁻³ para o alumínio trocável, como níveis críticos para a cultura da cana-de-açúcar.

Um amplo estudo de calibração de cálcio e magnésio para a camada superficial dos solos cultivados com cana-de-açúcar foi desenvolvido por Benedini (1988), que concluiu que, essa cultura foi pouco sensível à acidez do solo, sendo pouco influenciada pelo pH, saturação por bases, saturação por alumínio e teores de alumínio trocável no solo. A cana-de-açúcar porém, respondeu positivamente ao calcário, devido ao aumento nos teores de cálcio e magnésio do solo. Aquele autor estabeleceu como níveis críticos de cálcio mais magnésio e cálcio isolado, 14 mmolc.dm⁻³ e 10 mmolc.dm⁻³ respectivamente. Afirmou ainda, que os solos com baixa capacidade de troca catiônica, não foram

capazes de reter teores necessários de cálcio e magnésio por um ciclo de 4 colheitas da lavoura.

Orlando Filho et al. (1996) contudo, ao analisarem o efeito de 4 tipos de calcário, encontraram efeito residual, de forma a manter a camada superficial do solo acima do nível crítico de 10 mmolc.dm^{-3} para cálcio aos 56 meses, para uma dose de 4 t ha^{-1} de calcário calcinado e de 6 t ha^{-1} para o calcário dolomítico comum. O nível crítico de $4,2 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ para magnésio, considerado por aqueles autores, só foi atingido pelo calcário dolomítico comum. Entretanto, abaixo dos 30 cm de profundidade, os teores de cálcio e magnésio mantiveram-se, aos 56 meses, abaixo dos níveis críticos considerados.

No Estado de Alagoas, Marinho et al. (1983), utilizando resultados de 23 experimentos, desenvolveram um estudo de calibração para o alumínio trocável, onde propuseram quatro níveis de alumínio trocável no solo: abaixo de 3, de 4 a 10, de 11 a 25 e acima de 25 mmolc.dm^{-3} , considerados respectivamente como: pouco nocivo, nocivo, muito nocivo e extremamente nocivo à cultura da cana-de-açúcar e, portanto, neste último nível, com elevada resposta à correção do solo com calcário. Sobral & Guimarães (1992) propõem valores bastante próximos a estes, estabelecendo que o nível crítico de alumínio trocável é de 6 mmolc.dm^{-3} e postulam que acima da saturação por alumínio de 25%, a cultura passa a sofrer limitações em seu desenvolvimento.

2.3 Gesso

Batista (1977) estudou a fertilização com nitrogênio, fósforo e enxofre em dois solos do Estado de São Paulo e concluiu que, o uso do enxofre nas fertilizações, conduz a um aumento de produção na cultura da cana-de-açúcar, além de influir favoravelmente na absorção de nitrogênio pela planta. A fonte de enxofre empregada em seu estudo foi o gesso agrícola, demonstrando ser apropriado para uso nesta cultura.

O gesso agrícola, utilizado como fonte de cálcio e enxofre, atua, reduzindo a acidez do subsolo, já que ele é lixiviado mais rapidamente para às camadas mais profundas do solo, reduzindo a atividade do alumínio, aumentando a concentração dos íons cálcio, magnésio, potássio e alumínio em solução e, favorecendo o desenvolvimento radicular no subsolo (Orlando Filho, 1993; JVFalavolta, 1992; Raij, 1992 e JVforelli et al., 1992).

A existência de cálcio em profundidade no solo é necessária, pois esse nutriente não possui redistribuição na planta, devendo estar localizado na área de absorção radicular. Ritchey et al. (1983) mostraram a existência de relação entre a localização do cálcio em diversas profundidades no solo e o desenvolvimento radicular do trigo. O mesmo foi comprovado por Goedert et al. (1985), para o capim-andropogon.

2.4 Combinação calcário e gesso

Ferreira et al. (1987) incorporaram 1,3 t ha⁻¹ de gesso e 2,0 t ha⁻¹ de calcário a 20 cm de profundidade, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, na reforma de um canavial. Seis meses após, observaram que o teor médio de cálcio e a saturação por bases aumentou tanto em superfície, como a uma profundidade de 45 cm. Nessa profundidade, houve uma diminuição na saturação por alumínio, de 70% para 20%, evidenciando os efeitos do gesso no solo.

A combinação de calcário nas doses de 0, 2; 4 e 6 t ha⁻¹ e gesso agrícola nas doses de 0, 2; 4 e 6 t ha⁻¹ aplicados num Latossolo Vermelho-Escuro álico textura média, cultivado com a variedade SP70-1143, foi estudada por Morelli et al. (1992), que encontraram aumentos de produção de cana, seja para calcário como para gesso agrícola isoladamente ou em combinação. Contudo, o melhor resultado foi obtido com a combinação de 4 t ha⁻¹ de calcário e 2 t ha⁻¹ de gesso agrícola. Qualquer combinação onde o gesso esteve presente sempre foi melhor que os tratamentos isolados, sendo que, todos os tratamentos foram significativamente diferentes ao nível de 5% em relação a testemunha, nos quatro cortes analisados. A combinação de calcário com gesso agrícola alterou a

saturação por bases original] do solo, que era de 15 % na superfície e depois de 18 meses passou a ser de 30%; 41% e 47 % para as doses de 2; 4 e 6 t ha⁻¹ de calcário, respectivamente. Na subsuperfície, até 100 cm, a saturação por bases original de 5% aumentou para 11%; 13% e 17%, para 2; 4 e 6 t ha⁻¹ de calcário respectivamente, combinado com 2 t ha⁻¹ de gesso. Nessa mesma situação, também o teor de alumínio trocável, depois de 18 meses, caiu ligeiramente com as doses de calcário, mas até a profundidade de 25 a 50 cm, não se alterando abaixo dessa profundidade.

A aplicação de duas e meia toneladas de calcário dolomítico por hectare em área total não permitiu que Sobral et al. (1993) observassem após quinze meses, nenhuma diminuição do teor de alumínio trocável no solo em profundidade, ficando esta, restrita à camada de vinte centímetros superficiais. Porém, com a substituição de gesso agrícola em 75% da quantidade utilizada de calcário foram observadas reduções de alumínio trocável, aos quinze meses, até 40 cm de profundidade, mas não de 40 a 60 cm. Observaram ainda, que o gesso agrícola aplicado isoladamente não alterou o alumínio em qualquer das profundidades analisadas. Com relação ao teor de cálcio nos primeiros 6 meses, em todos os tratamentos, houve um aumento nos primeiros 20 cm do solo e, abaixo dessa camada, os teores foram semelhantes ao da testemunha. Somente aos 15 meses, ocorreu diminuição do teor de cálcio na camada superficial, nos tratamentos com gesso, demonstrando a sua movimentação no perfil do solo. A intensidade de movimentação esteve ligada à quantidade de gesso aplicada.

Vitti et al. (1995), trabalhando em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico argiloso e com diversas combinações entre as doses 0, 1,4; 2,6 e 3,8 t ha⁻¹ de calcário e 0, 1,5; 3,0; e 6,0 t ha⁻¹ de gesso agrícola, incorporados com arado antes do plantio da cana-de-açúcar, observaram um aumento na saturação por bases e pH e a diminuição da saturação por alumínio nos 60 cm de profundidade, até 42 meses após a aplicação, o que levou a aumentos significativos na produtividade da cultura.

A relação entre os efeitos benéficos ao solo dessa combinação de calcário e gesso agrícola, com aumento na produtividade da cana-de-açúcar foi

também observada em treze experimentos conduzidos em diversos solos por Penatti & Forti (1995). Entretanto, nem sempre a produtividade da cana-de-açúcar respondeu ao uso de calcário e gesso. Em um Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico de textura média/argilosa, Mazza et al. (1995) encontraram efeitos benéficos do calcário em três cortes da cultura, porém o gesso agrícola levou a uma queda de produtividade da cana-planta, mostrou-se sem efeito no segundo corte e só no terceiro corte apresentou algum efeito benéfico na produtividade.

A combinação de calcário e gesso também levou a uma melhora significativa nos solos, com reflexos na produtividade e longevidade das soqueiras, quando aplicados sobre a cana-soca, como mostram os trabalhos de Salata et al. (1995) e Lorenzetti et al. (1992), desde que os solos apresentem teores de cálcio e magnésio inferiores aos níveis críticos estabelecidos e um teor elevado de alumínio trocável.

2.5 Sistema radicular e produtividade

A planta explora de forma bastante eficiente os nutrientes da solução do solo, através da maximização da superfície de absorção da raiz, obtida pela constante expansão do sistema radicular, promovendo uma contínua exploração de novos volumes da solução do solo, notadamente na camada superficial deste. Para Clarkson (1985), o genótipo, o estágio de desenvolvimento e o ambiente radicular influem no tamanho do sistema radicular, contudo, este é maior quando as plantas são cultivadas em solos com baixa fertilidade, quando comparados aos solos ricos em nutrientes.

O desenvolvimento do sistema radicular em maior profundidade traz como vantagens, o maior aproveitamento da água, conferindo uma maior resistência à seca; um maior aproveitamento dos nutrientes do solo ou dos fertilizantes e maiores ganhos em produtividade. Todavia, níveis elevados de alumínio e/ou baixos de cálcio afetam negativamente o desenvolvimento do sistema radicular nos solos com elevada acidez (Furlani & Berton, 1992).

Franco & Inforzato (1946), ao estudarem o sistema radicular do cafeeiro, verificaram que o mesmo genótipo, quando cultivado em *solos* com características diferentes na fertilidade, retenção de água, aeração e compactação, apresentam volume, peso e distribuição do sistema radicular diferentes para cada um dos ambientes radiculares.

Para genótipos diferentes de quiabeiro, cultivados no mesmo solo e sob o mesmo manejo da cultura, foram encontrados diferentes pesos do sistema radicular, por Inforzato & Bernardi (1974).

Goedert et al. (1985) coletaram amostras em anel de 100 cm³ até 180 cm de profundidade, em uma tiincheira e observaram que, o capim *Andropogon gayanus* apresentou um sistema radicular profundo e abundante, quando aumentou-se o teor de cálcio em profundidade no solo, comparado com uma testemunha com baixíssimos níveis de cálcio. Embora essa gramínea possa desenvolver seu sistema radicular mesmo em ambientes com 0,2 mmolc.dm⁻³ de cálcio, ela respondeu a esse elemento, mostrando ser ele fundamental para o crescimento das raízes.

Em milho, o sistema radicular foi sensívehnente estimulado pela calagem em seu desenvolvimento, principalmente na fomlação de raízes finas, o que favoreceu a produção da parte aérea, como comprovaram Silva et al. (1993).

Inforzato & Alvarez (1957), utilizando o método do monólito, estudaram a evolução do sistema radicular de uma cana-planta cultivada em solo terra roxa legítima e, constataram que aos seis meses de idade, o desenvolvimento do sistema radicular deu-se mais em profundidade; que dos seis aos doze meses, o desenvolvimento foi maior na camada mais superficial do solo e, que nessa idade, a planta apresentou o desenvolvimento radicular máximo e, que aos dezoito meses, raízes mortas já estavam presentes, mostrando que houve uma readaptação do sistema radicular ao ambiente. Aqueles autores constataram que, 59,3 % do peso radicular encontravam-se nos 30 cm superficiais do solo.

Humbelt (1968) afirmou que diversas variedades possuem sistema radicular mais eficiente em absorver água e nutrientes de um solo do que outras. O que caracteriza essa maior atividade do sistema radicular é sua superfície e não seu peso ou volume e, pelo fato das raízes estarem localizadas mais próximas da superfície do solo. O mesmo foi verificado por Clarkson (1985).

Avilan et al. (1977) desenvolveram um trabalho de investigação, com o objetivo de determinar a distribuição do sistema radicular da cana-planta, sob os efeitos das características químicas e físicas de um solo. O solo caracterizava-se como sendo de média a baixa fertilidade e, de textura média. Usando o método do monólito, eles comprovaram para três variedades de cana-de-açúcar cultivadas na Venezuela, que noventa por cento do peso em material seco das raízes estava nos primeiros 60 cm do solo e, que o peso total das raízes foi bastante diferente, entre as três variedades.

Um solo contendo 4 mmolc.dm^{-3} de cálcio ao longo do perfil, não afetou a distribuição do sistema radicular em profundidade, como demonstrou Dal Bó et al. (1986). Contudo, a produção total de raízes foi afetada pelas diferentes fontes de cálcio adicionadas ao solo, sendo que o carbonato de cálcio sozinho ou em combinação com o gesso, propiciou maior quantidade de material seco de raízes e da parte aérea, para as duas variedades testadas, uma sensível à acidez do solo e outra tolerante, respectivamente CP5 I-22 e NA56-79. Não houve diferença, entretanto na produção de material seco entre as variedades, apesar da saturação por alumínio do solo ser de 74,5%, o que deve-se ao fato do teor de cálcio do solo ser naturalmente suficiente para o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Illorelli et al. (1987), utilizando o método da trincheira, coletaram o sistema radicular de uma cultura de cana-de-açúcar, 27 meses após ter sido submetida à aplicação de doses de gesso, em combinação com o calcário. Observaram que houve aumento na quantidade de raízes em profundidade, quando utilizou-se gesso sozinho, ou associado ao calcário, enquanto que o calcário sozinho levou a um aumento do sistema radicular, apenas na camada mais superficial do solo. Encontraram ainda uma correlação significativa entre a quantidade de raízes em profundidade e o aumento da produtividade da cultura.

Para Sampaio et al. (1987), deve-se dar uma maior importância ao sistema radicular, porque é ele que serve de reserva de nutrientes para a rebrota das socas. Ao estudarem a concentração de nutrientes existente nas raízes e a distribuição do sistema radicular até 100 cm de profundidade, numa cana-planta cultivada num Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico álico de textura arenosa de Pernambuco, que recebeu c01Teção com calcário dolomítico e adubação convencional, os autores concluíram que, o nitrogênio não interferiu na massa total de raízes e que, 75% da massa radicular estava localizada nos 20 cm superficiais e que 55% estava localizada a menos de 30 cm do centro da touceira.

O sistema radicular de cinco genótipos de cana-de-açúcar foram comparados por Salata et al. (1987), quando esses autores desenvolveram um estudo sobre a influência do tipo de sulcador (convencional, Rosseti e sulcador escarificador) sobre uma cultura, instalada num solo arenoso, que apresentava uma saturação por bases de 55% na superfície e de 12% na camada de 25-50 cm. Concluíram que as diferenças encontradas na massa de raízes deveraiu-se à diferença genética entre as variedades e também ao tipo de sulcador utilizado. Com relação às variedades, sob a sulcação convencional, observaram na colheita, que a variedade SP70-1143 produziu 126 t ha⁻¹ de colmos e 3,71 e 1,07 t ha⁻¹ de raízes, respectivamente, para as profundidades de 0-25 cm e 25-65 cm; enquanto que a variedade SP71-799, exigente em fertilidade do solo, produziu 175 t ha⁻¹ de cana e 4,41 e 0,71 t ha⁻¹ de raízes, respectivamente, naquelas profundidades.

Korndörfer et al. (1989), avaliando até 70 cm de profundidade e aos 10,6 meses do plantio, o sistema radicular de cinco genótipos diferentes de cana-de-açúcar, submetidos ao mesmo manejo e, cultivados num solo Latossolo Vermelho-Amarelo álico, encontraram a mesma distribuição radicular para todos os genótipos, com noventa por cento da massa radicular concentrada nos primeiros 30 cm do solo, o que se deve, segundo os autores, ao baixo teor de cálcio desse solo. Contudo, as relações raíz/parte aérea foram diferentes entre os genótipos. Dentre os genótipos avaliados, estavam as variedades SP70-1143, recomendada para solos com baixa fertilidade, que apresentou a maior massa de material seco de raízes e a menor produção de massa de material seco de colmos; e a SP71-799,

reconhecida como muito exigente em fertilidade do solo, que apresentou a menor massa de material seco de raízes, embora tenha apresentado a maior produção de colmos. A relação raiz/parte aérea foi, portanto, diferente entre elas, sendo respectivamente de 10,2% e 4,2%.

A cana-de-açúcar é uma das plantas mais tolerantes à concentração do alumínio no solo, mas essa característica é bastante variável em função da carga genética da variedade em cultivo (Casagrande, 1991). As diferenças entre as variedades da mesma espécie quanto à tolerância ao alumínio ou manganês, levam a um comportamento variável em relação à correção do solo pela calagem. Já que podem ocorrer ou não, respostas acentuadas à calagem, no caso de variedades tolerantes à acidez. Entretanto, essas devem ser preferidas, para o cultivo nos solos que apresentam subsolo muito ácido (Raij, 1991).

Zotarelli (1992) obteve um maior desenvolvimento do sistema radicular de uma SP70-1143 cultivada em Areia Quartzosa, até os 50 cm de profundidade, com o uso de gesso combinado com calcário na correção da acidez do solo em subsuperfície, avaliando pelo método da trincheira

2.6 Desenvolvimento da parte aérea da cana-de-açúcar

Nem sempre a maior produção agrícola está relacionada com um sistema radicular vigoroso de uma determinada variedade, pois ela resulta do somatório de outras características desejáveis da variedade, como a população de colmos, a altura e diâmetro dos colmos, a área foliar, e o peso por colmo (Casagrande, 1991).

A população de colmos é uma das principais características de um genótipo, que influem na produtividade da cultura da cana-de-açúcar. É conhecida a evolução da população de colmos, sendo que após a brotação inicial, há um intenso aumento no número de perfilhos, com posterior declínio, até atingir a estabilidade característica da variedade ou do ambiente em que ela se encontra. Leme (1978) determinou que em áreas irrigadas esse número está entre 14 e 16

colmos por metro e nas não irrigadas ele é inferior a 12. Já, Machado et al. (1982) encontraram uma população final por metro de 12,6 e 11,2 colmos para as variedades NA56-79 e CB41-14, respectivamente.

O efeito do enxofre sobre a população de colmos foi estudado por Penatti & Prado Filho (1989) numa Areia Quartzosa com 10% de argila, onde foram aplicadas doses de enxofre de zero a 75 kg ha⁻¹, na forma de superfosfato simples no sulco. Para distinguir o efeito do fósforo, um tratamento foi adubado com superfosfato triplo. Utilizou-se a variedade SP70-143. Concluíram os autores, que o enxofre aumentou a produção da cana-de-açúcar, mesmo na dose máxima, e que o enxofre não influenciou no número de perfilhos, em quatro épocas em que essa característica foi avaliada.

Em um estudo, onde se comparou o comportamento de três variedades de cana-de-açúcar, RB72454, RB765418 e RB785148, cultivadas com cana-de-ano numa Terra Roxa Estruturada eutrófica, em diferentes espaçamentos, Basile Filho et al. (1993) concluíram que, no espaçamento convencional, de 145 cm entrelinhas, a altura média final dos colmos foi de 201 cm e para o espaçamento reduzido, de 100 cm entrelinhas, foi de 217 cm, havendo diferenças significativas entre variedades, nos dois espaçamentos estudados.

A altura dos colmos condicionou, em conjunto com o número de colmos, a produtividade da variedade RB735275, cultivada na presença e ausência de torta de filtro, como concluíram Alleoni et al. (1995). Já Leme et al. (1984) encontraram uma correspondência significativa da altura da planta e da área foliar com a produtividade, tanto na cana-de-açúcar irrigada, quanto na cultivada em sequeiro. Leme (1978) também concluiu que a população de colmos por área e a altura das plantas influenciaram na produtividade de uma cana-de-açúcar irrigada.

O efeito do calcário e do gesso na altura das plantas foi bem caracterizado no trabalho de Fernandes (1985), que encontrou uma estreita relação entre a altura das plantas e a quantidade de cálcio e enxofre adicionada ao solo. Ele trabalhou com duas variedades e, apesar das diferenças entre elas, a resposta ao calcário e ao gesso foi semelhante entre ambas para a altura das plantas.

Vargas (1981) comparou a altura dos colmos da cana-de-açúcar cultivada em um *solo* que recebeu doses de calcário no sulco e em área total. No final do ciclo da cana-planta ele quantificou o tamanho dos colmos de cada tratamento e concluiu que não se observou diferença entre a altura dos colmos, com relação às duas formas de aplicação de calcário no solo.

A evolução da área foliar ao longo do ciclo, de duas variedades de cana-de-açúcar, foi estudada por Machado et al. (1982). Nesse estudo, os autores encontraram para as variedades NA56-79 e CB41-14, uma área foliar por folha semelhante entre as variedades. Contudo, a variedade NA56-79 apresentou mais folhas por colmo e, portanto, uma maior área foliar por planta. Entretanto, o máximo índice de área foliar, que foi de 3,7, foi semelhante para as duas variedades e, ocorreu por volta dos 300 dias após o plantio da cana-de-açúcar. Observaram que, o índice de área foliar passou a ter um crescimento mais intenso, a partir do momento em que o número de colmos por área diminuiu rapidamente, em função da redução da concorrência entre eles.

Com relação ao peso médio dos colmos de cana-de-açúcar, houve uma correlação positiva com a produtividade, quando cultivada em Areia Quartzosa e adubada com doses crescentes de nitrogênio como mostraram Orlando Filho & Rodella (1995). Já Basile Filho et al. (1993) identificaram diferenças significativas no peso médio e no diâmetro dos colmos, entre três variedades estudadas, e que essas diferenças também ocorreram, quando se variou o espaçamento da cultura.

A aplicação de calcário dolonítico no sulco de plantio de uma lavoura de SP70-1 143, até a dose de 1500 kg ha⁻¹, em um solo Latossolo Vermelho-Amarelo, não alterou a pol % cana, seja na cana-planta ou na cana-soca, como comprovaram Penatti et al. (1987). Também Sobral et al. (1993), estudando a aplicação de calcário combinado ou não ao gesso, não encontraram diferença significativa entre os tratamentos, para pol % cana, seja para calcário ou gesso sozinhos ou em combinações de doses diferentes, sendo sempre os resultados semelhantes à testemunha, para essa característica estudada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época

O experimento foi desenvolvido de outubro de 1992 à julho de 1994, em uma área da Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema, pertencente ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC), localizada no município de Assis, Estado de São Paulo a 410 m de altitude e, definida pelas seguintes coordenadas geográficas: latitude 22° 47' S e longitude 50° 33' W.

3.2 Características do solo

O presente experimento foi instalado em um solo classificado ao nível de grande grupo, como Latossolo Vermelho-Escuro álico de textura média, com elevado teor de areia total. As avaliações químicas e físicas do solo foram executadas pelo laboratório de solos da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista (ESAPP). As características químicas do solo foram avaliadas pelo método IAC de análise de rotina, com o uso de resina trocadora de íons. As características físicas e químicas do solo, antes da instalação do experimento, nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da EEVP - Assis, antes da instalação do experimento, em out. 1992, em quatro profundidades.

Característica Analisada	Unidade	Profundidade (centímetros)			
		0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80
P resina	mg.dm ⁻³	3	2	1	1
Mat. Orgânica	g.dm ⁻³	17	12	9	7
PH em CaCl2		4,2	4,0	3,8	4,0
K	mmolc.dm ⁻³	0,5	0,4	0,4	0,3
Ca	mmolc.dm ⁻³	9	7	6	5
Mg	mmolc.dm ⁻³	4	4	3	3
H + Al	mmolc.dm ⁻³	41	43	37	30
Al	mmolc.dm ⁻³	5	7	9	8
S	mmolc.dm ⁻³	13,5	11,4	9,4	8,3
CTC	mmolc.dm ⁻³	54,5	54,4	46,4	38,3
V	%	25	21	20	22
M	%	27	38	49	49
Argila disp.água	%	10,80	12,80	15,80	13,50
Silte total	%	3,0	4,87	6,35	4,92
Areia total	%	86,17	82,33	77,85	81,58
Areia mto. Fina	%	67,43	63,03	61,94	62,66
Areia fina	%	11,86	12,79	8,30	8,26
Areia média	%	6,18	6,05	6,90	10,05
Areia grossa	%	0,70	0,46	0,71	0,61

3.3 Características das variedades de cana-de-açúcar estudadas

Foram utilizadas três variedades de cana-de-açúcar, que apresentam diferentes exigências quanto à fertilidade dos solos. Suas características agronômicas são as seguintes:

SP70-1 143: por sua rusticidade é cultivada principalmente em solos com baixa fertilidade natural, tem elevada longevidade do canavial devido à sua excelente brotação de soqueira, apresentando uma elevada produção de colmos, caracterizados como de diâmetro fino. É de maturação média para tardia, porém, com intenso florescimento e chochamento, o que limita seu período de colheita, para que se evitem as perdas de açúcar. Apesar de suscetível à escaldadura, é altamente resistente ao carvão e ao mosaico, como também aos nematóides de galha, o que a torna interessante para o cultivo em solos arenosos, onde esse problema é mais comum (Copersucar, 1983).

RB72454: variedade eclética, cultivada em todo o país, apresenta boa produtividade agrícola em qualquer tipo de solo, inclusive naqueles com textura leve e menos férteis. É de maturação média, com elevado teor de sacarose e de período útil de industrialização (PUI) longo, o que permite sua colheita até o final da safra. Possui elevada resistência à ferrugem e boa resistência às demais doenças, exceto ao carvão e escaldadura, sendo respectivamente de moderada resistência e intermediária. Também apresenta característica de resistência intermediária aos nematóides. Raramente floresce e chocha muito pouco. Apresenta colmos com diâmetro médio (Matsuoka, 1987).

SP70-1284: é uma variedade das mais exigentes em fertilidade e umidade do solo, devendo ser cultivada somente em solos argilosos e férteis, ou que receberam adubação orgânica com torta de filtro e vinhaça no plantio e nas soqueiras. Muito rica, precoce e de PUI longo, pode ser colhida durante toda a safra. Altamente resistente ao carvão, mas com moderada resistência à escaldadura, apresenta suscetibilidade aos nematóides de galha. Tem colmos de diâmetro médio (Copersucar, 1983).

3.4 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado e conduzido no período de outubro de 1992 a julho de 1994. Após a limpeza e o preparo inicial do solo com gradagem pesada, procedeu-se a demarcação das parcelas, a distribuição manual do calcário e do gesso, seguidos de incorporação com arado de disco de 26" a 20 cm de profundidade. Imediatamente antes do plantio, a área recebeu uma gradagem final de nivelamento. Os sulcos foram abertos com sulcador canavieiro a uma profundidade de 20 cm. As mudas foram cobertas manualmente, com enxada, colocando-se cerca de 3 a 5 centímetros de terra por sobre os toletes. O plantio deu-se no final do verão de 1993, nos dias 6 e 7 de abril, 42 dias após a aplicação e a incorporação do calcário e do gesso, ocorrendo nesse período uma precipitação acumulada de 284 mm. A cana-planta foi colhida em 19/07/94, portanto 438 dias após o plantio (DAP).

O calcário utilizado apresentava as seguintes características: 31,2 % de CaO e 21,6 % de MgO e PRNT de 90,2 % e o gesso agrícola consistia de 25,5 % de CaO e 14,1 % de S e 0,64 % de fósforo total. A adubação visou garantir as necessidades da planta durante o ciclo da cana-planta e foi baseada nos resultados da análise do solo e nas recomendações de Ratj et al. (1992). O adubo foi distribuído manualmente no fundo do sulco, na proporção de 26 kg de N por hectare, na forma de uréia nas parcelas que receberam gesso e de sulfato de amônio nas demais, que tiveram então uma complementação de 30 kg por hectare de enxofre, e ainda 150 kg de P₂O₅ e 150 kg de K₂O por hectare.

Visando o controle de eventuais pragas de solo e de nematóides, foi aplicado no sulco de plantio, recobrindo as mudas, respectivamente, o heptacloro, com concentração de 40% do princípio ativo, na dose de 4,0 litros por hectare e carbofuran granulado na concentração de 5%, na dose de 30 kg por hectare. O controle das plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado manualmente, através de carpas com enxada, de forma a manter as parcelas sempre no limpo.

As mudas das variedades SP70-1143 e SP70-1284, foram provenientes de um viveiro secundário de mudas tratadas termicamente, pertencente a Cia. Agrícola Santa Amélia com idade de 10 meses. As mudas de RB72454, também originárias de canteiro secundário de mudas tratadas termicamente e com 10 meses de idade foram cedidas pela Cia. Agrícola Nova América. No plantio, distribuíram-se toletes com 3 a 4 gemas, num total de 15 gemas sadias em média por metro linear de sulco.

3.5 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos de correção do solo com calcário foram designados C0, C1, C2 e C3, correspondendo às doses de zero, duas, quatro e seis toneladas de calcário dolomítico por hectare, respectivamente. Para o gesso foi utilizada a designação G0 e G1, para as doses de zero e de duas toneladas por hectare, respectivamente. As combinações de calcário e gesso foram denominadas de C0G0, C1G0, C2G0, C3G0, C0G1, C1G1, C2G1 e C3G1. Já as variedades foram designadas pelas próprias siglas, SP70-1143, RB72454 e SP70-1284.

As parcelas constituíram-se de 6 linhas de cana-de-açúcar espaçadas de 130 cm, com 10 metros de comprimento e com caminhamento entre parcelas de 100 centímetros no sentido do comprimento. As 4 linhas centrais compuseram a área útil de cada parcela, correspondente a 52 m². Adotou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com um arranjo fatorial de 4 x 2 x 3 (calcário x gesso x variedade), com as parcelas distribuídas em 4 blocos, num total de 96 parcelas. A análise de variância foi feita segundo esquema apresentado na Tabela 2.

Os resultados foram analisados pelo programa Sanest, calculando-se o valor de F para os diversos parâmetros. Quando eles mostraram significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% e 1% de probabilidade, como recomenda Gomes (1978).

Tabela 2. Esquema da análise de variância e o número de graus de liberdade
Utilizadas nas análises estatísticas.

Causas da Variação	G.L.
Blocos	3
Gesso	1
Variedade	2
Calcário	3
Interação Gesso x Variedade	2
Interação Gesso x Calcário	3
Interação Variedade x Calcário	6
Interação Gesso x Variedade x Calcário	6
Resíduo	69
Total	95

3.6 Características agronômicas estudadas

3.6.1 População de colmos

A população de colmos foi determinada em vários estádios de desenvolvimento da cultura: brotos emergidos, perfilhos iniciais e perfilhos industrializáveis, através de contagem nas 4 linhas centrais que compõem a área útil de cada parcela. Os resultados da população de colmos em cada estágio foram expressos em número de colmos por 10 metros. Os brotos iniciais foram determinados aos 66 dias do plantio, os perfilhos iniciais foram determinados aos 92, 135 e 164 dias e os colmos industrializáveis aos 190, 219, 252, 323, 386 e 438 DAP, sendo este último período, aquele em que se fez a colheita das parcelas experimentais.

3.6.2 Altura das plantas

Na área útil de cada parcela, foram marcadas cinco plantas ao acaso, nas quais mediu-se as características morfológicas ao longo do ciclo. A determinação da altura de planta, foi aos 176, 258, 325, 388 e 438 DAP. As plantas foram medidas com utilização de trena métrica, da superfície do solo ao primeiro colarinho visível, que corresponde à folha + 1 pelo "sistema de Kuijper" (Bacchi, 1983).

3.6.3 Área foliar

A área foliar de cada planta foi determinada nas mesmas plantas descritas em 3.6.2 e nas mesmas datas. Castro et al. (1977) demonstraram que o método de Francis, desenvolvido para avaliar a área foliar do milho, produz resultados equivalentes a outros métodos usados em cana-de-açúcar.

Utilizando trena métrica e régua, mediu-se na folha + 3, o comprimento da lâmina foliar e sua maior largura. Também foram contadas em cada planta, o número de folhas que apresentavam-se totalmente desenroladas e que apresentavam-se com 50 % ou mais de área foliar ainda verde. Com tais valores foi possível quantificar a área foliar média das plantas em cada parcela, através da fórmula:

$$A = [(C \times L) \times 0,75] \times (N + 2)$$

onde,

A = área foliar da planta em cm².

C = comprimento da lâmina foliar da folha+3

L = maior largura da lâmina foliar da folha +3

N = número de folhas totalmente desenroladas e verdes da planta

3.6.4 Diâmetro do colmo

Foi medido o diâmetro dos colmos no primeiro terço do colmo acima da superfície do solo, na parte média do entrenó, com o uso de um paquímetro, nas mesmas plantas descritas em 3.6.2., porém, apenas na colheita aos 438 DAP.

3.6.5 Massa de material seco das raízes

Foi avaliada a massa de material seco das raízes encontradas no solo. Para tanto, optou-se por um método simples e rápido, que não danificasse as parcelas, como o indicado por Cannell (1981), em que as amostras de solo foram extraídas através de trado tipo sonda com diâmetro de 5,08 cm, até 100 cm de profundidade, separadas em 5 camadas de 20 cm cada uma. Foram retiradas 6 subamostras para compor a amostra de cada profundidade em cada parcela, conforme indicação de Böhmer (1979), de todas as parcelas. O solo de cada amostra

foi pesado, depois de seco à sombra, e peneirado em peneira de malha ABNT 18, para separar as raízes. A massa do material seco das raízes foi obtida após lavagem e secagem em estufa a 60 graus centígrados até massa constante. O solo e as raízes foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g. Com a massa das raízes e do solo calculou-se a massa em miligramas de raízes por quilograma de solo.

3.6.6 Produtividade de colmos e açúcar

A cana foi cortada manualmente, após a queima da palhada, cortando-se os colmos rente ao solo e despontando-se a cana na altura da inserção das folhas mais novas. Depois, os colmos foram amontoados no centro de cada parcela. Os colmos provenientes da área útil de cada parcela foram pesados com um dinamômetro acoplado a uma carregadora de cana. Os valores foram transformados, resultando na produção de colmos por hectare, com os resultados sendo expressos em toneladas por hectare, ou seja produtividade.

Uma amostra de 10 colmos ao acaso de cada parcela, foi enviada ao laboratório de pagamento de cana da Usina Maracá S/A, para as determinações tecnológicas de brix, pol, pureza, açúcares redutores e do teor de sacarose aparente na cana-de-açúcar (pol % cana), pelo método da prensa hidráulica, adotado no Estado de São Paulo, Instituto do Açúcar e do Alcool - IA.\ (1984).

3.6.7 Massa média dos colmos

Esta característica foi determinada através da razão entre a produção em quilogramas e o número de colmos de cada parcela. Os resultados são expressos em quilogramas por colmo.

3.6.8 Teor de nutrientes do solo

O solo de cada parcela foi amostrado, retirando-se 9 subamostras, as quais formaram uma amostra composta, até 100 cm de profundidade, separando-se em 5 camadas de 20 cm de espessura cada uma, logo após a colheita dos colmos. As amostras foram secas à sombra e analisadas em conformidade com o método de rotina desenvolvido pelo IAC, medindo-se o pH em cloreto de cálcio, a porcentagem de matéria orgânica através de colorimetria e os teores de fósforo e potássio extraídos com resina trocadora de íons; o cálcio e o magnésio por titulometria e o hidrogênio mais alumínio pela titulação com solução tampão SMP. O alumínio trocável foi analisado pelo método do KCl IN. Todas as análises foram realizadas no laboratório de solos da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições climáticas e desenvolvimento das plantas

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios mensais de temperaturas máxima, mínima e média e os valores totais mensais de precipitação pluvial, relativos ao período experimental, obtidos no posto meteorológico da Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema. Os dados da Tabela 3 revelam que em ambos os anos agrícolas (1992/93 e 1993/94), não houve insuficiência térmica para o pleno crescimento e desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar.

Da mesma forma e para o mesmo período considerado, a distribuição da precipitação pluvial foi normal, isto é, com os maiores valores no período de grande crescimento das plantas de cana-de-açúcar (outubro/92 a abril/93 igual a 1074 mm e de outubro/93 a abril/94 com 1102 mm).

Na primeira estação de verão (dezembro/92, janeiro e fevereiro de 1993), o ambiente climático apresentou-se favorável à reatividade do calcário com o solo. Na segunda estação de verão (1993/94), novamente a temperatura e a precipitação apresentaram-se favoráveis ao crescimento dos colmos de cana-de-açúcar. Dessa forma, as plantas de cana-de-açúcar do presente experimento não sofreram interferências negativas dos componentes de clima.

Tabela 3. Valores médios de temperaturas máxima, mínima e média mensais e Valores totais de precipitação pluvial mensal, relativos ao período experimental

Meses	Temperatura			Precipitação
	Máxima	Mínima	Média	Pluvial
	° e)			(mm)
Out./92	28,7	16,3	22,5	108,9
Nov./92	29,4	16,8	23,1	108,6
Dez./92	30,5	15,7	23,1	39,9
Jan./93	31, 1	19, 1	25,1	255,0
Fev./93	28,3	18,7	23,5	271,5
Mar./93	31,6	18,6	25,1	163,4
Abr./93	30,9	16,5	23,7	12,2
Mai./93	26,7	13,2	19,9	96,2
Jun./93	24,9	10,3	17,6	55,8
Jul./93	25,7	10,5	18, 1	13,0
Ago./93	26,1	11,2	18,6	70,3
Set./93	27,2	14,6	20,9	73,1
Out./93	30,8	16,9	23,8	112,4
Nov./93	32,8	17,5	25,1	121,3
Dez./93	31,3	18,7	25,0	261,1
Jan./94	31,0	18,6	24,8	247,3
Fev./94	32,4	19,5	25,9	159,5
Mar./94	30,6	17,5	24,0	116,3
Abr./94	30,2	16,5	23,3	84,2
Mai./94	28,1	13,2	20,6	69,0
Jun./94	25,3	9,2	17,2	72,8
Jul./94	27,7	9,6	18,6	18,7

Fonte : Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema. Assis-SP.

4.2 Efeitos do calcário e do gesso no solo

Nas Tabelas 4, 5 e 6 pode-se observar os efeitos das doses de calcário e gesso após 17 meses da incorporação ao solo sobre os parâmetros soma de bases, alumínio trocável e saturação por alumínio nas cinco profundidades analisadas.

A adição de calcário promoveu uma alteração na soma de bases desse solo, tanto em superfície como em subsuperfície. A adição de uma quantidade de calcário correspondente ao tratamento C1, que equivale à quantidade recomendada pelo método de saturação por bases para a cultura nesse padrão de solo, aumentou a soma de bases nos primeiros 20 cm do solo significativamente, quando comparado à testemunha, embora o resultado não se repetiu nas demais profundidades. Já quantidades maiores de calcário, como os tratamentos C2 e C3, aumentaram a soma de bases do solo em todas as profundidades analisadas, diferindo estatisticamente da testemunha, pelo teste de Tukey a 5%, o que contradiz os resultados de Gargantini et al. (1982).

A maior disponibilidade de bases ocorreu quando aplicou-se doses maiores de calcário C2 e C3. A CTC baixa deste solo não conseguiu reter todas as bases na camada superficial, ocorrendo também um aumento nas bases em subsuperfície e uma correspondente diminuição na saturação por alumínio (Tabela 6), fenômeno que foi facilitado pela ação do gesso, em profundidade, melhorando as características químicas do solo. Apenas a dose C3 proporcionou valor de Ca + Mg semelhante ao citado por Benediti (1988), como sendo crítico ao desenvolvimento da cana-de-açúcar até os 40 cm de profundidade, o que resultou num valor de saturação por alumínio de 25%, considerado como limitante ao desenvolvimento dessa cultura por Sobral & Guimarães (1992).

Tabela 4. Valores médios da soma de bases nas causas de variação, diferença mínima significativa (5%), média geral e coeficiente de variação, em cinco camadas do solo, na colheita da cana-planta. Valores expressos em $\text{mmol}_C.\text{dm}^{-3}$

Causas de variação	Profundidades (cm)				
	0-20	20 -40	40 - 60	60 - 80	80 -100
G0	17,41 a	10,37 bB	8,25 b	7,97 a	7,64 bB
G1	19,22 a	11,77 aA	9,12 a	8,06 a	8,87 aA
OMS (5%)	1,83	1,02	0,66	0,63	0,61
C0	9,45 dD	8,54 cC	7,75 bB	7,45 bc	7,66 bB
C1	15,00 cC	9,37 cBC	7,25 bB	7,12 e	7,54 bB
C2	21,87 bB	11,62 bB	8,41 bB	8,58 ab	8,45 abAB
C3	26,95 aA	14,75 aA	11,33 aA	8,91 a	9,37 aA
OMS (5%)	3,41	1,92	1,23	1,18	1,14
G0C2	21,17 a	10,67 a	7,91 a	8,33 a	7,67 b
G1C2	22,58 a	12,58 a	8,91 a	8,83 a	9,25 a
G0C3	25,91 a	14,25 a	9,91 b	8,58 a	8,25 b
G1C3	28,00 a	15,25 a	12,75 a	9,25 a	10,5 a
OMS (5%)	3,66	2,06	1,32	1,26	1,22
Média Geral	18,32	11,07	8,68	8,02	8,26
C.V. (%)	24,52	22,82	18,67	19,37	18,22

Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas) e 1% de probabilidade (maiúsculas), em cada causa de variação.

Tabela 5. Valores médios de alumínio trocável nas causas de variação, diferença mínima significativa (5%), média geral e coeficiente de variação, em cinco camadas do solo, na colheita da cana-elanta. Valores em mmolc.dm-3,

Causas de variação	Profundidades (cm)				
	0- 20	20 -40	40 - 60	60 -80	80 -100
G0	3,4 a	5,3 a	6,7 aA	6,0 a	5,5 a
G1	3,1 a	5,0 a	5,3 bB	5,3 b	5,0 a
OMS (5%)	0,51	0,51	0,63	0,59	0,56
C0	4,6 aA	5,4 a	6,6 a	6,2 a	5,5 a
C1	3,6 bAB	4,9 a	6,1 a	5,8 ab	5,2 a
C2	2,5 cBC	5,4 a	5,9 a	5,6 ab	5,4 a
C3	2,4 cC	4,9 a	5,5 a	5,0 b	4,9 a
OMS (5%)	0,95	1,05	1,17	1,11	1,05
G0C0	4,6 a	5,7 a	7,4 a	6,7 a	5,5 a
G1C0	4,6 a	5,1 a	5,6 b	5,6 a	5,5 a
G0C1	4,0 a	5,3 a	6,9 a	6,4 a	5,6 a
G1C1	3,1 a	4,5 a	5,2 b	5,2 a	4,8 a
G0C2	2,7 a	5,5 a	6,7 a	5,7 a	5,8 a
G1C2	2,2 a	5,2 a	5,0 b	5,6 a	5,0 a
OMS (5%)	1,02	1,12	1,26	1,20	1,12
Média Geral	3,25	5,15	6,00	5,65	5,25
C.V. (%)	38,69	26,80	25,68	25,98	26,32

Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas) e 1% de probabilidade (maiúsculas), em cada causa de variação.

Tabela 6. Valores médios de saturação de alumínio nas causas de variação, diferença mínima significativa (5%), média geral e coeficiente de variação em cinco camadas do solo, na colheita da cana-planta. Valores exersoss em %,

Causas de variação	Profundidades (cm)				
	0- 20	20- 40	40 - 60	60 - 80	80 -100
G0	19,35 a	34,93 a	45,03 a	42.99 a	41.56 a
G1	16,33 b	30,24 b	37,33 b	39.75 b	36.31 b
DMS (5%)	3,96	4,58	3,64	2.98	3.76
C0	32,77 a	38,83 a	45,50 a	45.22 a	41.68 a
C1	20,10 b	34,59 ab	45,44 a	44.80 a	40.72 ab
C2	10,42 e	31,75 ab	40,78 a	39.53 ab	39.14 ab
C3	8,06 e	25,17 b	33,00 b	35.93 b	34.21 b
DMS (5%)	7,60	8,79	6,98	5.72	7.22
GOC1	24,7 a	38,3 a	49,4 a	46,2 a	44,3 a
G1C1	15,5 b	30,8 a	41,5 b	43,4 a	37,1 a
GOC2	11,7 a	34,1 a	45,8 a	40,3 a	43.3 a
G1C2	9,1 a	29,3 a	35,7 b	38,7 a	35.0 b
DMS (5%)	7,9	9,2	7,3	5,9	7,5
Média Geral	17,84	32,58	41.18	41.37	38.94
C.V. (%)	25,40	16,09	10.11	8.25	11.05

Médias de mesma coluna, seguidas por letras iguais, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas) e 1% de probabilidade (maiúsculas), em cada causa de variação.

Abaixo dos 40 cm, embora tenha ocorrido um aumento na soma de bases, o valor alcançado está abaixo do nível crítico de 14 mmolc.dm^{-3} desejado, ficando a saturação por alumínio acima dos 30%. O tempo decorrido entre a incorporação do calcário e do gesso e a amostragem do solo foi de 17 meses. Entretanto os resultados concordam com aqueles encontrados por Orlando Filho et al. (1996) aos 56 meses da incorporação.

O gesso só apresentou alguma resposta a partir dos 20 cm de profundidade, aumentando a soma de bases e diminuindo a saturação por alumínio do solo, levando a uma diferença significativa entre os tratamentos, em todas as profundidades, exceto de 60-80 cm para a soma de bases, o que concorda com os resultados encontrados por outros autores como Vitti et al. (1995); Orlando Filho (1993); Malavolta (1992); Raij (1992); Morelli et al. (1992) e Ferreira et al. (1987).

A diminuição da saturação por alumínio, proporcionada pela incorporação de calcário e gesso ao solo deveu-se mais à elevação da soma de bases do solo do que propriamente à redução do alumínio trocável, devido ao efeito de diluição proporcionado pelos incrementos de bases ao solo. Analisando a Tabela 5, observa-se que apenas na camada superficial do solo ocorreu uma redução significativa do alumínio trocável, proporcionada pelos incrementos nas doses de calcário. O gesso não apresentou efeito nessa camada do solo como já se observou também nas Tabelas 4 e 6. Mas resultou em pequena diminuição do alumínio trocável, embora significativa a 5%, apenas entre os valores extremos de calcário, ou seja entre a testemunha e a dose máxima, correspondente a 6 t ha^{-1} e somente na camada de 60-80 cm. Quanto às demais camadas do solo, nota-se apenas uma ligeira tendência de decréscimo, com o incremento nas doses de calcário.

Quanto ao gesso, observa-se que há uma diferença entre as doses nas camadas de 40-60 cm e de 60-80 cm, mostrando que houve uma certa descida de bases das camadas superiores, embora a diferença na soma de bases na profundidade de 60-80 cm não tenha sido significativa para este tratamento. Observa-se contudo, a mesma tendência de decréscimo das médias de alumínio

trocável em todas as profundidades, como resultado da aplicação de gesso, com diferenças significativas nas profundidades de 40-60 cm e 60-80 cm (Tabela 5). Entretanto, Sobral et al. (1993) não encontraram redução do alumínio trocável provocada apenas pelo gesso, em nenhuma das profundidades estudadas.

Pela Tabela 5 depreende-se ainda, que os valores de alumínio trocável abaixo dos 20 cm de profundidade sempre estiveram acima dos 5 mmolc.dm⁻³, bem próximo portanto, do valor crítico para a cultura determinado por Marinho et al. (1983) e Sobral & Guimarães (1992).

A interação do gesso com o calcário atuou diferentemente nas profundidades de 40-60 cm e de 80-100 cm, aumentando, em ambas, a soma de bases na presença de gesso combinado com a maior dose de calcário, o que proporcionou na profundidade de 40-60 cm, uma redução no alumínio trocável, tanto pelo gesso quanto pelo calcário, indicando que houve translocação de bases do solo para as camadas mais profundas. A saturação por alumínio reduziu na camada de 80-100 cm na presença de gesso, juntamente com a dose C2, que provocou uma maior elevação da saturação por bases naquela profundidade. Ocorreu também a redução da saturação por alumínio, quando aplicou-se gesso junto com a dose CI de calcário, mas apenas na camada mais superficial do solo.

4.3 Desenvolvimento radicular

Como pode-se observar pela Tabela 7, a única causa de variação que apresentou diferença significativa pelo teste F foi a variedade. O teste Tukey mostrou que existe diferenças genotípicas entre elas, para esta característica. Não encontrou-se influência do calcário e do gesso, isolados ou em interação.

A massa das raízes diminuiu com o aumento da profundidade, principalmente para a variedade SP70-1143 e em menor intensidade para RB72454. Já a variedade SP70-1284, que se distinguiu das demais por sua elevada exigência em solo, apresentou um comportamento diferente, com diferenças mínimas entre as diversas profundidades, embora a quantidade de raízes dessa

variedade tenha se apresentado menor que a média das demais, 34,8 %; 26,0 %; 16,1 %; 13,2 %; 13,5 %; respectivamente, para as profundidades de 0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100 cm.

Esta distribuição radicular, para o caso das três variedades estudadas, diverge das distribuições encontradas por Inforzato & Alvarez (1957), que detectaram 59% do sistema radicular da variedade Co 290 nos primeiros 30 cm do solo; de Avilan et al. (1977), que encontraram 90% do sistema radicular nos 60 cm iniciais do solo, para três variedades; de Sampaio et al. (1987) que constatarem nos 20 cm superficiais 75% do total de raízes e de Korndörfer et al. (1989), que acharam 90% das raízes nos 30 cm superficiais. Assim, apesar da camada dos vinte centímetros superficiais apresentar a maior porcentagem de massa radicular, em relação as demais camadas, a sua proporção de raízes em relação ao total foi sempre bem menor do que os valores encontrados por aqueles autores. Contudo, deve-se ressaltar que estes autores obtiveram seus resultados através da escavação do solo, pelo método da trincheira, enquanto os resultados aqui apresentados são resultantes de um método não destrutivo das parcelas, onde se fez uso de um trado tipo sonda.

Noordwijk et al. (1985) chamam a atenção para o fato de que as avaliações do sistema radicular pelo método do trado apresentam elevado coeficiente de variação, próximo dos 40%, e que no mínimo 25 repetições por tratamento se fazem necessárias, para permitir um desvio médio significativo de 22%, o que se deve à grande variação existente na distribuição do sistema radicular, notadamente na camada mais superficial, diminuindo tal variação em profundidade. Os resultados apresentados na Tabela 7 mostram que os coeficientes de variação foram menores do que aqueles apontados por aqueles autores, embora as repetições fossem em número de 24 por tratamento, mostrando ser o método do trado, viável para detectar diferenças no sistema radicular em profundidade.

Tabela 7. Valores médios de massa da matéria seca radicular, por variedade, diferença mínima significativa (5%), média geral e coeficiente de variação em cinco camadas do solo, na colheita da cana-planta. Valores expressos em m raiz/kg solo,

Causa de variação	Profundidades (cm)				
	0- 20	20 -40	40 -60	60 - 80	80 - 100
SP70-1143	428,37 a	335,56 a	333,12 a	309,84 a	294,71 a
RB72454	409,09 a	352,34 a	344,40 a	328,78 a	308,81 a
SP70-1284	273,06 b	254,37 b	283,96 b	277,09 b	260,84 b
CVS (5%)	53,50	45,02	33,05	32,16	24,54
Média Geral	370,17	314,09	320,50	305,24	288,12
C.V. (%)	24,11	23,91	17,20	17,57	14,21

Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas) e 1% de probabilidade (maiúsculas), em cada causa de variação.

A variedade SP70-1 143, pouco exigente em solo, tendeu a apresentar maior massa radicular que a RB72454, de grande adaptabilidade ao solo, apenas de 0-20 cm, sendo que nas demais profundidades sempre apresentou tendência inferior àquela, entretanto não houve diferença significativa ao nível de 5% entre elas pelo teste de Tukey. A variedade SP70-1284, embora seja reconhecida como sendo exigente em solo, apresentou-se com a menor variação entre as profundidades, no que tange ao peso radicular. Já a variedade SP70-1 143, considerada a variedade mais tolerante a solos pouco férteis, apresentou a maior variação, sendo a massa radicular da camada mais profunda, 31,2% menor que a massa radicular da camada superficial. A variedade RB72454 mostrou um comportamento semelhante à SP70-1143, entretanto a magnitude da redução da massa com a maior profundidade foi de apenas 24,5%. Tais resultados diferem de Salata et al. (1987), que encontraram mais raízes na camada mais superficial do solo para a variedade exigente (SP71-799) e menos raízes para a variedade pouco exigente (SP70-1 143), apresentando esta, mais raízes que aquela, na camada de 25-50 cm de profundidade.

O fato dos tratamentos com gesso e calcário não apresentarem diferença significativa nas diversas profundidades, demonstra que, apesar destes dois tratamentos alterarem os valores da saturação por alumínio e da soma de bases no solo, essas alterações não foram suficientes para interferir no desenvolvimento radicular das variedades, já que as interações gesso x variedade, calcário x variedade e gesso x calcário x variedade foram todas não significativas. Estes resultados estão em desacordo com os resultados de Morelli et al. (1987) para cana-de-açúcar e com os resultados obtidos por Goedert et al. (1985) para capim *Andropogon gayanus*, uma vez que esses autores encontraram aumento do sistema radicular em profundidade, quando se obteve um aumento da soma de bases no solo.

Segundo o que consideram alguns autores (Malavolta, 1992; Raij, 1991; Benedini, 1988 e Zambello Junior & Orlando Filho, 1983), a necessidade mínima de soma de bases, 14 mmolc.dm⁻³, foi atingida até a profundidade de 40 cm, e que nessas condições, o desenvolvimento radicular deve ser estimulado, o que não ocorreu para qualquer das variedades estudadas.

Na Figura 1 são apresentados os resultados comparativos entre a testemunha e a combinação C3G1, que corresponde a 6,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e 2,0 t ha⁻¹ de gesso e que proporcionou a melhor correção do solo em profundidade. Ela mostra que o comportamento das variedades em função da conexão do solo é diferente entre elas. A variedade SP70-1143 manteve uma distribuição equitativa entre as diversas camadas do solo, excetuando-se apenas os 20 cm superficiais, quando na ausência de calcário e gesso, a massa radicular aumentou muito, indicando que essa variedade encontrou na superfície do solo testemunha (C0G0) um ambiente pobre, que facultou um maior desenvolvimento radicular. O mesmo ocorreu com a variedade RB72454, entretanto o maior desenvolvimento radicular na testemunha não ficou restrito à camada superficial, estendendo-se até 80 cm de profundidade. Já a variedade SP70-1284 apresentou comportamento diferente, pois o solo corrigido proporcionou maior massa radicular que a testemunha.

O sistema radicular diminuiu ao longo do perfil, na combinação máxima de calcário e gesso (C3G1). Assim, SP70-1143 reduziu em 15% a massa do sistema radicular, RB72454 reduziu em 11% e SP70-1284 foi a exceção, aumentando em apenas 1% a massa do sistema radicular, demonstrando que alguma condição na melhoria da fertilidade do solo interferiu no desenvolvimento radicular dos diferentes genótipos, diminuindo a quantidade de raízes, o que está de acordo com Clarkson (1985), embora as interações de calcário, gesso e variedade não fossem significativas.

Deve-se observar que as variedades SP70-1143 e RB72454 apresentaram respectivamente 30,1% e 30,4% a mais de massa de material radicular ao longo de 100 cm de profundidade, do que a variedade SP70-1284, quando as três variedades encontravam-se na ausência de calcário e gesso. E que, na situação de máxima melhora do solo, ou seja na dose C3 e G1, as diferenças ainda existiam, porém caíram para 8,9% e 14,1% a mais respectivamente para SP70-1143 e RB72454, sobre a SP70-1284. Tal diferença nos comportamentos, demonstra que não se pode generalizar as respostas de genótipos diferentes dessa cultura, ao manejo químico do solo. Embora tenha sido observado um aumento de produtividade, quando se utilizou calcário e gesso no solo, mesmo com menor

sistema radicular. Tal comportamento varietal sugere, como afirmou Barbosa (1993), que a variedade RB72454 possui grande adaptabilidade à diversidade de ambientes, que a SP70-1143 adapta-se bem aos ambientes pobres e é responsiva à melhoria do solo, e que a SP70-1284 possui baixa adaptação à diversidade de ambientes e é de pequena responsividade à melhoria do solo.

As correlações entre o peso radicular e a produtividade são apresentadas na Tabela 8 e evidenciam essas diferenças. Os coeficientes de correlação entre a produtividade e o peso radicular foram de $r = -0,85$ para SP70-1143 e $r = 0,69$ para RB72454 e não significativo para SP70-1284, o que resultou num coeficiente geral $r = 0,31$, mostrando haver uma correlação entre esses dois fatores, como também demonstrou Morelli et al. (1987). Embora Zotarelli (1992), trabalhando com a variedade SP70-1143, tivesse obtido um maior desenvolvimento do sistema radicular com a correção do solo, o mesmo não ocorreu aqui, pois com as maiores doses de calcário e gesso, o sistema radicular diminuiu a massa, provavelmente por não ser mais tão necessário a esta variedade, ter um extenso sistema radicular, corroborando com a afirmação de Clarkson (1985).

Komdörfer et al. (1989) constataram que num solo álico intensamente adubado, uma variedade reconhecida como exigente em solo, SP71-799, apresentou a menor massa de material radicular dentre cinco das variedades estudadas, e a SP70-1143, pouco exigente em solo, apresentou a maior massa de material radicular. Tais resultados são compatíveis com aqueles aqui encontrados.

O tratamento com gesso não apresentou diferença significativa na massa de material do sistema radicular das três variedades, em relação à testemunha. Os resultados aqui encontrados, portanto, divergem daqueles encontrados por Morelli et al. (1987) e Zotarelli (1992), já que aqueles autores encontraram aumentos do peso do material radicular em profundidade, com o uso do gesso.

Figura 1. Massa de material radicular seco, em função da profundidade de: a) SP70-1143, b) RB72454 e c) SP70-1284.

Tabela 8. Coeficiente de correlação linear entre parâmetros estudados na cana-de-linha.

CORRELAÇÃO	GERAL	SP70-1143	RB72454	SP70-1284
Produtiv. X Altura planta	0,81	0,58	0,59	0,94
Produtiv. X Diâm. Colmo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Produtiv. X Núm.colmos/10m	-0,46	0,60	0,86	0,60
Produtiv. X Área foliar	0,68	0,66	0,88	0,52
Produtiv. X Raíz (peso total)	0,31	-0,85	0,69	n.s.
Produtiv. X Pol % cana	-0,64	n.s.	n.s.	n.s.
Produtiv. X Massa média de colmo	0,96	0,80	0,97	0,90
Área foliar x Altura planta	0,92	0,30	0,63	0,56
Área foliar x Diâm. Colmo	-0,34	0,39	n.s.	n.s.
Área foliar x Raíz (massa total)	0,84	-0,54	0,69	-0,65
Área foliar x N.col/10m (colh.)	0,16	n.s.	0,60	0,60
Área foliar x N.col/10m (176 dias)	-0,54	-0,76	-0,5	0,66
Área foliar x Pol % cana	-0,87	0,66	0,88	0,52
Altura planta x Raíz (massa total)	0,86	-0,58	0,68	-0,57
Altura planta x Diâm. Colmo	-0,14	0,41	n.s.	n.s.
Altura planta x N.col/10m (colh.)	n.s.	n.s.	0,53	0,59
Alt. planta x Massa média do colmo	0,67	0,62	0,62	0,83
Diâm.colmo x Massa média do colmo	0,57	0,37	n.s.	n.s.
Raíz (massa total) x N.col/10m (colh.)	n.s.	-0,57	0,48	-0,83
Raíz x Soma Bases (0 - 20 cm)	n.s.	-0,59	0,31	n.s.
Raíz x Soma Bases (20 - 40 cm)	-0,15	n.s.	-0,69	0,50
Raíz x Soma Bases (40 - 60 cm)	-0,32	n.s.	-0,79	-0,39
Raíz x Soma Bases (60 - 80 cm)	0,14	0,83	n.s.	0,43
Raíz x Soma Bases (80 - 100cm)	-0,23	-0,41	n.s.	n.s.
Raíz x Al trocável (0 - 20 cm)	0,29	0,66	n.s.	0,71
Raíz x Al trocável (20 - 40 cm)	0,23	0,59	0,89	0,45
Raíz x Al trocável (40 - 60 cm)	n.s.	0,43	0,39	n.s.
Raíz x Al trocável (60 - 80 cm)	0,17	n.s.	0,81	-0,28
Raíz x Al trocável (80 - 100 cm)	-0,38	n.s.	-0,53	-0,87

4.4 População de colmos

A população de colmos foi avaliada ao longo de todo o ciclo da cana-planta, em 10 contagens, expressando-se os resultados em número de colmos por 10 metros lineares de sulco. Na Figura 2a pode-se observar a progressão do número de colmos das três variedades ao longo do ciclo.

A evolução do número de colmos ao longo do ciclo para as três variedades estudadas, foi semelhante ao modelo apresentado por Machado (1987), que separa essa evolução em três fases: na primeira, que foi até os 164 dias, ocorreu um grande aumento no número de colmos, devido ao perfilhamento intenso e às condições climáticas favoráveis. Dos 164 aos 323 dias ocorreu uma diminuição no número de colmos, consequência da morte por concorrência e por fatores ecológicos limitantes, o que caracteriza essa segunda fase. A terceira fase é a da estabilidade no número de colmos, mantendo-se constante até os 438 dias, quando realizou-se a colheita.

Dentre os tratamentos analisados nesse parâmetro, o fator variedade apresentou diferença estatística significativa ao nível de 1%, pelo teste F em praticamente todo o ciclo da cultura, exceto quando as variedades estiveram próximas do pico máximo de número de colmos, o que ocorreu em torno dos 190 dias, quando o número de colmos foi semelhante para as três variedades. (Tabela 9).

Observa-se que as variedades diferiram pelo teste de Tukey para esse parâmetro ao longo do ciclo, o número de brotos iniciais das variedades foi diferente, sendo menor nas variedades SP70-1143 e RB72454 respectivamente em 36% e 24% em relação a variedade SP70-1284.

O número de perfilhos iniciais da variedade SP70-1284 também foi superior às demais, contudo, a queda no número de colmos industrializáveis foi maior nessa variedade, resultando em um menor número de colmos finais que a variedade SP70-1143, embora seja ainda maior que o da variedade RB72454.

Tabela 9. Valores médios de número de colmos/10m de sulco, diferença mínima significativa (5%), média geral e coeficiente de variação, em 10 éocas do ciclo da cana-elanta,

Causa de variação	DIAS									
	66	92	135	164	190	219	252	323	386	438
SP70-1143	68,68 cC	83,63 cC	123,21 cC	147,09 cC	151,46 a	138,92 aA	122,77 aA	108,44 aA	103,05 aA	101,70 aA
RB72454	94,26 bB	121,51 bB	151,41 bB	156,86 bB	151,02a	138,48 aA	118,88 aA	96,67 bB	91,54 bB	89,02 bB
SP70-1284	106,73 aA	132,09 aA	163,27 aA	167,88 aA	152,58 a	129,77 bB	108,58 bB	96,71 bB	92,39 bB	92,39 bB
OMS (5%)	8,02	7,44	7,83	7,78	7,71	5,96	4,87	3,85	4,09	3,41
Média Geral	89,89	112,41	145,96	157,28	151,69	135,72	116,74	100,61	95,66	94,37
C.V. (%)	10,53	11,05	8,95	8,26	8,49	7,33	6,97	6,39	7,14	6,03

Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas) e 1% de probabilidade (maiúsculas), em cada causa de variação.

A forma com que o número de colmos evoluiu ao longo do tempo foi semelhante entre as variedades SP70-1284 e RB72454, diferindo em relação à SP70-1143, que perfilhou de forma mais lenta, alcançando o número máximo de colmos, 30 dias após as outras, quando aquelas variedades já apresentavam um início de decréscimo no número de colmos, isso refletiu no seu número final de colmos, que foi 12% e 9%, superior respectivamente para as variedades RB72454 e SP70-1284.

A menor disponibilidade de água e de calor no período em que a variedade SP70-1143 atingiu seu máximo número de perfilhos, indicou ser esta uma variedade bastante lúscica para as condições climáticas.

A partir dos 323 DAP, iniciou-se a fase de estabilidade no número de colmos. Relativo ao número máximo de colmos, a redução até o número final de colmos foi grande, com uma queda de 33% na variedade SP70-1143, de 43% na variedade RB72454 e de 45% na variedade SP70-1284, concordando com resultados semelhantes encontrados por Machado et al. (1982), para outras variedades. A morte de colmos foi provocada provavelmente, pela intensa competição entre eles e pelo sombreamento provocado pelos colmos maiores, concordando com Machado (1987) e Prado (1988).

O número máximo de colmos foi atingido no período outubro/novembro, concordando com Prado (1988). Os percentuais médios de redução, aqui encontrados, foram também semelhantes para as três variedades estudadas por aquele autor e para a variedade estudada por Yoon (1971). Dependendo da variedade, a queda pode ser maior ou menor, o aspecto genético foi o influenciador dessa característica. Outros fatores, como a radiação solar, temperatura, umidade e densidade de plantio poderiam alterar o número final de colmos, como afirmou Machado (1987). Entretanto, supõe-se que esses fatores foram semelhantes para todos os tratamentos.

Com relação aos efeitos do gesso e do calcário, foi observado que nenhum deles atuou significativamente sobre o número de colmos por hectare, em qualquer das épocas estudadas, o que está em desacordo com os resultados de

Zotarelli (1992). Esse autor encontrou efeito da aplicação do calcário, favorecendo o número de colmos por metro desde a brotação até a fase de estabilização da população de SP70-1 143.

A interação entre gesso, calcário e variedade mostrou-se significativa na primeira época (Tabela 9), quando da brotação da cana, o gesso na ausência de calcário apresentou efeitos diversos sobre as variedades, como se observa na Figura 26, estimulando a brotação da variedade RB72454, inibindo a brotação de SP70-1 143 e foi indiferente para a variedade SP70-1284, mostrando haver para os genótipos, diferentes respostas ao gesso quanto à brotação inicial, não se podendo portanto, generalizar-se os resultados de uma única variedade. A interação entre os tratamentos não influenciou no perfilhamento e no número final de colmos industrializáveis, restringindo-se portanto, apenas ao período inicial de brotação da cana-de-açúcar.

Pela Tabela 8, observa-se que o número de colmos correlacionou-se com a produção, de forma diferente para as três variedades. A melhor correlação entre esses dois parâmetros deu-se com a variedade RB72454, que obteve um coeficiente de correlação de 0,86, já as variedades SP70-1143 e SP70-1284 apresentaram um coeficiente de correlação de 0,60. Como a variedade que apresentou o menor número de colmos na colheita foi a que mais produziu, a correlação final, para o conjunto das três variedades, apresentou um coeficiente de correlação baixo, de -0,46, significando que cada variedade tem um número ótimo de colmos por área para alcançar a máxima produção, não sendo possível generalizar este parâmetro para qualquer variedade.

4.5 Altura das plantas

O fator variedade foi o único que apresentou diferenças estatísticas significativas, pelo teste F, nas cinco épocas avaliadas do ciclo da cana-planta, para altura das plantas, evidenciando que o genótipo é diferente entre elas para essa característica. O maior desenvolvimento em altura das plantas no início do seu ciclo de desenvolvimento favoreceu o estabelecimento da cultura em

relação à concorrência com as plantas daninhas. Neste aspecto, as variedades diferiram, sendo a variedade SP70-1284 favorecida com um rápido crescimento, seguida pela variedade RB72454 e por último, com um desenvolvimento inicial bem mais lento, a variedade SP70-1143, isto até os 176 dias de idade.

A partir dos 258 dias do plantio, a situação mudou, de forma que a variedade RB72454 passou a ter um desenvolvimento mais acentuado em altura, ultrapassando a variedade SP70-1284 e mantendo-se assim até a colheita. Já a variedade SP70-1143 alcançou o mesmo desenvolvimento da variedade SP70-1284 nessa data e, a partir daí teve um desenvolvimento mais acentuado, de forma que em torno dos 325 dias, passou a ser a segunda variedade em altura e permanecendo assim até a colheita, diferindo das variedades SP70-1284 e RB72454 pelo teste de Tukey a 5% e 1% de significância como se observa na Tabela 10.

A progressão do crescimento em altura das variedades pode ser melhor observada na Figura 4. O ganho médio em altura das plantas seguiu a mesma progressão de crescimento encontrada por Machado et al. (1982) e Yoon (1971), como se observa naquela figura. As taxas de crescimento foram expressas através dos ganhos médios, em milímetros por dia, na altura das plantas das três variedades ao longo do período analisado. Observou-se que a variedade SP70-1284 apresentou um crescimento rápido nos primeiros 176 DAP, significativamente superior a variedade RB72454. Dos 176 DAP até os 258 DAP, as taxas de crescimento diário passaram a ser mais próximas entre si, porém a variedade SP70-1284 apresentou a menor taxa de crescimento e a variedade RB72454 a maior, o que levou esta a superar a variedade SP70-1284 em altura, já aos 258 dias e a variedade SP70-1143 a alcançar a SP70-1284. Desta forma deixou de existir diferença estatística entre essas duas variedades. A partir dos 258 DAP e até os 325 dias, a taxa de crescimento médio por dia aumentou muito, para todas as variedades, sendo esse, o período que registrou o maior crescimento dos colmos (Figura 4b). As condições climáticas desse período foram de intensa precipitação, com um total acumulado de 494,8 mm e de temperatura média de 24,6°C. A variedade SP70-1284 apresentou uma taxa de incremento sensivelmente menor, menos 23,1% que a variedade RB72454, enquanto a

variedade SP70-1143 foi muito semelhante a esta última, o que levou estas variedades a suplantarem a variedade SP70-1284 em *altura* dos colmos a partir desse período.

Dos 325 aos 388 dias, as taxas de crescimento declinaram em 24% para a variedade SP70-1143, 19% para a variedade RB72454 e em 30% para a variedade SP70-1284 e, exceto para esta última, as taxas continuaram a ser boas, caracterizando o segundo melhor período de crescimento em altura dos colmos. O último período, dos 388 dias até a colheita, apresentou uma queda acentuada no desenvolvimento dos colmos, que apresentam taxas significativamente menores de crescimento diário, reduzidas para valores próximos de um terço daqueles encontrados no período imediatamente anterior. Tal queda era esperada, já que as variedades estão em franco processo de acumulação de sacarose, nesses dias que antecedem a colheita. Contudo, observa-se que a variedade SP70-1284 apresentou a menor taxa de crescimento e RB72454 a maior, o que se explica por serem essas variedades respectivamente precoce e média/tardia quanto à maturação. Portanto, a variedade RB72454 continua a crescer com uma taxa acima das duas outras variedades.

A altura final dos colmos foi superior àquela encontrada por Basile Filho et al. (1993), que encontraram alturas de 197 cm, 216 cm e 215 cm para as variedades RB72454, RB765418 e RB785148, respectivamente, o que é admissível, por ter sido aquele estudo efetuado na cana-planta de plantio de ano, portanto com menor período de crescimento para a cultura. Leme et al. (1984), estudando a resposta de cana-de-ano-e-meio à irrigação, encontraram valores próximos a 300 cm, em tratamentos irrigados e acima de 250 cm para a testemunha, o que concorda com os valores aqui observados, embora as variedades fossem outras.

Tabela 10. Valores médios de altura de planta por variedade, diferença mínima significativa (5%), média geral e coeficiente de variação em cinco épocas da cana-planta. Valores expressos em centímetros

Causa de variação	DIAS				
Variedades	176	258	325	388	438
SP70-1143	30,03 cB	111,90 bB	213,01 bA	285,08 bB	302,63 bB
RB72454	33,91 bA	120,01 aA	221,63 aA	299,23 aA	325,43 aA
SP70-1284	35,73 aA	112,78 bB	190,47 cB	241,74 cC	257,15 cC
OMS (5%)	1,6	4,29	7,79	8,87	10,01
MÉDIA GERAL	33,22	114,9	208,37	275,35	295,07
CV. (%)	8,0	6,2	6,2	5,3	5,6

Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas) e 1% de probabilidade (maiúsculas), em cada causa de variação.

Figura 3. a) Evolução da altura das plantas e b) Curva de crescimento em altura em cinco épocas do ciclo da cana-planta para três variedades.

Fernandes (1985) obteve uma relação direta entre altura dos colmos e a quantidade de cálcio e enxofre adicionadas ao solo, concluindo que a falta de cálcio inibiu o desenvolvimento das plantas em altura. Entretanto, os tratamentos de calcário e gesso apresentaram resultados não significativos, como também a interação entre eles, para o teste F ao nível de 5% para a altura dos colmos, o que está de acordo com Vargas (1981), que não encontrou diferença significativa na altura dos colmos, para as doses de calcário dolomítico no sulco e em área total, de uma cana-de-ano plantada em solo LEa, argiloso. Medina & Brinholi (1991) também não encontraram diferenças significativas para o comprimento dos colmos em TRed que recebeu diversas doses de calcário e gesso.

Na Tabela 8, observa-se que altura das plantas correlacionou-se com a produtividade de colmos de forma bastante estreita para a variedade SP70-1284, $r = 0,94$. Para as variedades SP70-1143 e RB72454 os coeficientes de correlação foram de 0,58 e 0,59 respectivamente, demonstrando que este parâmetro teve menor influência na produtividade dos colmos para estas variedades, embora o coeficiente de correlação média tenha sido de 0,81.

4.6 Área foliar

As variedades diferiram significativamente ao nível de 1% pelo teste F durante todo o período considerado, evidenciando as diferenças de genótipo existente entre elas. Também o tratamento com gesso expressou diferença significativa, porém restrita apenas, ao período de maior desenvolvimento da cultura, dos 258 aos 388 DAP, envolvendo o período de verão.

A expansão da área foliar ocorrida entre as duas primeiras observações, entre 176 e 258 DAP, deu-se no mesmo período em que a população de colmos iniciou seu decréscimo, o que parece indicar uma substituição de um grande número de colmos com uma pequena área foliar por colmo, nos estádios iniciais da cultura por um número menor de colmos com uma maior área foliar por colmo, nos estádios mais adiantados de desenvolvimento da cultura, indicando

haver nesse período, uma intensa conciliação entre os colmos, corroborando com os resultados de Machado et al. (1982). Como mostram as correlações entre essas duas características fenotípicas (Tabela 8), embora as mesmas sejam baixas para as três variedades testadas, foram de -0,76 para SP70-1143; -0,50 para RB72454 e 0,66 para SP70-1284, sendo a correlação geral, independente das variedades, de -0,54. Nota-se que para a variedade SP70-1284 a correlação foi positiva, indicando que nem sempre existe uma relação estreita entre aquelas duas características, não sendo possível assim, generalizar-se aquele comportamento.

Períodos longos de crescimento da cultura, que apresentam uma significativa área foliar de forma permanente, parecem favorecer uma maior produtividade, o que pode ser observado pela evolução da área foliar das 3 variedades e, por sua correlação com a produtividade final em cada uma delas (Tabela 8), o que também foi observado por Magalhães (1987).

A correlação geral para todas as variedades foi baixa, apenas de 0,68, sendo que um valor semelhante foi encontrado para a variedade SP70-1143, que foi de 0,66 e um pouco menor para SP70-1284, que foi de 0,52. A RB72454 porém, apresentou boa correlação com a produtividade, com uma correlação de 0,88, mostrando que a área foliar foi para essa variedade, um fator determinante da produtividade, maior do que para as demais. Possivelmente isso se deveu ao fato dessa variedade apresentar uma arquitetura foliar diferente, apresentando as folhas mais eretas. Segundo a proposta de classificação da arquitetura foliar apresentada por Câmara (1991), essa variedade é enquadrada como erectófila, e as variedades SP70-1143 e SP70-1284 seriam enquadradas respectivamente como planófila e erectófila.

Tabela 11. Valores médios de área foliar por planta, em cada causa de variação, diferença mínima significativa (5%), média geral e coeficiente de variação em cinco épocas da cana-planta. Valores expressos em cm² por planta,

Causa de variação	DIAS				
	176	258	325	388	438
G0	2009,4 a	4139,6b	4266,2 bB	4821,6 b	2417,3 a
G1	2084,3 a	4319,6 a	4502,9 aA	5032,2 a	2469,8 a
OMS (5%)	110,46	143,36	152,26	183,22	135,66
SP70-1143	2142,8 a	4264,2 bB	4629,4 aA	5415,4 aA	2731,1 aA
RB72454	1977,3 b	4534,5 aA	4846,9 aA	5486,3 aA	2860,5 aA
SP70-1284	2020,3 ab	3890,5 cC	3677,3 bB	3879,1 bB	1739,1 bB
OMS (5%)	162,49	210,88	223,99	269,52	199,56
Média Geral	2046,8	4229,7	4384,6	4926,9	2443,6
C.V. (%)	13,24	8,32	8,52	9,13	13,63

Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas) e 1% de probabilidade (maiúsculas), em cada causa de variação.

Figura 4. Índice de área foliar em cinco épocas da cana-planta para três variedades.

Ora, no caso da variedade SP70-1284, a colTelação encontrada foi a mais baixa das três variedades, o que sugere que, mesmo sendo erectófila essa característica influiu pouco na produtividade. Convém salientar, entretanto, que as folhas de RB72454 são estreitas e compridas, enquanto as folhas de SP70-1284 são curtas e largas, proporcionando essa última situação, uma maior área de sombreamento mútuo de folhas, mesmo que a arquitetura foliar seja erectófila. Magalhães (1987) chama a atenção para o fato de que a fotossíntese está correlacionada negativamente com a largura das folhas, o que explicaria a baixa colTelação entre área a foliar e a produtividade dessa variedade erectófila SP70-1284.

Foi calculado o índice de área foliar para um metro linear de sulco para as três variedades, nas diversas épocas para caracterizar melhor esse crescimento da cultura. Os resultados são apresentados na Figura 4.

Conforme cita Machado (1987), um índice de área foliar de 4 é suficiente para interceptar 95% da radiação solar incidente sobre uma determinada área. Yoon (1971) encontrou para a variedade F 134, um índice de área foliar máximo de 5,03, o qual no entanto caiu para 3,56 na fase de maturação. Já Leme et al. (1984) encontraram um índice de área foliar na cana-planta da variedade CB47-355, quando cultivada sem irrigação, muito próximo aos encontrados para as três variedades aqui estudadas.

A progressão da área foliar pode ser separada em 3 estágios distintos, sendo que o primeiro, até os 176 DAP, apresentou os menores índice de área foliar; o segundo, com valores mais elevados e constantes durante o período de condições ambientais mais favoráveis e o terceiro período, com baixo índice de área foliar, já no estágio de maturação da planta que foi semelhante àquele encontrado por Leme et al. (1984).

Machado et al.(1982) encontraram para CB41-14 e NA56-79, um índice de área foliar máximo de 3,7, o qual permaneceu constante durante todo o período de maior crescimento da cultura e, portanto, dentro do valores aqui mencionados. Como aqueles autores citam, aqui também foi observada uma alta

taxa de emissão foliar, com as folhas sendo emitidas em uma intensidade maior que a senescência, principalmente após os 200 DAP, permanecendo nessas condições, durante todo o verão, com redução drástica somente na fase de maturação, quando as condições ambientais eram então desfavoráveis ao desenvolvimento da planta.

A importância do tamanho da área foliar das variedades pode ser observada nas correlações desse parâmetro com outros (Tabela 8), tais como: a altura das plantas e o peso radicular, indicando que uma maior extensão foliar favorece o crescimento dos demais órgãos da planta e, de sua riqueza em açúcar. Isso explica o efeito drástico, sobre a produção, de todo fator biótico ou abiótico que, por acaso, venha reduzir a área foliar, apesar do elevado índice de área foliar da cana-de-açúcar.

4.7 Diâmetro de colmo

A causa de variação variedade, foi a única que apresentou significância pelo teste F. Na Tabela 12 são apresentados os resultados do teste de Tukey para as variedades em relação ao diâmetro de colmos na colheita da cana-planta.

As diferenças de diâmetro entre as variedades demonstram que, a herança genética é diversa entre elas. A variedade SP70-1143 caracteriza-se por possuir colmos com menor diâmetro, qualificados pela Copersucar (1983) como finos, enquanto as variedades RB72454 e SP70-1284 possuem colmos mais grossos, de acordo respectivamente com Matsuoka (1987) e Copersucar (1983), caracterizados como de diâmetro médio.

O diâmetro do colmo é um dos fatores morfológicos que, em conjunto com outros, caracterizam o potencial de produção por área de uma variedade de cana-de-açúcar. Basile Filho et al. (1993), ao estudarem a resposta de três variedades a diferentes espaçamentos, mostraram a existência da relação entre o diâmetro do colmo e a produtividade da variedade, quando associado a outros

parâmetros morfológicos. As correlações entre o diâmetro do colmo e as demais características morfológicas e a produtividade das variedades estudadas são apresentadas na Tabela 8. Não foi observada contudo, qualquer correlação entre o diâmetro do colmo de qualquer variedade aqui estudada com a produtividade, indicando que o manejo do solo, não interferiu nessa característica.

Vargas (1981) também não encontrou diferenças significativas para o diâmetro do colmo em relação as doses de calcário no sulco e em área total, o que está de acordo com os resultados aqui encontrados. Medina & Brinholi (1991), estudando também diversas doses de calcário e gesso, não obtiveram diferenças significativas para o diâmetro dos colmos numa TRED.

4.8 :Massa média dos colmos

A produtividade é diretamente dependente da população de colmos por área e da massa média dos colmos. Essa última característica apresentou diferenças estatísticas pelo teste F ao nível de 1% de significância para o fator variedades, sendo não significativo, para todos os demais tratamentos e interações. Quanto às variedades, essas diferiram entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%, conforme as médias apresentadas na Tabela 12. A massa média dos colmos da variedade RB72454 foi 35% maior que o da variedade SP70-1143 e 43% maior que a SP70-1284, o que explica, junto com a maior altura dos colmos, o fato dessa variedade ter a maior produtividade final, mesmo ela tendo apresentado o menor número de colmos por metro.

O valor encontrado neste trabalho, de 1,42 kg/colmo para a média geral da massa dos colmos, é bem superior àquele encontrado por Basile Filho et al.(1993), que, obtiveram em três variedades, a média de 1,09 kg/colmo, provavelmente pelo fato daqueles autores terem trabalhado com cana-de-ano, que apresenta um período menor de crescimento da cultura, o que levou a uma menor altura e diâmetro médio por variedade.

Tabela 12. Médias de diâmetro de colmo (mm), massa média por colmo (kg), produtividade de colmos (t ha⁻¹) e pol % cana, por variedade, diferença mínima significativa (5%), média geral e coeficiente de variação na colheita da cana-planta,

Causa de variação	Diâm. de colmo	Massa média por colmo	Produtiv. de colmos	Pol % cana
SP70-1143	24,97bB	1,22 cC	96,26 bB	15,0471 bB
RB72454	28,90 aA	1,75 aA	120,18 aA	14,7828 bB
SP70-1284	28,86 aA	1,29 bB	92,18bB	16,3581 aA
OMS (5%)	0,6749	0,065	6,79	0,3203
Média Geral	27,58	1,42	102,87	15,3869
C.V. (%)	4,08	7,64	11,01	3,47

Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas) e 1% de probabilidade (maiúsculas), em cada causa de variação.

A massa média dos colmos apresentou uma maior correlação com a produtividade, dentre todos os parâmetros estudados, com um coeficiente de correlação de 0,96. A massa de colmo foi mais função da altura dos colmos ($r = 0,67$) do que do diâmetro destes ($r = 0,57$).

4.9 Produtividade de colmos e açúcar

A produtividade da cultura da cana-de-açúcar é dependente das condições ambientais, do ciclo da cultura, do espaçamento, do manejo do solo e também das características fenotípicas de cada variedade, tais como: diâmetro do colmo, altura do colmo, massa média dos colmos, número de colmos por metro linear, área foliar, quantidade de raízes produzidas e da sua liqueza em açúcar. Tais parâmetros foram correlacionados, para as três variedades e suas respectivas produções, e os coeficientes de correlação respectivos são apresentados na Tabela 8.

Na Tabela 12 são apresentadas os resultados do teste de Tukey para variedades, considerando-se a produtividade de massa de material verde dos colmos e de açúcar por hectare. A variedade RB72454 evidenciou sua elevada capacidade de produção, diferindo significativamente ao nível de 1% pelo teste de Tukey, das demais, embora a resposta se deu pela diferença de potencial genético e não pelo melhoramento químico do solo, pois o gesso e o calcário foram não significativos pelo teste F e, suas interações também não apresentaram diferenças estatísticas entre as médias.

A característica de ampla adaptabilidade da variedade RB72454 ficou bem caracterizada, já que a variedade apresentou boa produtividade, tanto em solo corrigido quanto naquele sem correção, quando comparada às outras variedades, confirmando o resultado obtido por Barbosa (1993). Na Figura 8, pode-se observar as médias obtidas em todas as combinações dos tratamentos de calcário e gesso para as três variedades.

Os resultados obtidos com as variedades RB 72454 e SP70-1143 concordam com Gheller (1993), Nunes Junior (1987) e Barbosa (1993), pois as variedades, ao menos no ciclo da cana-planta, não apresentaram restrições na produtividade de colmos, quando as características químicas do solo apresentaram-se inadequadas, com a soma de bases abaixo do nível crítico de 14 mmolc.dm^{-3} e com uma saturação por alumínio acima de 25%. Com a melhoria do solo, obtida com o uso do calcário e do gesso, aumentando a soma de bases e reduzindo a saturação por alumínio, esperava-se um aumento de produtividade de colmos conforme afirmou Bittencourt et al. (1990); principalmente para a variedade SP70-1284, que segundo Copersucar (1983), caracteriza-se pela sua alta exigência em fertilidade do solo. Embora este resultado não tenha sido alcançado é importante ressaltar que as respostas foram diferentes para cada um dos genótipos, evidenciando a diferença existente entre eles. Dal Bó et al. (1986) também constataram num solo com mais de 4 mmolc.dm^{-3} de cálcio, que este não foi limitante para a distribuição do sistema radicular em planta no solo, nem foi limitante da produtividade de massa de material seco de duas variedades de cana, de forma semelhante ao aqui constatado.

Os tratamentos de calcário e gesso e suas interações não implicaram em diferenças estatísticas para o parâmetro pol % cana. Contudo, o fator variedades expressou as diferenças existentes entre elas, pois foi significativo pelo teste F a 1%. As variedades diferiram entre si pelo teste de Tukey também a 1%. Pelas médias observadas, evidenciou-se a maior riqueza em açúcar da variedade SP70-1284, em torno de 8,7 e 10,6 % a mais que SP70-1143 e RB72454 respectivamente, confirmando a caracterização da Copersucar (1983) e de Matsuoka (1987).

Como a colheita foi realizada no mês de julho, as variedades SP70-1143 e RB72454, de maturação média e média para tardia, respectivamente, podiam não ter atingido ainda o potencial máximo de acúmulo de açúcar, favorecendo SP70-1284, por ser esta variedade considerada precoce.

Figura 5. Rendimento, em t ha⁻¹, em diferentes doses de calcário e gesso para: a) SP70-1143, b) RB72454 e e) SP70-1143.

A correlação negativa, com coeficiente de correlação de -0,64 entre a produtividade de colmos e a pol % cana está coerente, já que, se a planta acumula mais açúcar, não haverá carboidrato suficiente para o seu crescimento. O balanço entre esses dois parâmetros é expresso pela produção de açúcar por área, valor obtido através do produto entre a pol % cana e a produtividade de colmos por área.

Observa-se então, que a variedade RB72454 apresentou a maior produtividade de açúcar por área, de 17,7 kg.m⁻², o que se deveu a sua alta produtividade de colmos, seguindo-se de SP70-1284 com 15,1 e SP70-1143 com 14,5 kg.m⁻². Portanto, apesar da menor produtividade em colmos da SP70-1284, sua maior riqueza em açúcar foi suficiente para superar a variedade SP70-1143 em 4/4, na produção de açúcar por área. Por ser o parâmetro de produção de açúcar por área aquele que mais interessa aos produtores, e ser ele dependente da produtividade de colmos e da riqueza em açúcar, passa a ser interessante tentar obter maior rendimento de colmos para as variedades ricas em açúcar, embora exigentes em solo.

5 CONCLUSÕES

A soma de bases do solo aumentou abaixo dos 20 cm de profundidade pela adição do gesso, o que provocou a diminuição da saturação por alumínio ao longo do perfil do solo.

O calcário aumentou a soma de bases da superfície nas três doses usadas, entretanto, apenas a maior dose (6 t ha^{-1}) promoveu o aumento da soma de bases nas camadas mais profundas do solo, com consequente redução da saturação por alumínio.

A redução da saturação por alumínio não foi sempre acompanhada pela redução do alumínio trocável, indicando a ocorrência de um efeito de diluição provocado pelo aumento da soma de bases do solo.

Calcário e gesso promoveram diminuição da massa de material seco radicular de SP70-1143 e RB72454. E não alteraram a massa de material seco radicular de SP70-1284.

Com relação aos parâmetros: velocidade de brotação, população final de colmos, altura das plantas, área foliar das plantas, diâmetro dos colmos, massa média por colmo e produtividade média de colmos e açúcar, as variedades diferiram entre si. Gesso influíu na velocidade de brotação inicial e na área foliar durante o período dos 258 aos 388 DAP. Gesso e calcário não influíram nos demais parâmetros.

O parâmetro que melhor se correlacionou com a produtividade foi a massa média por colmo com $r = 0,96$.

A melhoria das condições químicas do solo, promovida pelo calcário e gesso, não permitiu a obtenção de melhores ganhos em produtividade para a variedade SP70-1284, mais exigente em solo.

Mais estudos de efeitos de manejo sobre interações entre genótipos de cana-de-açúcar e o ambiente devem ser realizados para evitar a generalização de resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEONI, L.R.F.; BEAUCLAIR, E.G.F.; BITTENCOURT, V.C. Produtividade e atributos de crescimento da RB735275, em áreas com e sem torta de filtro. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 14, n. 2, p.21- 24, nov/dez. 1995.
- AVILAN, R. L.; GRANADOS, M. F.; ORTEGA, D. Estudio del sistema radicular de tres variedades de cana de azucar (*Saccharum spp.*) en un moliisol de los Valles de Aragua. **Agronomia Tropical**, v. 27, n. 1, p.69-87, 1977.
- BACCHI, O. O. S. Botânica da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**, Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Álcool, 1983. p.25-37. (Coleção Planalsucar n.º 2)
- BARBOSA, G.V. de S. Análise da interação de novas variedades RB de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) com ambientes de cultivo em Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5, Águas de São Pedro, 1993. **Anais**. Piracicaba: STAB, 1993. p.115-120.
- BASILE FILHO, A.; CÂMARA, G.M.S.; CESAR, M.A.A.; PIEDADE, S.N.L.S.; NIFFRAIMIDA, R.E. Produção e qualidade tecnológica de três variedades de cana-de-açúcar, conduzidas sob espaçamento reduzido e tradicional de plantio em condições de cana-de-ano. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5, Águas de São Pedro, 1993. **Anais**. Piracicaba: STAB, 1993. p.15-19.
- BASSINELLO, A.I. Interações de genótipos x ambientes em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) Piracicaba, 1984. 110p. Dissertação (Nl.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" , Universidade de São Paulo.

- BATISTA, L.F. Aplicação de N, P e ^{35}S em dois solos de São Paulo e seus efeitos sobre a cana-de-açúcar. Piracicaba, 1977. 90p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BENEDIN, M.S. **Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar.** Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1988. 19p. (Série Agrônômica n° 16).
- BITTENCOURT, V.C.; CARVALLO, Q.A.; BEAUCLAIR, E.G.F.; JOÃO, J.; CLEMENTE, J.L. Produtividade da cana-de-açúcar e suas relações com a fertilidade dos solos e o manejo da cultura. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.8, n. 5/6, p.10-14, mai/ago. 1990.
- BÖHM, W. **Methods of studying root systems.** New York: Springer-Verlag, 1979. 188p.
- CÂMARA, G.M.S. Espaçamento reduzido em cana-de-açúcar e considerações sobre a planta. **Revista Adealg**, v. 14, p.26-27, 1991.
- CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S. e OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.31-64.
- CATTNELL, R.Q. A rapid method for estimating the distribution of roots in the field. In: RUSSELL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R. **The soil/root system in relation to Brazilian agriculture.** Londrina: IAPAR, 1981. p.339-343.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia de cana-de-açúcar.** Jaboricabal: UNESP/FUNEP, 1991. 157p.
- CASTRO, P.; LUCCHESI, A.A.; ALVES, E.; PARANHOS, S.B., Análise de crescimento da cana-de-açúcar. **Brasil Açúcareiro**, v.88, n.6, p.26-30, dez. 1977.

- CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO *RECICLAGEM* DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS. Ilhéus, 1984. **Anais**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.
- COPERSUCAR. Novas variedades Copersucar. **Boletim Técnico Copersucar**, edição especial, 59 p., mar. 1983.
- DAL BÓ, M.A.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M.; THIÉBAUT, J.T.L. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar. - II. Respostas da planta. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.10, n.3, p.231-234, set/dez. 1986.
- DEMATTE, J.L.I. Aptidão agrícola de solos e o uso do gesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais**. Uberaba: IBRAFÓS, 1992. p.307-324.
- FERNANDES, F.A. Efeito do gesso como fonte de cálcio e de enxofre na cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba, 1985. 92p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- FERREIRA, E.S.; KORNDÖRFER, G.H.; MARTINS, J.; MATTHIESEN, L.A. Efeitos da aplicação de gesso + calcário sobre algumas características químicas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Boletim Técnico Copersucar**, v. 38, p.13-15, jul. 1987.
- FRANCO, C. M. e INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 6, n.9, p.443-458, set. 1946.
- FURLANI, P.R. e BERTON, R.S. Atividade de cálcio e alumínio e o desenvolvimento radicular. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais**. Uberaba, IBRAFÓS, 1992. p.121-138.

- GARGANTINI, H.; MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S. Efeitos da calagem sobre os teores de cálcio mais magnésio de perfis de solos de cerrado. **Anais da ESALQ**, v. 39, n.2, p. 1115-1136, 1982.
- GHELLER, A.C.A. Características desejáveis e manejo comercial de variedades de cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S. e OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.65-82.
- GOEDERT, W.J.; RITCHEY, K.D.; SANZONOWICZ, C. Desenvolvimento radicular do capim-andropogon e sua relação com o teor de cálcio no perfil do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.9, n. 1, p.89-91, jan/abr. 1985.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 8º ed. Piracicaba: Livraria Nobel S.A., 1978. 430p.
- HUMBERT, R.P. **The growing of sugarcane**. Amsterdam: Elsavier Publ. Co., 1968. 779p.
- INFORZATO, R. e ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar variedade Co 290, em solo tipo terra roxa legítima. **Bragantia**, v. 16, n.1, p.1-13, out. 1957.
- INFORZATO, R. e BERNARDI, J.B. Estudo comparativo do sistema radicular de seis variedades de quiabeiro. **Bragantia**, v.33, p.XCIX-CIII, out. 1974.
- INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL Ato n.º 65/84 - Dispõe sobre as normas de execução do sistema de pagamento de cana de fornecedores pelo teor de sacarose e pureza, no Estado de São Paulo. **D.O.União**, p.14282-14286, out/1984.
- KORI"IDÔRFER, G.H.; PRIMAVESI, O.; DEUBER, R. Crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA. **Boletim Técnico Copersucar**, v. 47, p.32-36. 1989.

- LEME, E.J.A. Estudo da variação das características hidráulicas dos sulcos de infiltração em cana-de-açúcar. (*Saccharum spp.*). Piracicaba, 1978. p.86. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- LEME, E.J.A.; MANIERO, M.A.; GUIDOLIN, J.C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. **Cadernos Planalsucar**, v.2, p.3-9, mar. 1984.
- LIMA, J.M.J.C.; LIMA, V.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Alterações nas propriedades químicas de solos no agroecossistema cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, XX, Piracicaba, 1992. **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.116-117.
- 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. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 10, n. 3, p. 14-18, jan/fev. 1992.
- MACHADO, E.C. Fisiologia de produção da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar - Cultivo e utilização**, Campinas: Fundação Cargill, 1987. V.1, cap.1, p.56-87.
- MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesq. Agropec. Brasileira**, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, set. 1982.
- IVIAGALHÃES, A.C.N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**, Piracicaba: POTAFÓS, 1987, p.113-118.
- IVIALAVOLTA, E. O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta - Perguntas e respostas. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA

- AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais**. Uberaba: IBRAFÓS, 1992. p.41-66.
- MARINHO, M.L.; ALBUQUERQUE, G.A.C.; ARAÚJO F.º, J.T. Calibração do alumínio trocável do solo para cana-de-açúcar em Alagoas. **Saccharum**, v. 26, p.18-23, mai/jun. 1983.
- MATSUOKA, S. **RB72454: Uma variedade de cana-de-açúcar para todo o Brasil**. Piracicaba: Planalsucar, 1987. 29p.
- MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; PEREIRA, H.S.; DEMATTÊ, J.A.M.; ALOISI, R.R. Efeitos do calcário e do gesso nos atributos químicos de um Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico e nas produtividades durante o ciclo da cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXV, Viçosa, 1995. **Anais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. vol II, p.1091-1093.
- MEDINA, C.C. e BRINHOLI, O. Estudo da aplicação de gesso e calcário na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), açúcar e álcool. **Energia na agricultura**, v.6, n.3, p.18-22. 1991.
- MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALNIEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.16, n.2. p.187-194, mai/ago. 1992.
- MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; DEMATTÊ, J.L.I.; DALBEN, A. E. Efeito do gesso e do calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção de cana-de-açúcar. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 6, n.2, p.24-31, nov/dez. 1987.
- NOORD\VIJK, M. van; FLORIS, J.; JAGER, A. Sampling schemes for estimating root density distribution in cropped fields. **Netherlands Journal of Agricultura! Science**, v. 33, p.241-262, 1985.

- NUNES JÚNIOR, M. S. D. Variedades de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar - Cultivo e Utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. Vol. 1, cap. II, p.187-259.
- ORLANDO F.º, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂNIARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.133-146.
- ORLANDO F.º, J. e RODELLA, A.A. Adubação nitrogenada em cana-planta: perfilhamento e produtividade agrícola. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.13, n.3, p.16-18, jan/fev. 1995.
- ORLANDO F.º, J.; ROSSETO, R.; MURAOKA, T. Efeito residual da calagem (56 meses) sobre os valores de pH, cálcio e magnésio do solo. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 14, n.4. p.19-21, mar/abr. 1996.
- PENATTI, C.P.; BONI, P.S.; CONDE, A.J.; SALATA, J.C. Efeito da aplicação de calcário no sulco de plantio de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, v.39, p.17-20, nov. 1987.
- PENATTI, C.P. e FORTI, J.A. Calcário e gesso em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXV, Viçosa, 1995. **Anais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. vol II p.1089-1090.
- PENATTI, C.P. e PRADO F.º, O. Efeito do enxofre na cultura da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, v.47, p.37-40, 1989.
- PRADO, A.P. de A. Perfilhamento e produção da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em função da densidade de plantio. Piracicaba, 1988. 69 p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- RAIJ, B. van **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: CERES/POTAFÓS, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van Reações de gesso em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais**. Uberaba: IBRAFÓS, 1992. p.105-120.
- RAIJ, B. van; SILVA, N. M. da; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CALITARELLA, H.; BELINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1992. 107p. (Boletim Técnico, 100).
- RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; SOUSA, D.M.G. Relação entre teor de cálcio no solo e desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.7, n.3, p.269-275, set/dez. 1983.
- SALATA, J.C.; ARIMENE, J.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Influência do tipo de sulcador no desenvolvimento do sistema radicular e produtividade da cana-de-açúcar. **Stab. Açúcar, Alcool e Subprodutos**, v.5, n.4, p.12-18, mar/abr. 1987.
- SALATA, J.C.; SANTOS, E.; DENIATTÊ, J.L.I. Ação do calcário e gesso em solos de baixa fertilidade e na recuperação de soqueiras de cana-de-açúcar. **Stab. Açúcar, Alcool e Subprodutos**, v.14, n.1, p.19-22, set/out. 1995.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; CAVALCANTI, F.J.A. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. - III. Conteúdo de nutrientes e distribuição radicular no *solo*. **Pesq. Agropec. Brasileira**, v.22, n.4, p.425-431, abr. 1987.
- SILVA, D.J.; ALVARENGA, R.C.; ALVAREZ, V.H.; SOARES, P.C. Localização de fósforo e de cálcio no solo e seus efeitos sobre o desenvolvimento inicial do milho. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.17, n.2, p.203-209, mai/ago. 1993.

- SOBRAL, A.F. e GUHVARÃES, V.O.S. Relação entre a toxidez do alumínio e a produção de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Pesq. Agropec. Brasileira**, v. 27, n.2, p.287-292, fev. 1992.
- SOBRAL, A.F.; LIMA, S.M.A.; MELO, P.L.P. 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.34-38.
- VARGAS, J.T.D. Efeito na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) da aplicação de calcário como corretivo e adubo em solo de cerrado. Piracicaba, 1981. 94p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- VITTI, G.C.; MAZZA, J.A.; PEREIRA, H.S.; DEMATTÊ, J.L.I.; SISTE, M. Efeitos do calcário e do gesso nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico e na produtividade de três cortes da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXV, Viçosa, 1995. **Anais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. vol II, p.1086-1088.
- YOON, C.N. Growth studies on sugarcane : I. Dry matter production. **The Malaysian Agricultural Journal**, v. 48, n.2, p.47-59, jul. 1971.
- ZMIBELLO JR., E. e ORLANDO F.º, J. **Adubação da cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil**. Piracicaba: Planalsucar, 1983. p.26. (Boletim Técnico, 3).
- ZOTARELLI, E.M.N. Gesso e calcário em cana-de-açúcar cultivada em areia quartzosa. Piracicaba, 1992. 75p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.