

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar

Halan Vieira de Queiroz Tomaz

**Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre em Ciências. Área de
concentração: Fitotecnia**

**Piracicaba
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Halan Vieira de Queiroz Tomaz
Engenheiro Agrônomo

Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar

Orientador:
Prof. Dr. **EDGAR FERREIRA GOMES DE
BEAUCLAIR**

**Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre em Ciências. Área de
concentração: Fitotecnia**

**Piracicaba
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Tomaz, Halan Vieira de Queiroz

Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar / Halan Vieira de Queiroz Tomaz. - - Piracicaba, 2009.
93 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Adubação 2. Cana-de-açúcar 3. Fertilizantes fosfatados I. Título

CDD 633.61
T655f

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Quero agradecer muito aos meus pais, **Antonio Tomaz da Silva Neto** e **Irene Vieira de Queiroz Tomaz**, por sempre me apoiarem nessa jornada de forma incondicional. Tenho absoluta certeza de que estão muito orgulhosos de mais uma conquista de um dos seus filhos. Obrigado!

Aos meus irmãos, **Helen Vieira** e **Halen Vieira**, por sempre me ajudarem no que fosse possível e impossível, e hoje também sou muito grato a eles. Sei também que estão muito felizes com esse momento.

E você, querida **Amélia...** Minha namorada, que juntos tentamos tanto superar essa distância, que, aliás, persiste desde o início do nosso namoro. Mas tenho certeza de que seremos recompensados, e é pensando nisso que tenho forças para enfrentar os obstáculos da vida. Assim agradeço a sua compreensão.

DEDICO & OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter ajudado na conquista de mais um desafio e que ajudará na de tantos outros;

Ao meu orientador, prof. Dr. Edgar Beauclair, que desde o início depositou confiança em mim e por ter repassado tantos ensinamentos e conselhos durante esse tempo;

Ao professor Dr. Marcos Bernardes, que aceitou meu auxílio em sua disciplina e pelo apoio nessa minha jornada;

À Dra. Raffaella Rossetto, por ter se disponibilizado a participar da Banca de avaliação;

À professora Dra. Sônia Maria de Stefano Piedade, do Departamento de Ciências Exatas, pela ajuda nas análises estatísticas;

Aos professores Maria Auxiliadora, João Weine, Porto Filho e Glauber Nunes, que sempre me receberam muito bem nas visitas em que fazia quando de volta a Mossoró/RN. Além de diversos conselhos profissionais e também para a vida que sempre me deram;

Não poderia deixar de esquecer o Dr. Carlos Henrique, Usina Miriri/PB, que sempre me ajudou, e quem de fato abriu para mim as portas para mim nessa caminhada. Além de ser sempre solícito aos meus pedidos;

A ESALQ/USP, pela oportunidade de realização deste curso, e ao CNPq pela concessão da bolsa;

Ao Rafael Assis pela ajuda na tradução do Resumo e ao Tiago Tezotto pela revisão;

À Luciane Aparecida Lopes Toledo, secretária do programa de pós-graduação em Fitotecnia, pela sua atenção e ser sempre prestativa com os alunos;

Aos colegas que fiz na Sala 7 (salinha), Ana Paula, Adriene, Carlos, Guy, Paula, Priscila, Rafael, Tiago e Tzarli, por esses anos de amizade e companheirismo que compartilhamos;

Ao mineiro Rafael (jovinho) que nesses dois anos compartilhamos muitas conversas e nos divertimos muito... Desde as mais interessantes e relevantes até as mais bobas e inúteis;

Aos funcionários do Setor de Agricultura do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP – Seu Tino, Silvia e Gustavo – por serem sempre prestativos com as solicitações;

À Usina Rio Vermelho pela colaboração ao experimento e ao Eng. Agrônomo Airton Romanini e o técnico agrícola Danilo, que sempre me deram atenção nos momentos em que precisei de ajuda e na coleta dos dados;

À Empresa Coimma, em nome do senhor Laerte, pelo empréstimo de equipamentos para a realização da colheita da cana;

Ao Carlos Ponchio pelo fornecimento da fonte de fósforo Salmec;

Aos professores das disciplinas da UFERSA e da ESALQ em que fui aluno, por terem contribuído para minha formação profissional;

À Silvia Maria Zinsly, da Seção de Referência da Biblioteca, pela atenção dada nas revisões das normas;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desse trabalho;

A toda minha família que de alguma forma colaboraram para que esse momento fosse realizado, e tenho certeza que estão muito felizes e orgulhosos por esse momento;

Enfim, a **Rosália Amélia**, minha namorada, que sempre me confortou nos momentos difíceis e a quem sempre compartilho alegrias e tristezas.

**A todos vocês, muito
OBRIGADO!!!**

“Jamais desista daquilo que você realmente quer fazer. A pessoa que tem grandes sonhos é mais forte do que aquela que possui todos os fatos.”

H. Jackson Brown

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	15
LISTA DE TABELAS.....	17
LISTA DE FIGURAS.....	19
LISTA DE EQUAÇÕES.....	21
1 INTRODUÇÃO.....	23
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	25
2.1 Importância da cultura.....	25
2.2 A cana-de-açúcar no cenário atual.....	26
2.3 O fósforo.....	28
2.4 Absorção e utilização do fósforo pela cana.....	29
2.5 Fontes de P.....	30
2.6 Formas de aplicação.....	36
2.7 Vinhaça.....	40
2.8 Rotação de culturas.....	42
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1 Localização e clima.....	45
3.2 Solo.....	46
3.3 Cultivar.....	47
3.4 Instalação e condução do experimento.....	47
3.5 Delineamento experimental.....	50
3.6 Análise estatística.....	53
3.7 Parâmetros avaliados.....	54
3.7.1 Produção de colmos.....	54
3.7.2 Características tecnológicas.....	55
3.7.2.1 Teor de sólidos solúveis (°Brix em %)......	55
3.7.2.2 Sacarose: Pol do caldo corrigida.....	56
3.7.2.3 Fibra industrial da cana e umidade.....	58
3.7.2.4 Pureza do caldo extraído.....	58

3.7.2.5 Açúcares reductores cana.....	59
3.7.2.6 Açúcar teórico recuperável cana (ATR).....	60
4 RESULTADOS.....	63
4.1 Dados de produção nas parcelas.....	63
4.1.1 Primeira colheita.....	63
4.1.2 Segunda colheita e terceira colheita.....	64
4.1.3 Média das 3 colheitas.....	67
4.2 Dados de produção nas sub-parcelas.....	67
4.2.1 Primeira colheita.....	69
4.2.2 Segunda colheita.....	73
4.2.3 Terceira colheita.....	76
4.2.4 Média das 3 colheitas.....	77
4.3 Dados das análises tecnológicas nas parcelas.....	78
4.4 Dados das análises tecnológicas nas sub-parcelas.....	79
5 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	85

RESUMO

Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar

O objetivo deste trabalho foi verificar qual o sistema mais eficiente de aplicação e fornecimento de fósforo como nutriente para produção de cana, enfatizando formas de aplicação (fosfatagem) determinando a dose a ser utilizada e a fonte mais eficiente na disponibilização do fósforo ao longo dos anos. O experimento foi instalado na Usina Rio Vermelho, localizada ao oeste do Estado de São Paulo, na cidade de Junqueirópolis. As médias anuais de temperatura e precipitação pluviométrica são de 23,4°C, 1.263 mm, respectivamente. A variedade utilizada foi a SP 89-1115. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas (split-plot), com quatro repetições. As parcelas eram compostas por duas doses (100 e 200 kg ha⁻¹), três formas de aplicação (sulco de plantio, área total e dividido 50% no sulco e 50% em área total) e mais a testemunha como tratamento adicional. As sub-parcelas foram compostas por cinco fontes de fósforo (Salmec, rocha fosfática nacional (Araxá), rocha fosfática importada (Arad), fosfato solúvel (Super triplo), e uma combinação Salmec + ST. Realizou-se a avaliação da produção nos três anos de experimento, e no terceiro corte da cana foram avaliadas as características tecnológicas do colmo. As aplicações de fósforo no plantio produziram efeitos positivos no primeiro corte independente da fonte e forma de aplicação, e não foram suficientes para causar efeitos nas produtividades dos cortes subsequentes. Como não houve diferença entre formas de aplicação, a aplicação no sulco de plantio tem maior retorno econômico. O uso da fonte alternativa Salmec é viável e foi mais vantajoso economicamente que outras fontes de P. Não há necessidade de aplicação de doses elevadas (200 kg P₂O₅ ha⁻¹) sem controle de fatores limitantes. Para as características tecnológicas, os tratamentos não foram suficientes para causar diferenças significativas.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; Adubação; Fosfatagem; Fósforo parcialmente solúvel

ABSTRACT

Sources, rates and forms of phosphorus application in sugar cane

The objective of this work was to get the most efficient system to supply phosphorus as a nutrient for sugarcane production, prioritizing the application and use of phosphate as well as determine the rate to be used and which source is more efficient in the phosphorus supply over the years. The experiment was installed in the Rio Vermelho sugar cane plant, located west of the State of Sao Paulo at Junqueirópolis. The average annual temperature and precipitation were 23.4°C and 1263 mm, respectively. The variety used was SP 89-1115. The experimental design was randomized blocks with split-plots and four replications. The plots were composed by two rates (100 and 200 kg ha⁻¹), and three application methods (furrow, total area and half furrow and half total area) and additional treatment without application. The internal plots were consisted by five sources of phosphorus (Salmec, Araxá phosphate rock, Arad phosphate rock, triple superphosphate (TSP), and the combination of Salmec + TSP. In the three years of the experiment was made the evaluation of production, and the third year were evaluated the technological characteristics. The phosphorus applications at planting had positive effect on yields on first harvest, without effect the source or application methods, and were not sufficient to cause effects on the subsequent yields. There was no difference between those forms of application and to provide the phosphate in the furrow has greater economic return. The use of Salmec as an alternative source is viable, and more economically advantageous than other phosphorus sources. There is no need to provide rates above 200 kg P₂O₅ ha⁻¹, without the control of limiting factors. For the technological characteristics, the treatments were not sufficient to show significant differences.

Keywords: *Saccharum* spp.; Fertilization; Phosphate; Partial soluble P

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fertilizantes fosfatados e sua composição química.....	35
Tabela 2 - Influência do modo de aplicação de fósforo na produtividade da cana	39
Tabela 3 - Caracterização química da vinhaça.....	41
Tabela 4 - Análise química do solo onde foi instalado o experimento. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	47
Tabela 5 - Composição física do solo do local do experimento. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	47
Tabela 6 - Parcelas, constituídas por doses e formas de aplicação. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	51
Tabela 7 - Sub-parcelas, constituídas pelas fontes de fósforo. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	51
Tabela 8 - Composição média da fonte de fósforo Salmec®.....	52
Tabela -9 Esquema da análise de variância para as parcelas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	54
Tabela 10 - Esquema da análise de variância em fatorial para as sub-parcelas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009...	54
Tabela 11 - Resumo da análise de variância para as colheitas da cultura da cana-de-açúcar. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	63
Tabela 12 - Resumo da análise de variância para as colheitas da cultura da cana-de-açúcar. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	68
Tabela 13 - Médias do desdobramento da interação Doses x Fontes para a produtividade da cana-de-açúcar no primeiro ano. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	71
Tabela 14 - Médias do desdobramento da interação Doses x Formas para a produtividade da cana-de-açúcar no segundo ano. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	74

Tabela 15 - Resumo da análise de variância das parcelas para as análises tecnológicas da cana-de-açúcar no terceiro corte. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	78
Tabela 16 - Resumo da análise de variância das sub-parcelas para as análises tecnológicas da cana-de-açúcar no terceiro corte. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Sistema radicular da cana-soca estabelecido.....	38
Figura 2 -	Dados climáticos das médias de temperatura máxima, mínimas e precipitação pluviométrica. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	45
Figura 3 -	Precipitação pluviométrica durante os anos de experimento. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009...	46
Figura 4 -	Operação de cultivo tríplice. A – distribuição do fertilizante; B – escarificação; C – gradagem; D – aplicação de herbicidas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	48
Figura 5 -	Colheita manual. Marcação das parcelas com estacas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	49
Figura 6 -	Pesagem das parcelas. Em detalhe, visor digital da balança no braço da carregadeira. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	50
Figura 7 -	Croqui de um bloco. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	52
Figura 8 -	Croqui de uma parcela. Em detalhe a área útil de uma sub-parcela. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009...	53
Figura 9 -	Amostra de cana para realização de análises tecnológicas em laboratório. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	55
Figura 10 -	Comparação da redução da produtividade da testemunha com as médias dos tratamentos para as três colheitas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	66
Figura 11 -	Médias de produtividades das fontes de fósforo nos 3 anos de experimento. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009.....	70

- Figura 12 - Médias de produtividades das fontes de fósforo dentro da dose 100 e 200 no primeiro corte. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009..... 72
- Figura 13 - Médias de produtividades das formas de aplicação dentro da dose 100 e 200 no segundo corte. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009..... 75

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Sólidos solúveis (°Brix em %)	56
Equação 2 - Sacarose: Pol do caldo extraído (%)	56
Equação 3 - Leitura sacarimétrica corrigida	57
Equação 4 - Pol da cana corrigida (%)	57
Equação 5 - Fibra industrial na cana	58
Equação 6 - Pureza do caldo extraído	58
Equação 7 - Teor de açúcares redutores totais	59
Equação 8 - Açúcares redutores do caldo (%)	59
Equação 9 - Açúcar teórico recuperável cana (ATR)	60
Equação 10- Fator de correção	60

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é hoje o maior produtor mundial de cana, com mais de 700 milhões de toneladas na safra 2008/2009, em uma área de 8,9 milhões de hectares, o que representa apenas 2,3% da área agrícola do País (CONAB, 2009). Os bons números e o aprimoramento tecnológico permitem que o País seja também o maior exportador mundial de açúcar, respondendo sozinho por 45% de todo o produto comercializado no mundo. Na fabricação de etanol, que utiliza aproximadamente 1% da área agricultável do País e 57% da área plantada com cana, o Brasil também ocupa liderança nas exportações e compartilha, com os Estados Unidos (EUA), a posição de maior produtor mundial.

Em razão do potencial do mercado sucroalcooleiro no Brasil, a cana-de-açúcar não é tratada apenas como mais um produto agrícola nacional, mas como a mais importante fonte de biomassa energética.

Fato este, deve-se ao fato de que no final de 2002 o Governo regulamentou a comercialização dos carros flex-fuel e logo no início de 2003 foi apresentado ao mercado o primeiro carro flexível em combustível. Desde então a maioria das montadoras instaladas no Brasil começaram a produzir carros bi-combustíveis, e hoje, apenas 6 anos após o lançamento do primeiro carro com essa tecnologia, a venda desses carros já correspondem a mais de 90% de automóveis 0 km (Fonte: ANFAVEA).

O setor sucroalcooleiro responde por cerca de 1 milhão de empregos, dos quais 511 mil diretamente envolvidos na produção de cana-de-açúcar e o restante distribuído na cadeia de processamento de açúcar e etanol. Isso representa 6% dos empregos na agroindústria nacional (CNA, 2009).

O potencial de produção e o papel fundamental da cana-de-açúcar e de seus subprodutos – açúcar, etanol e energia elétrica, entre outros –, tanto na agricultura quanto na indústria, fazem dessa cultura uma das mais importantes atividades da agroindústria nacional.

Em cana-de-açúcar o P assume grande importância no vigor do enraizamento e no perfilhamento (CLEMENTS, 1980; MALAVOLTA et al., 1967) e, portanto, na produtividade final.

De acordo com diversos autores, dentre eles Malavolta (2006), sem dúvida, trata-se do nutriente que mais limita a produção vegetal no Brasil e, a elevação de sua disponibilidade, de forma a vencer a barreira imposta pela “fome do solo” por este nutriente, é um dos grandes desafios no manejo da fertilidade do solo.

O fósforo também tem a propriedade de aumentar a eficiência da utilização de água pela planta, bem como a absorção e a utilização de outros nutrientes, venha eles do solo ou do adubo, contribuindo para aumentar a resistência da planta a algumas doenças, a suportar baixas temperaturas e a falta de umidade (KORNDÖRFER, 2004).

É bastante reportada na literatura que a maioria das rochas fosfáticas brasileiras, quando aplicadas diretamente ao solo, tem baixa eficiência agrônômica devido à origem ígnea das mesmas, havendo, portanto, a necessidade de tratamento para aumentar a solubilidade e, conseqüentemente a eficiência (GOEDERT e LOBATO, 1980). Para tal, a técnica mais amplamente utilizada é a solubilização de concentrados apatíticos com ácidos, principalmente com ácidos sulfúrico e fosfórico, levando à produção dos superfosfatos, muito utilizados na agricultura brasileira (90% dos fosfatos utilizados).

De acordo com Lana et al. (2004), a baixa eficiência das adubações fosfatadas evidencia a necessidade de novos métodos de adubação no que diz respeito a fontes, épocas de aplicação e localização do adubo.

Logo, a eficiência do P aplicado varia de acordo com os tipos de fertilizantes fosfatados (ERNANI e BARBER, 1991), o método de aplicação (ANGHINONI, 1992) e com a qualidade aplicada (ERNANI et al., 2000). Deste modo, a pesquisa foi fundamentada na hipótese de que a aplicação de fósforo no sulco possa trazer maior eficiência de absorção com retorno na produtividade e menores custos de aplicação em comparação com as aplicações realizadas em área total. A hipótese de que possa haver uma interação entre as formas de aplicação e fontes também foi avaliada.

Portanto, o objetivo deste trabalho é obter o sistema mais eficiente de aplicação e fornecimento de fósforo como nutriente da produção de cana, enfatizando aplicação e uso de fosfatagem assim como determinar a dose a ser utilizada e qual fonte é mais eficiente na disponibilização do fósforo ao longo dos anos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da cultura

Segundo a nova classificação da cana-de-açúcar, sugerida por Cronquist (1981), esta pertence à família Poaceae, gênero *Saccharum* e que abrange diversas espécies, como a *S. spontaneum* L., *S. sinnensis* R., *S. robustum* J., *S. barberi* J. e *S. officinarum*. Atualmente, as variedades cultivadas comercialmente são todas híbridas de várias espécies e que se tenta combinar diversas características agronômicas, como: resistência a fatores bióticos e abióticos, qualidade nas características tecnológicas, suportar cada vez mais o intenso tráfego de máquinas, entre outros.

Em relação ao centro de origem dessas espécies, há bastante divergência entre os autores, mas as regiões mais citadas são a Índia, as ilhas do Arquipélago da Polinésia e a Nova Guiné. O local exato ainda é incerto, mas acredita-se que seja nativa do sudeste da Ásia (VAN DILLEWIJN, 1952; ROACH e DANIELS, 1987).

Segundo Corrêa (1926), as primeiras canas foram introduzidas aqui no Brasil em 1502, onde foram trazidas mudas originárias da Ilha da Madeira. Naquela época os colonizadores optavam pelo extrativismo da madeira e a descoberta de minas de ouro e prata. Somente em 1532, Martim Afonso de Souza teve a primeira iniciativa de trazer mudas de cana-de-açúcar, sendo essas as precursoras do cultivo comercial nas Capitâneas.

A partir daí a cultura só passou realmente a ter grande expressão no Brasil na década de 70, onde em 1971 o Governo Federal decreta a criação do Programa Nacional de Melhoramento da cana-de-açúcar ligado ao IAA (IAA/PLANALSUCAR). A COPERSUCAR e PLANALSUCAR dão um grande impulso à produção canavieira nacional, através da criação de novas variedades, novas técnicas culturais de produção e novas técnicas industriais (RIDESA, 1995).

Em 1973, as constantes elevações no preço do barril de petróleo desencadearam o que ficou caracterizado como a “Crise Energética” ou o “1º Choque do Petróleo”. Os preços do petróleo continuaram sua escalada até que, no período 1979/81, ficou caracterizado o “2º Choque do Petróleo” (ITURRA, 2004).

Em face disso, em novembro de 1975, por meio do Decreto nº 75.593, o Governo Federal cria o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), que posteriormente foi modificado e aperfeiçoado através do Decreto nº 83.700 editado em julho de 1979, dando início a maiores produções de álcool (3,4 bilhões de litros) e quando a indústria automobilística inicia a produção de veículos exclusivamente a álcool (álcool hidratado) (RUIZ, 2006).

O Programa começou a ruir por dois fatores: o preço internacional do petróleo baixava, tornando o álcool combustível pouco vantajoso tanto para o consumidor quanto para o produtor e para agravar o problema, o preço do açúcar começou a aumentar no mercado internacional, fazendo com que fosse muito mais vantajoso para os usineiros produzir açúcar no lugar do álcool. Diante disso, começou a faltar regularmente álcool combustível nos postos. Com sucessivas crises de desabastecimento, aliadas ao maior consumo do carro a álcool e o menor preço da gasolina, levaram o Proálcool a descrença geral por parte dos consumidores e das montadoras de automóveis (RUIZ, 2006).

No final de 2002 o Governo regulamentou a comercialização dos carros flex-fuel e logo no início de 2003 uma montadora apresentou ao mercado o primeiro carro flexível em combustível. Desde então a maioria das montadoras instaladas no Brasil começaram a produzir carros bi-combustíveis, e hoje, apenas 6 anos após o lançamento do primeiro carro bi-combustível, os carros equipados com motores flex já correspondem 90% das vendas de automóveis 0 km.

2.2 A cana-de-açúcar no cenário atual

De acordo com os dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), o agronegócio movimenta 458 bilhões de reais por ano, o que representa um terço do PIB, gera 17,7 milhões de empregos, o equivalente a 37% da População Economicamente Ativa (PEA).

O crescimento do setor sucroalcooleiro ao longo desses anos é visivelmente grande, onde na safra 2008/09 o Brasil plantou 8,9 milhões de ha, superando a anterior em 25,3%, onde se plantou 7,08 milhões de hectares. A produção nessa safra foi de

710 milhões de toneladas, sendo 240,9 destinados a produção de açúcar e 317,8 destinados a produção industrial de álcool (anidro e hidratado). O restante dessa produção é destinado para a produção de aguardente, álcool etílico, para alimentação animal e outros subprodutos. Quando comparada a safra anterior, que obteve uma produção de 559,43 milhões de toneladas, o aumento foi de 26,9%. Já a produtividade teve apenas um leve aumento, passando de 79.012 kg ha⁻¹ para 79.072 kg ha⁻¹ (CONAB, 2009).

A produção de açúcar nessa safra atingiu o volume de 31,3 milhões de toneladas, sendo 21,1 milhões de toneladas exportadas. Já a produção de álcool atingiu a marca de 27,6 bilhões de litros (anidro e hidratado), mas só conseguimos exportar 4,7 bilhões de litros. O nosso consumo atingiu a marca de 19,6 bilhões de litros, verificando assim que não estamos totalmente aptos a grandes demandas de álcool combustível para abastecimento de outros países (MAPA, 2009).

De acordo com o levantamento da Conab (2009), um fato bastante relevante que foi detectado está no volume de chuva mais intensa que o normal na região Centro-Sul, particularmente no segundo semestre de 2009. Com uma quantidade de chuvas acima do normal nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, que são os meses onde o ritmo da moagem é mais intenso e também o período em que a cana oferece grande concentração de sacarose, afeta o andamento da moagem devido ao tempo de interrupção da colheita bem como reduz o teor médio de ATR da planta e, conseqüentemente, a produção de açúcar e álcool e dos subprodutos. Com estas dificuldades existe a chance de que não haja tempo suficiente para processar toda a cana madura e uma quantidade significativa dessa matéria-prima pronta para o corte remanesça para a próxima safra.

Outra questão a ser levantada é a tendência de aumento da destinação do caldo da cana para a fabricação de açúcar em detrimento da produção de álcool. Como a maior parte de nossas unidades de produção é do tipo mista, e capazes de produzir açúcar e álcool, elas têm a alternativa de combinar a produção de modo a maximizar sua receita. Esse procedimento está vinculado aos excelentes preços do açúcar no mercado internacional, que proporcionou um expressivo aumento no preço de venda desse produto. Por esse motivo, na região Centro-Sul, a participação da cana destinada

à fabricação de açúcar no total a ser processado na safra, deverá passar dos 40,6% observado na safra passada, para 43,4% na safra atual (CONAB, 2009).

Convém também observar que estes resultados representam um importante instrumento de gestão das políticas públicas do Governo Federal, particularmente no que se refere ao álcool combustível (etanol), cujo crescimento do consumo doméstico e das exportações exige constante acompanhamento para facilitar o funcionamento regular dos mercados e prevenir a eventualidade de crises de oferta ou demanda.

2.3 O fósforo

O fósforo (P) é um importante macronutriente, constituindo cerca de 0,2% do peso seco das plantas e depois do nitrogênio, é o macronutriente que mais limita o crescimento dos vegetais, por promover a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, exercendo função-chave no metabolismo da cana-de-açúcar, particularmente em formação de proteínas, processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir do ATP e formação de sacarose. E durante o processo de metabólico, o composto glucose-1-fosfato junta-se com a frutose para formar a sacarose, matéria-prima para a produção de açúcar e álcool (ALEXANDER, 1973).

O fósforo tem a propriedade de aumentar a eficiência da utilização de água pela planta, bem como a absorção e a utilização de outros nutrientes, venha eles do solo ou do adubo, contribuindo para aumentar a resistência da planta a algumas doenças, a suportar baixas temperaturas e a falta de umidade (KORNDÖRFER, 2004).

O fósforo adsorvido pelas plantas vem da solução do solo, mas apenas pequenas quantidades dele estão presentes na solução. A principal forma química é o íon ortofosfato (H_2PO_4^-). Existe um equilíbrio químico entre as formas de fósforo em solução e fracamente ligadas aos minerais do solo e matéria orgânica (P lábil). Assim que o fósforo é retirado da solução do solo, vai sendo reabastecido de maneira a manter o equilíbrio. Com o passar do tempo, formas mais estáveis de fósforo são formadas, aumentando o “pool” de P não-lábil. O pH do solo influencia a forma química

do fósforo que estará na solução e também a eficiência de utilização do fósforo pelas plantas (RAIJ, 1991).

A disponibilidade de fósforo é controlada pela força iônica, pH baixo, concentração de fósforo e metais (Fe, Al e Ca), e ânions competitivos e/ou ácidos orgânicos. Além destes fatores, as reações que controlam as quantidades de P iônico na solução do solo incluem a dissolução/precipitação de minerais carreadores de P, adsorção/desadsorção do fosfato das superfícies do solo e a hidrólise da matéria orgânica (MALAVOLTA, 1980; HINSINGER, 2001).

2.4 Absorção e utilização do fósforo pela cana

Nas adubações, o fósforo (P) é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas. É comum observar-se aproveitamento por culturas anuais da ordem de 10% do P aplicado como fertilizante. Além disso, as quantidades aplicadas em geral superam muito a extração pelas culturas, diferindo, neste aspecto, do nitrogênio e do potássio (RAIJ, 1991).

Hartt e Burr verificaram para cana-de-açúcar que a deficiência em fósforo aos dois meses de idade diminuiu a atividade fotossintética mais que o nitrogênio ou o potássio. Embora a quantidade total de fósforo no solo possa ser relativamente alta, na maioria das vezes este não se encontra em sua forma lábil ou ao alcance da rizosfera. Cerca de 80% do total do P iônico aplicado no solo torna-se indisponível, sendo imobilizado, adsorvido e/ou acaba adquirindo uma forma orgânica (Holford, 1997).

Além dos baixos teores de fósforo no solo, a correção do mesmo envolve alta competição entre solo (fixação) e planta (absorção). O fósforo é absorvido pelas plantas na forma $H_2PO_4^-$ principalmente pelo processo de difusão. As principais consequências da fosfatagem são: maiores volumes de P em contato com o solo (maior fixação), maior volume de solo explorado pelas raízes, maior absorção de água e nutrientes, melhor convivência com pragas do solo e aumento da produtividade (VITTI e MAZZA, 2006).

Em cana-de-açúcar o P assume grande importância no vigor do enraizamento e no perfilhamento (CLEMENTS, 1980; MALAVOLTA et al., 1967) e, portanto, na produtividade final.

O sintoma de deficiência mais importante é o baixo crescimento da planta. A formação das folhas também é afetada, sendo que mais velhas apresentam-se com tom arroxeadas, mais estreitas e curtas, prejudicando assim a quantidade de clorofila. Ocorre baixo perfilhamento, menor altura e engrossamento dos colmos, menor diâmetro e encurtamento dos entrenós (ESTEVEES, 1986).

As características tecnológicas da cana e a presença do fósforo no caldo exercem influência no processo de clarificação. Caldos com baixo teor de fósforo são de difícil floculação, prejudicando a decantação das impurezas. Essas por sua vez, irão produzir açúcar de pior qualidade e de menor valor econômico. Durante o processo de clarificação do caldo, o fósforo reage com o hidróxido de cálcio para a formação de fosfato tricálcico, o qual, ao flocular e sedimentar, arrasta impurezas que ficam no fundo do decantador (KORNDÖRFER, 2004).

Segundo Stupiello (1987), quanto maior o teor de fósforo nativo no solo, maior a concentração de fósforo no caldo. Entretanto, não é econômico almejar o aumento do fósforo no caldo aplicando fertilizante fosfatado no plantio da cana. Embora possa ocorrer, o fósforo na adubação deve ser aplicado visando ao aumento de produtividade (Korndörfer, 2004).

2.5 Fontes de P

As principais fontes de P podem ser divididas em: a) fosfatos naturais (rocha fosfática moída; reatividade/eficiência agronômica variável dependendo de fatores ligados a mineralogia da rocha); b) termofosfatos (processo térmico; consumo de elevada quantidade de energia); c) fosfatos totalmente acidulados (acidulação total); d) fosfatos alternativos (parcialmente acidulados, compactados entre outros) (PROCHNOW, 2003). Dentre as opções de fontes de fósforo hoje no mercado, os fosfatos totalmente acidulados ocupam posição de destaque, com maior quantidade comercializada. Isso ocorre por sua elevada quantidade de P considerado disponível para as plantas. A eficiência dos fosfatos naturais está relacionada principalmente com os seguintes fatores: origem, tamanho das partículas, propriedades do solo, modo de aplicação, preparo do solo e espécie vegetal (VITTI e MAZZA, 2006).

Os fosfatos naturais, também conhecidos como fosfatos de rocha, englobam diversos minerais fosfatados que podem ter origem ígnea, sedimentar ou metamórfica. São obtidos diretamente das jazidas e podem ou não sofrer processamento industrial.

Os fosfatos brasileiros são de origem ígnea, como o de Catalão, Jacupiranga, Patos de Minas e Araxá, com estrutura cristalina muito estável, baixíssima solubilidade em água e solubilidade em ácido cítrico menor que 5%. A eficiência de fornecimento de fósforo dessas fontes para as plantas é muito baixa e é favorecida por condições de acidez do solo. Por essa razão, os fosfatos naturais devem ser aplicados ao solo antes da calagem. Maior eficiência de fornecimento de fósforo desses fosfatos ocorrerá em solo ácido, com baixo teor de cálcio.

De acordo com Lana et al. (2004), a baixa eficiência das adubações fosfatadas evidencia a necessidade de novos métodos de adubação no que diz respeito a fontes, épocas de aplicação e localização do adubo.

Os fosfatos de origem sedimentar possuem geologia complexa e variada, podendo ser detríticos, precipitados químicos ou conter quantidades significativas de apatita fóssil (orgânica). Os minerais predominantes são apatitas com rede cristalina e alto grau de substituições isomórficas de fosfato e carbonato, o que torna o cristal mais suscetível à solubilização. São muitas vezes identificados como francolitas e fosforitas (KLIEMANN e LIMA, 2001).

São encontrados nas regiões secas e desérticas, como Tunísia (Gafsa), Israel (Arad), Djebel-Onk, EUA (Carolina do Norte) e Marrocos (Daoui). Esses fosfatos têm solubilidade baixíssima em água e a solubilidade em ácido cítrico ao redor de 10%, o que indica maior eficiência como fonte de fósforo para as culturas. Por ter baixa solubilidade em água, da mesma forma que os fosfatos naturais, os fosfatos reativos também se mostram mais eficientes quando aplicados em solos ácidos com baixo teor de cálcio (RHEINHEIMER; GATIBONI; KAMINSKI; 2001). Entretanto vários autores recomendam o uso de fosfatos reativos após a calagem (ALVAREZ; ARRUDA; WUTKE, 1965; VITTI E MAZZA, 2002).

Os fosfatos de rocha são a matéria-prima para a produção dos fertilizantes solúveis em água, e o processamento industrial prevê a quebra da estrutura cristalina mediante a ação de ácidos fortes, como o ácido sulfúrico na fabricação do superfosfato

simples e ácido fosfórico na fabricação do superfosfato triplo ou na elevação da temperatura na fabricação dos termofosfatos. A reação dos fosfatos naturais com amônia produz os fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP), com alta concentração de nutrientes, vantajoso para transporte a longas distâncias.

Mesmo em se considerando a cana-de-açúcar cultura semi-perene, o desempenho dos fosfatos solúveis, inclusive o termofosfato e o multifosfato magnesiano, supera o dos fosfatos naturais (nacionais). A adubação fosfatada praticamente não apresenta influência na qualidade da cana (ORLANDO FILHO; MACEDO; TOKESHI; 1994).

Os fosfatos solúveis em água mais comumente utilizados são o superfosfato simples (SS), o superfosfato triplo (ST) e os fosfatos de amônio (MAP e DAP) são amplamente utilizados como fonte padrão de fósforo em experimentos que avaliam a eficiência agrônômica relativa de fontes de P (BOLAN; WHITE; HEDLEY, 1990).

Por causa do tratamento da rocha fosfática com ácido sulfúrico, o SS é uma mistura de fosfato monocálcico com gesso. Assim, uma fosfatagem corretiva com esta fonte, indiretamente, promove gessagem parcial ou total, dependendo do tipo de solo. Contém em torno de 18% de P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio mais água (CNA + água), dos quais cerca de 90% é solúvel em água. Em adição, apresenta cerca de 12% de enxofre e 26% de CaO. Podem ser citadas como principais vantagens desse produto: fornece, além do fósforo, cálcio e enxofre; há formação do gesso agrícola como resíduo, que pode corrigir áreas sódicas e melhorar o ambiente radicular em profundidade; e apresenta elevada solubilidade em água (VITTI; WIT; FERNANDES, 2003).

Já os termofosfatos são definidos como fertilizantes resultantes do tratamento térmico de rochas fosfatadas, com ou sem adição de outros materiais (silicato de magnésio), visando converter o fósforo de modo que se torne disponível às plantas. No caso do termofosfato magnesiano é necessária a adição de componentes magnesianos e silícicos (VITTI; WIT; FERNANDES, 2003). Esses componentes, como é o caso dos silicatos, concorrem para diminuir a fixação do fósforo solubilizado por competirem com os fosfatos pelos sítios de adsorção, contribuindo para a manutenção do P adsorvido em sua forma lábil.

Prado e Fernandes (2001) avaliaram o efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. Portanto, conduziram o experimento com a finalidade de isolar o efeito do pH do efeito do silicato. A aplicação da escória de siderurgia incrementou os níveis de P disponível do solo de maneira linear, ao passo que a aplicação do calcário não apresentou uma relação significativa, tanto aos 12 como aos 24 meses após a aplicação.

A maioria das pesquisas desenvolvidas no Brasil com a escória analisou apenas seu efeito corretivo e como fonte de alguns nutrientes presentes na sua constituição, entretanto são escassos os trabalhos que avaliaram o efeito destes resíduos no P disponível do solo. Tratando-se de um produto conhecido como corretivo de acidez, torna-se difícil afirmar se os ganhos na redução da adsorção do P são uma ocorrência apenas do incremento do pH ou do efeito do silicato em deslocar ou saturar os sítios de adsorção de P do solo (PRADO e FERNANDES, 2001).

Para Smyth e Sanchez (1980), a maior eficiência da escória sobre o calcário no aumento do P disponível do solo deve-se mais ao efeito do silicato contido na escória, exercendo uma competição dos ânions de silicato com o P pelos mesmos sítios de adsorção, do que ao efeito do pH propriamente dito. Do mesmo modo Lopes (1977) observa que o aumento do P disponível do solo não está na capacidade de troca dos ânions silicato pelo fosfato no solo e, sim, na saturação ou bloqueio destes sítios de adsorção de P pelo ânion silicato.

Entretanto, estas hipóteses contradizem Baldeón (1995), que ressaltou que o efeito do silicato no aumento do P disponível ocorre principalmente por influência da elevação do pH.

Porém, o zinco tem sido pouco estudado, enquanto micronutriente importante para a cultura. Segundo Andreis (1975), apud Orlando Filho; Zambelo Junior e Haag (1980), em cada tonelada de colmos de cana-de-açúcar são exportados 2,3 g de zinco. Anderson e Bowen (1992) afirmam que resultados positivos, inclusive com efeitos residuais, têm sido obtidos com a aplicação de 7 kg ha^{-1} de Zn, na forma de sulfato de zinco.

O zinco afeta diretamente o crescimento das plantas, pois ele é essencial para a síntese do triptofano, que é o precursor do ácido indolacético (AIA), que irá formar as enzimas responsáveis pelo alongamento e crescimento celular. Este micronutriente também está envolvido na ativação de diversas enzimas (SOBRAL E WEBER, 1983; ORLANDO FILHO; ROSSETTO e CASAGRANDE, 2001; TAIZ e ZAIGER, 2004)

Por ser parcialmente móvel nas plantas os sintomas de sua deficiência aparecem primeiramente nas folhas mais novas das plantas. Plantas deficientes com zinco apresentam estrias cloróticas na lamina foliar, com excessão de faixas verde-escuras próximas à nervura central. Em casos mais severos, ocorre a necrose das folhas, a partir da ponta, encurtamento de internódios formando “carretéis”, perfilhamento reduzido a colmos mais finos que podem perder a turgidez. É comum também, a observação de manchas vermelhas em folhas de cana deficientes em zinco (TOKESHI, 1991; ORLANDO FILHO; ROSSETTO e CASAGRANDE, 2001; TAIZ; ZAIGER E SANTARÉM, 2004).

Lindsay (1972), citado por Santos et al. (2002), enfatiza que a solubilidade do zinco no solo é altamente dependente do pH, decrescendo cem vezes para cada aumento na unidade do pH. Esse resultado foi, também, apontado por Basta; Pantone e Tabatabai (1992), ao observarem que o pH exerce forte influência sobre a retenção dos metais no solo, sendo esta maior em pH mais elevado.

Na Tabela 1 está a composição química das fontes de fósforo disponíveis no Brasil.

Tabela 1 – Fertilizantes fosfatados e sua composição química

Fertilizante		P ₂ O ₅				Ca	Mg	S	N total
		Total	HCl	CNA + H ₂ O					
		----- % -----							
Hiperfosfato	Arad	33	10,5	-	-	37	-	1	-
Hiperfosfato	Gafsa	29	9	-	-	34	-	-	-
Hiperfosfato	Daoui	32	10	-	-	36	-	-	-
Fosfato natural	Patos	23	4	1,5	-	35	-	-	-
Fosfato natural	Araxá	36	5	2	-				
Fosfato natural	Catalão	37	2,5	0,5					
Superfosfato	Simplex	20	18	18	19	19	-	12	-
Superfosfato	Triplo	45	44	42	39	13	-	-	-
Termofosfato	MG (25% SiO ₂)	18	16,5	-	-	20	8	-	-
MAP		-	48	44	-	-	-	-	9
DAP		-	45	38	-	-	-	-	17

Fonte: ANDA. Adaptado: ROSSETTO et al., 2008.

Ao considerar a produção acumulada de vários cultivos após a aplicação, verifica-se que o desempenho de alguns fosfatos naturais pode equiparar-se ao das fontes mais solúveis. Isso se explica pelo fato de o P prontamente liberado dos fertilizantes solúveis passarem para formas menos disponíveis, enquanto os fosfatos naturais vão sendo solubilizados no decorrer do tempo (NOVAIS E SMYTH, 1999).

A eficiência de utilização do fósforo do fertilizante é baixa. São comuns utilizações pela cana de 10 a 15% do fertilizante aplicado. As doses de fósforo aplicadas nas adubações são bem maiores que as quantidades exportadas. Um dos fatores responsáveis pela baixa eficiência da adubação com fósforo nos solos tropicais

é o alto teor de óxidos de ferro e alumínio, que promovem a fixação do fósforo (ROSSETTO et al., 2008).

Bolland e Bowden (1982) relatam que as fontes de fósforo de elevada solubilidade em água são mais eficientes em curto prazo. Porém, é bastante reportado na literatura que essas fontes fosfatadas de elevada solubilidade, quando adicionadas aos solos tropicais ácidos, de alta capacidade de fixação de P, são rapidamente convertidas a formas indisponíveis às plantas, podendo ter sua eficiência diminuída ao longo do tempo (KORNDÖRFER; LARA-CABEZAS; HOROWITZ, 1999; GHOSAL et al., 2003).

2.6 Formas de aplicação

A forma de aplicação dos fertilizantes fosfatados é distinta entre os fosfatos considerados solúveis e aqueles insolúveis em água (RAIJ, 1991; LOPES e GUIMARÃES, 1992). Sabe-se que logo após a aplicação de uma fonte solúvel, o P pode ser rapidamente adsorvido pelo solo ou transformado em compostos de menor solubilidade através de reações de precipitação e adsorção específica. A intensidade dessas reações é diretamente proporcional ao volume de solo, com qual o adubo reage, e ao nível de P (GOEDERT e SOUZA, 1984).

Resultados calculados por Novais e Smyth (1999) indicam distância linear média percorrida pelo fósforo de $0,013 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$. Considerando-se os meses chuvosos de novembro a abril, ou seja, 180 dias, a distância máxima percorrida pelo fósforo será de 0,23 cm. Assim sendo, e considerando que o sistema radicular da cana tende a explorar as diversas camadas do solo, principalmente as mais superficiais, onde houver raiz deverá haver fósforo. Portanto, espera-se que nos solos com baixo teor de fósforo a aplicação em área total facilite a sua absorção pelo sistema radicular da cana.

E é por isso que alguns autores (VITTI E MAZZA, 2002; ROSSETTO et al., 2008) defendem que a melhor aplicação de P em cana-de-açúcar deve ser realizada em área total, onde o P melhor distribuído na área vai forçar as raízes da cana a se expandirem mais atrás do nutriente (raízes superficiais), conseqüentemente, elas irão explorar um maior volume de solo, trazendo um benefício geral para a cultura, além de explorar

melhor os recursos hídricos daquele ambiente, principalmente em regiões onde o volume de precipitação é abaixo do recomendado para a cultura.

Segundo Beauclair e Scarpari (2007) o sistema radicular da cana-de-açúcar é muito amplo e bem desenvolvido, do tipo fasciculado. Existe uma estreita correlação entre o desempenho do sistema radicular e a adaptabilidade da cana para desenvolver-se em diferentes condições hídricas, bióticas ou de textura do solo (CAMARGO, 1976). Os conhecimentos sobre a distribuição das raízes no solo podem orientar a adubação, a irrigação e as intervenções de cultivo. O desempenho do sistema radicular pode ser componente genético, o que é importante para o melhoramento, por exemplo, no aprimoramento da resistência às doenças ou ao estresse hídrico (LACLAU, 2005).

Nos primeiros 30 a 40 cm do perfil do solo concentram-se as raízes superficiais ou fibrosas, que são bem ramificadas e extremamente absorventes. As raízes de fixação atingem profundidades maiores, ultrapassando facilmente 50 cm de profundidade. Ao contrário do que sugere o nome, a função das raízes de fixação não se restringe exclusivamente à fixação, pois podem perfeitamente absorver água e nutrientes apesar de com menor eficiência do que as raízes superficiais. Finalmente, atingindo profundidades frequentemente maiores do que 5 metros estão as raízes-cordão, as quais são muito importantes na absorção de água, e justificam a exigência de solos profundos para o cultivo da cana-de-açúcar (VAN DILLEWIJN, 1952) (Figura 1).

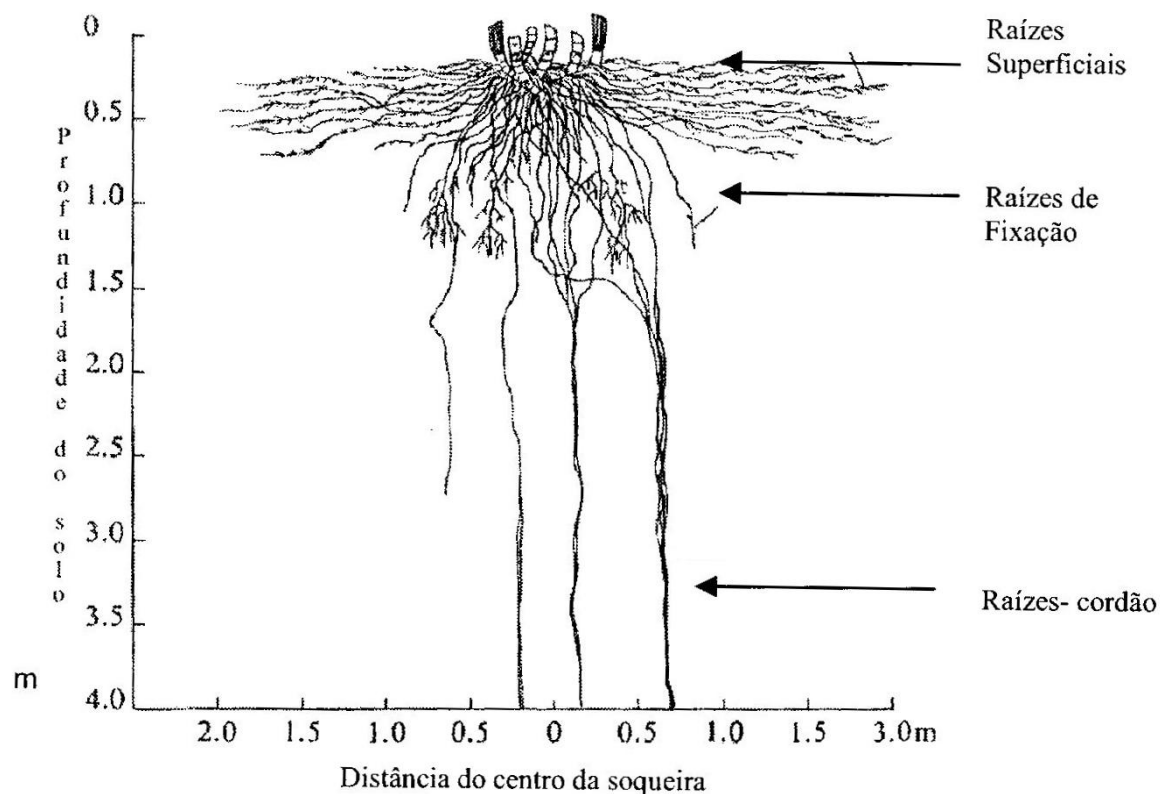


Figura 1 - Sistema radicular da cana-soca estabelecido (adaptado de BEAUCLAIR E SCARPARI, 2007).

Já com a aplicação de P apenas no sulco de plantio, as raízes tendem a encontrar o nutriente mais facilmente, e logo fazendo a redistribuição para as outras partes da planta, suprimo prontamente as necessidades da cultura, e logo revertendo isso em um melhor desenvolvimento e conseqüentemente melhores produção da cultura.

Logo, a eficiência do P aplicado varia de acordo com os tipos de fertilizantes fosfatados (ERNANI E BARBER, 1991), o método de aplicação (ANGHINONI, 1992) e com a qualidade aplicada (ERNANI et al., 2000).

O coeficiente de difusão do fósforo no solo é muito baixo, sendo lenta a movimentação do íon, e, por essa razão, o elemento permanece próximo do local onde foi aplicado, percorrendo apenas alguns centímetros no solo. Isso implica que as raízes deverão estar bem próximas, e, por esse principio, a adubação fosfatada é feita no sulco de plantio da cana, oportunidade esta de colocar o fertilizante em profundidade,

no local onde se concentra a maior parte do sistema radicular (ROSSETTO et al., 2008).

Analisando os dados obtidos por Sultanum et. al. (1976), quando o fósforo foi aplicado no sulco, foram bem superiores na produtividade de cana aos apresentados quando a adubação fosfatada foi aplicada em cobertura (quatro meses depois).

Tabela 2 – Influência do modo de aplicação de fósforo na produtividade da cana (Fonte: Sultanum et. al., 1976).

P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Produtividade	
	P (sulco)	P (cobertura)
	----- t ha ⁻¹ -----	
0	45	45
40	64	52
80	76	63
120	92	68
160	94	71
200	90	76

Segundo Rossetto et al. (2008), em solos com teores muito baixos de fósforo (P em resina < 10 mg dm⁻³), são indicadas aplicações em área total, principalmente em solo arenosos ou com teor de argila menor que 30%, minimizando assim a fixação do elemento. A fosfatagem deverá ser feita após a calagem e a gessagem quando necessitar. Essa aplicação traz uma série de benefícios entre as quais se destaca a maior quantidade de fósforo em contato com o solo, maior volume de solo explorado pelas raízes, maior absorção de água e outros nutrientes.

Quando se utiliza o fosfato natural, principalmente os fosfatos brasileiros, como Araxá, a fosfatagem deve ser aplicada ao solo em área total e incorporada, para aumentar a superfície de contato com o solo e assim aumentar a dissolução do fosfato. Tal operação deve ser feita pelo menos um mês antes da calagem, pois sua solubilização é favorecida por condições de acidez do solo. Já os fosfatos naturais reativos têm aplicação crescente em culturas de ciclo longo, como a cana-de-açúcar,

por ter liberação lenta do fósforo e menor custo que os fosfatos solúveis (ROSSETTO et. al. (2008).

2.7 Vinhaça

A vinhaça também é conhecida como vinhoto, calda, restilo, garapão, vinhote, mosto, entre outras denominações, e pode alterar as propriedades físicas e químicas do solo e contaminar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos se disposta de forma inadequada (FREIRE, 2000). É um líquido de cor marrom escuro, de natureza ácida, elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), corrosivo e altamente poluidor. É composta de 93% de água e 7% de sólidos, dentre os quais 75% são compostos por matéria orgânica e 25% de fração mineral (LUDOVICE, 1997).

A vinhaça caracteriza-se pelo alto conteúdo de matéria orgânica e potássio, quantidades apreciáveis de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e sulfato e quantidades menores de zinco, ferro, manganês e cobre. O pH normalmente é ácido e a condutividade elétrica é bastante elevada (HASSUDA, 1989). Além disso, a composição dela é muito variável em função de diversos fatores, como a sua origem, se é de fermentação do caldo, de mosto de melaço ou de mosto misto há também variação de usina para usina, durante a safra e até mesmo durante um dia, dependendo das variedades, índices de maturação, etc (ROSSETO et al., 2008). A Tabela 3 apresenta a composição química da vinhaça, em levantamento feito em 28 usinas do Estado de São Paulo.

Tabela 3 – Caracterização química da vinhaça.

Parâmetros		Concentração média
pH		4,15
Temperatura	°C	89,16
Sólidos totais	mg L ⁻¹	25.154,61
Cálcio	mg L ⁻¹ CaO	515,25
Cloreto	mg L ⁻¹ Cl	1.218,91
Cobre	mg L ⁻¹ CuO	1,2
Ferro	mg L ⁻¹ Fe ₂ O ₃	25,17
Fósforo total	mg L ⁻¹ P ₂ O ₅	69,41
Magnésio	mg L ⁻¹ MgO	225,64
Manganês	mg L ⁻¹ MnO	4,82
Nitrogênio	mg L ⁻¹ N	356,63
Potássio total	mg L ⁻¹ K ₂ O	2.034,89
Sódio	mg L ⁻¹ Na	51,55
Zinco	mg L ⁻¹ ZnO	1,70

Fonte: Elia Neto e Nakahondo, 1995. Adaptado de Rossetto et al. (2008)

Por sua vez, a utilização da vinhaça na fertirrigação promove a adição de nutrientes ao solo, elevação da umidade e do pH e melhora a resistência do solo à erosão, resultando no acréscimo da produtividade agrícola (CAMBUIM, 1983).

O efeito da vinhaça na produtividade da cana já foi discutida por muitos pesquisadores e é bastante visível em áreas comerciais. Penatti et al. (1988), avaliando aplicação de vinhaça nas doses: 0, 50, 100 e 150 m³ ha⁻¹ em solo arenoso (Latosolo Vermelho-Amarelo – LVA) e solo argiloso (Latosolo Roxo), verificaram que a vinhaça proporcionou acréscimos de produtividade de cana até a dose de 150 m³ ha⁻¹ para ambos os solos, sendo que a resposta maior foi no solo arenoso. Este mesmo autor aplicando vinhaça em soqueiras, Latossolo Vermelho-Amarelo, arenoso, álico (LVA), também observou o aumento da produtividade de cana (t ha⁻¹) até a dose de 300 m³ ha⁻¹, comparando com a adubação mineral.

Mesmo com os efeitos benéficos da vinhaça no solo, Centurión et al. (1989) alertam que, quando aplicada em altas taxas, conduz a efeitos indesejáveis, como o comprometimento da qualidade da cana para produção de açúcar, poluição do lençol freático e até para a salinização do solo.

2.8 Rotação de culturas

A rotação de culturas consiste em alternar, entre os ciclos, espécies vegetais, numa mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter, ao mesmo tempo, propósito comercial e de recuperação do solo Embrapa (2009).

As vantagens da rotação de culturas são inúmeras. Além de proporcionar a produção diversificada de alimentos e outros produtos agrícolas, se adotada e conduzida de modo adequado e por um período suficientemente longo, essa prática melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo; auxiliam no controle de plantas daninhas, doenças e pragas; repõe matéria orgânica e protege o solo da ação dos agentes climáticos e ajuda a viabilização do Sistema de Semeadura Direta e dos seus efeitos benéficos sobre a produção agropecuária e sobre o ambiente como um todo Embrapa (2009).

De acordo com Monteiro (1988) diversos fatores influenciam na escolha da espécie a ser plantada e que, de maneira geral, deve-se dar preferência às leguminosas, por fixarem nitrogênio atmosférico em suas raízes, por possuírem uma estreita relação carbono: nitrogênio e por deixarem no solo, após a colheita, uma matéria orgânica facilmente decomponível.

O amendoim, assim como a soja, possui um sistema radicular bem desenvolvido e adapta-se bem a solos arenosos, apresentando um produto de melhor qualidade e com melhores preços no mercado, quando plantado neste tipo de solo. Vale ressaltar também que o amendoim possui um ciclo mais curto comparado ao da soja, portanto favorece todo o sistema operacional de uma usina além dos custos de produção serem menores.

Além disso, o amendoim é resistente a nematóides causadores de galhas (gênero *Meloidogyne*) e não causa aumento da população de *Pratylenchus* no solo, constituindo-se na espécie mais indicada para áreas que se apresentam infetadas (MONTEIRO, 1988).

3 MATERIAL E METODOS

3.1 Localização e clima

O experimento foi instalado na Usina Rio Vermelho, localizada ao oeste do Estado de São Paulo, na cidade de Junqueirópolis, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 21° 18' S e longitude 51° 15' W, e uma altitude de 420 m.

De acordo com a classificação Köppen (1931), o clima predominante da região é o Aw, que se caracteriza como tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média de 19,9°C e a do mês mais quente é 25,8°C. As médias anuais de temperatura e precipitação pluviométrica são de 23,4°C, 1.263 mm, respectivamente. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono.

Os dados climáticos referentes às médias de temperaturas máximas, mínimas, e precipitação pluviométrica durante os quatro anos de experimento estão apresentados na Figura 2 e Figura 3.

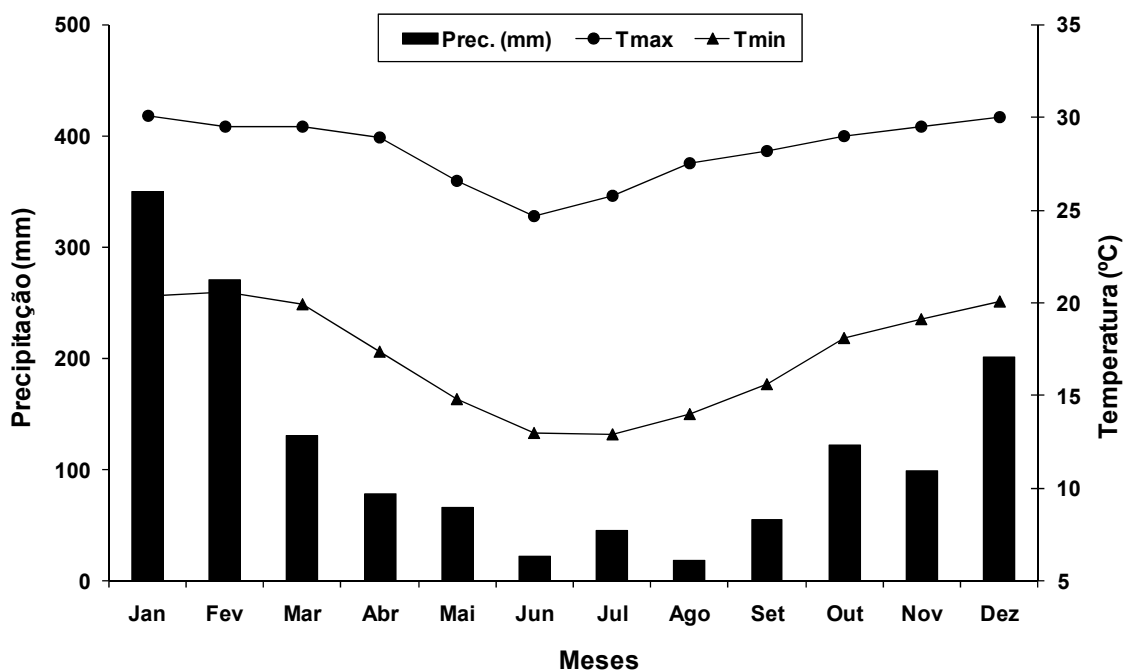


Figura 2 – Dados climáticos das médias de temperatura máxima, mínimas e precipitação pluviométrica. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

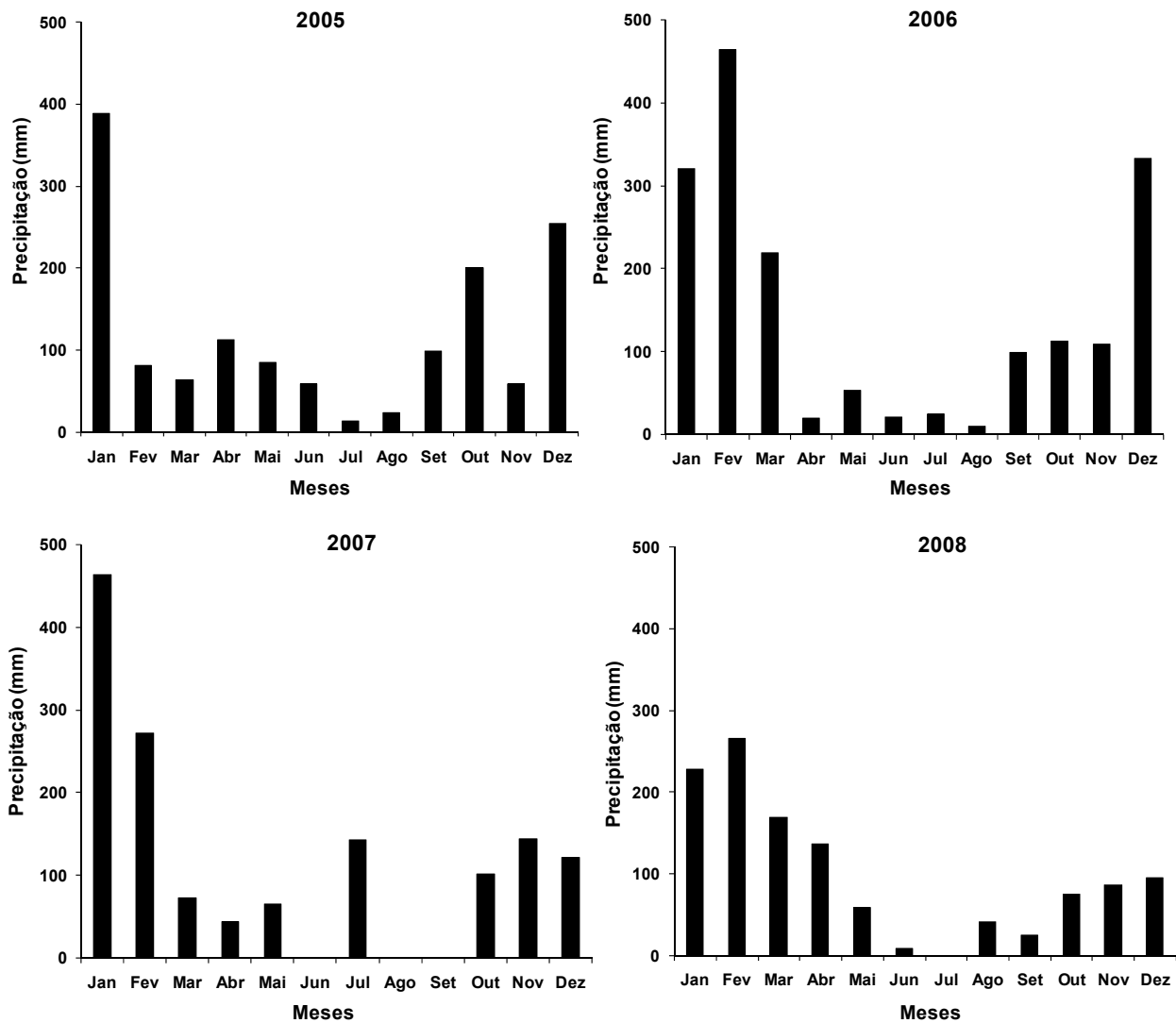


Figura 3 – Precipitação pluviométrica durante os anos de experimento. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

3.2 Solo

O solo onde o experimento foi instalado foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico, segundo as normas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006). As características químicas e físicas do solo se encontram na Tabela 4 e 5.

Tabela 4 – Análise química do solo onde foi instalado o experimento. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Prof. (cm)	pH	MO		P _(resina)	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	T	V
	CaCl ₂	g kg ⁻¹	t ha ⁻¹	mg dm ⁻³				mmol dm ⁻³				%
0-20	5,0	11	35,8	13	0,8	16	7	0	9	23,8	32,8	73
21-50	4,5	8	36,0	4	0,9	11	5	4	15	16,9	31,9	53
51-100	4,6	6	18,6	2	2,3	8	3	2	11	13,3	24,3	55

Tabela 5 – Composição física do solo do local do experimento. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Prof. (cm)	Composição granulométrica (%)					Relação textural	
	Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Areia total	Silte/ argila	Gradiente de argila
0-20	12	4	56	28	84	0,33	-
21-50	12	4	58	26	84	0,33	1,00
51-100	18	6	54	22	76	0,33	1,50

3.3 Cultivar

A variedade utilizada foi a SP 89-1115, que vêm do policruzamento da CP 73 1547 com outra variedade desconhecida. Caracteriza-se por apresentar produtividade agrícola alta, precocidade, alto teor de açúcar, boa brotação de soqueira, resistente a doenças e é responsiva, ou seja, se desenvolve melhor em ambientes de médio e superior (COPERSUCAR, 1997).

3.4 Instalação e condução do experimento

A área do experimento era de pastagem e antes de ser realizado o plantio da cana, foi cultivado amendoim (*Arachis hypogaea* L.), caracterizando uma rotação de cultura. Essa prática apresenta vantagens quanto ao aspecto da fertilidade do solo e fitossanitários, resultando em melhor rendimento das culturas. A rotação de culturas entre cana-de-açúcar e amendoim é prática comum nas condições do estado de São Paulo.

O plantio foi realizado em 26 de julho de 2005, caracterizando como plantio de inverno. Foi realizado o preparo convencional do solo, com o sulcamento em torno de 30 cm de profundidade, fileiras de cana espaçadas por 1,40 m. A distribuição das mudas foi feita com uma densidade mínima de 12 gemas por metro linear, para assim garantir um bom *stand* de perfilhos no estabelecimento da cultura.

A adubação dos outros nutrientes (N, K, Ca, Mg, S) foi realizada momentos antes do plantio e durante cada ciclo da cultura com a 'tríplice operação', onde são feitas adubação, escarificação e gradagem na mesma operação, além da aplicação de herbicidas (Figura 4).

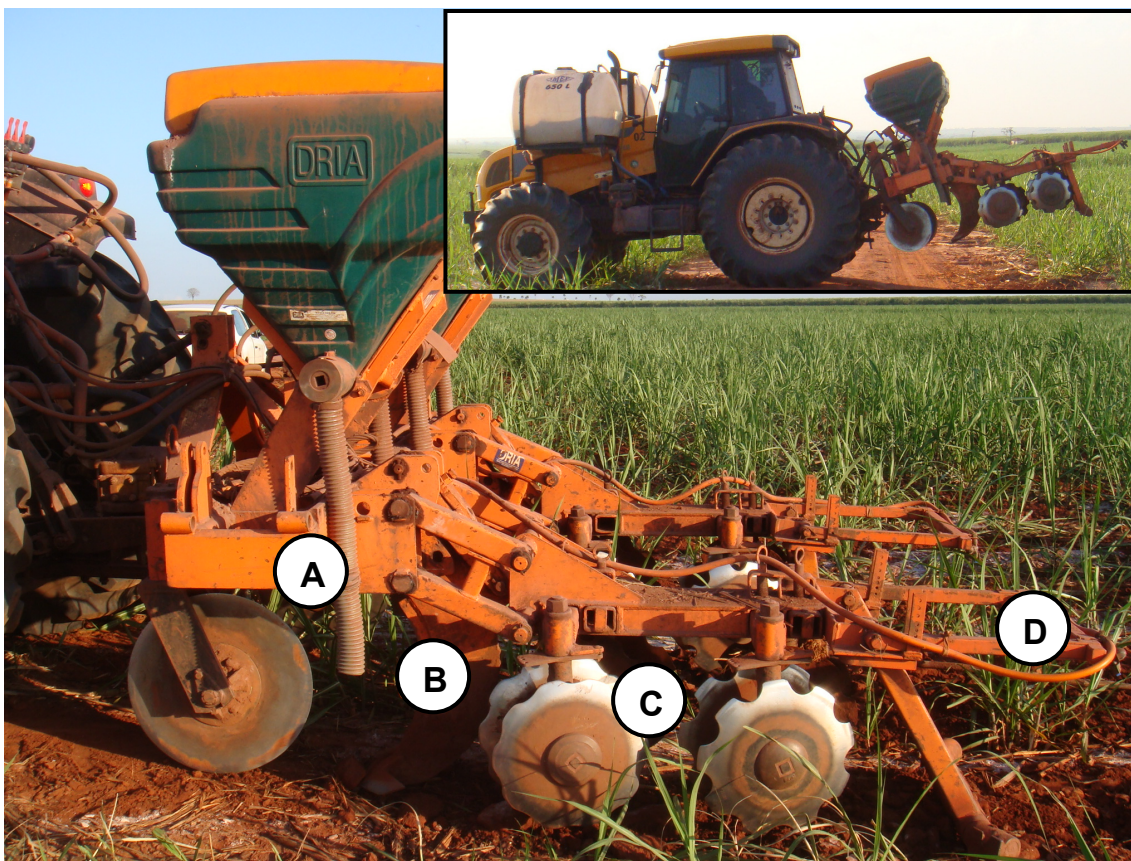


Figura 4 – Operação de cultivo tríplice. A – distribuição do fertilizante; B – escarificação; C – gradagem; D – aplicação de herbicidas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Em todos os anos de experimento foi feita a adubação de cobertura na quantidade de 280 kg ha⁻¹ da formulação 32-00-00, além da aplicação de uma lâmina de vinhaça de 35 mm, em todos os tratamentos, que de acordo com a análise continha

0,34 g l⁻¹ de N total, 0,06 g l⁻¹ de P₂O₅ e 1,70 g l⁻¹ de K₂O que correspondem a 119, 21 e 595 kg ha⁻¹.

Foram aplicados herbicidas igualmente em todos os tratamentos, listados a seguir:

O Velpar K® na dose de 1,25 kg ha⁻¹, que é um herbicida que se apresenta na forma de pó molhável em água e foi aplicado na forma de pulverização para o controle seletivo das plantas daninhas, sendo prontamente absorvido pelas raízes e através das folhas, mostrando ação de contato e residual. Possui como princípio ativo o Diuron + Hexazinone, podendo ser aplicado tanto em pré como em pós-emergência.

O Combine 500 SC® na dose de 1,25 l ha⁻¹, é um herbicida seletivo, de ação sistêmica, recomendado para o controle de plantas infestantes na cana-planta ou cana-soca, aplicado em pré-emergência e de preferência em solo úmido. Possui como princípio ativo o Tebutiuram.

Foi aplicado também o nematicida sistêmico Furadan 100G® na dose de 20 kg ha⁻¹, e que tem como princípio ativo o Carbofuran.

A colheita se deu de forma manual (Figura 5) e sempre foi feita entre os meses de setembro/outubro, e a produção pesada em uma balança acoplada a uma carregadeira (Figura 6).



Figura 5 – Colheita manual. Marcação das parcelas com estacas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009



Figura 6 – Pesagem das parcelas. Em detalhe, visor digital da balança no braço da carregadeira. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

3.5 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas (split-plot), com quatro repetições. As parcelas eram compostas por duas doses (100 e 200 kg ha⁻¹), três formas de aplicação (100% da dose no sulco de plantio, 100% em área total e dividido 50% no sulco e 50% em área total) e mais o tratamento adicional, a testemunha (Tabela 6).

As sub-parcelas foram compostas por cinco fontes de fósforo (Salmec, rocha fosfática nacional - RFN (Araxá), rocha fosfática importada - RFI (Arad), fosfato solúvel (Super triplo), e uma combinação Salmec + ST (Tabela 7).

Tabela 6 – Parcelas, constituídas por doses e formas de aplicação. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Doses P₂O₅ (kg ha⁻¹)	Formas de aplicação
Testemunha	-
100	sulco de plantio
100	área total
100	divididos, 50% no sulco e 50% em área total
200	sulco de plantio
200	área total
200	divididos, 50% no sulco e 50% em área total

Tabela 7 – Sub-parcelas, constituídas pelas fontes de fósforo. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Fontes de fósforo
A. Salmec
B. Rocha fosfática nacional (RFN-Araxá)
C. Rocha fosfática importada (RFI-Arad)
D. Fosfato solúvel (Super triplo)
E. Combinação Salmec + Fosfato solúvel

O Salmec® é um produto oriundo de resíduo industrial denominado borra de fosfato, cuja origem esta no tratamento anti-ferrugem de chapas metálicas. A borra de fosfato não traz consigo nenhum tipo de efluente industrial do tipo graxa, óleo, sabão, resíduo de pintura, águas de processos, etc. Ela é coletada somente nos tanques de fosfatização e enviada para a empresa de processamento onde é peneirada, neutralizada a pH 7,0, decantada, centrifugada, seca ao ar e ensacada. De acordo com a Instrução Normativa N° 05 de 23/02/2007, consta no Anexo II que esta fonte pode ser comercializada como ‘fertilizante mineral simples’.

Tabela 8 – Composição média da fonte de fósforo Salmec®

Características	
Fósforo total	30% P ₂ O ₅
Fósforo solúvel em água	zero
Fósforo solúvel em Citrato Neutro de Amônio (CNA)	27% P ₂ O ₅
Zinco total	5%
Ferro total	20%

As parcelas eram constituídas por 8 linhas de cana com 75 metros de comprimento, espaçadas por um “mini-carreador” de 1,5m para facilitar a circulação no experimento (Figura 7). A área total de uma parcela é de 840 m² (8 x 75 x 1,4). Um bloco de repetição possui 6.720 m² (840 m² x 8 parcelas). E o tamanho total do experimento é de 2,7 ha (6.720 m² x 4 blocos).

Dentro das parcelas estão cinco sub-parcelas, que cada uma é composta por 8 linhas de cana com 15 metros de comprimento. A área útil da sub-parcela é composta pelas 6 ruas centrais de 13 metros, descartando 1,0 m em cada extremo (Figura 8). Assim área útil de cada sub-parcela é de 109,2 m² (6 x 13 x 1,4).

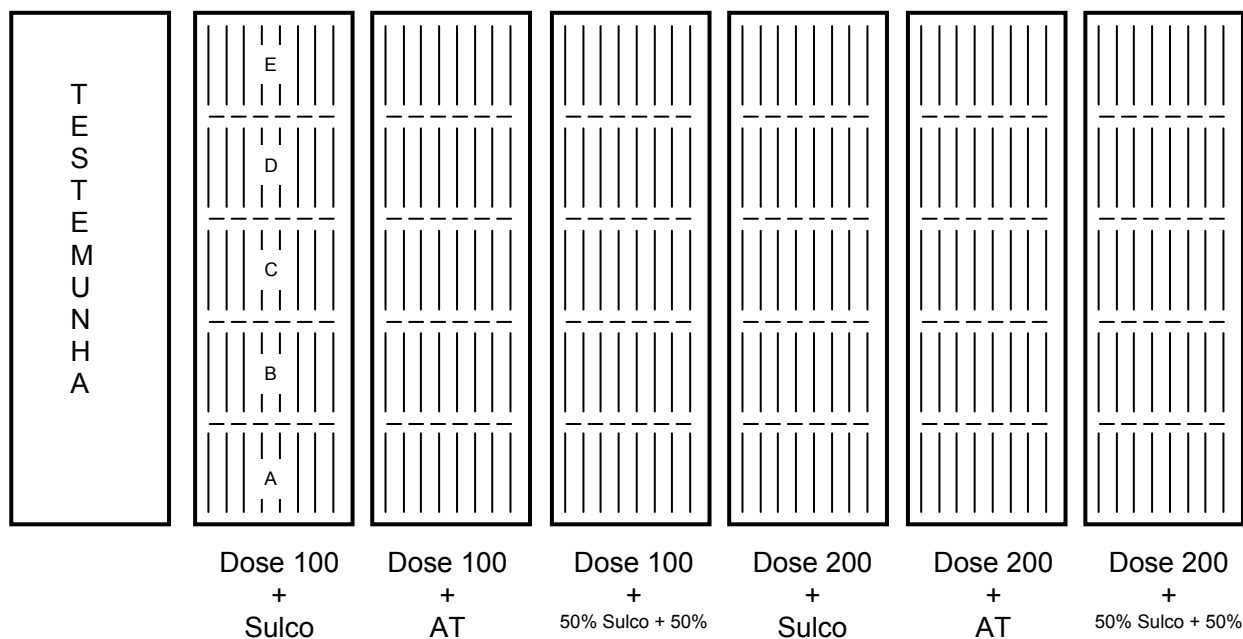


Figura 7 – Croqui de um bloco. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

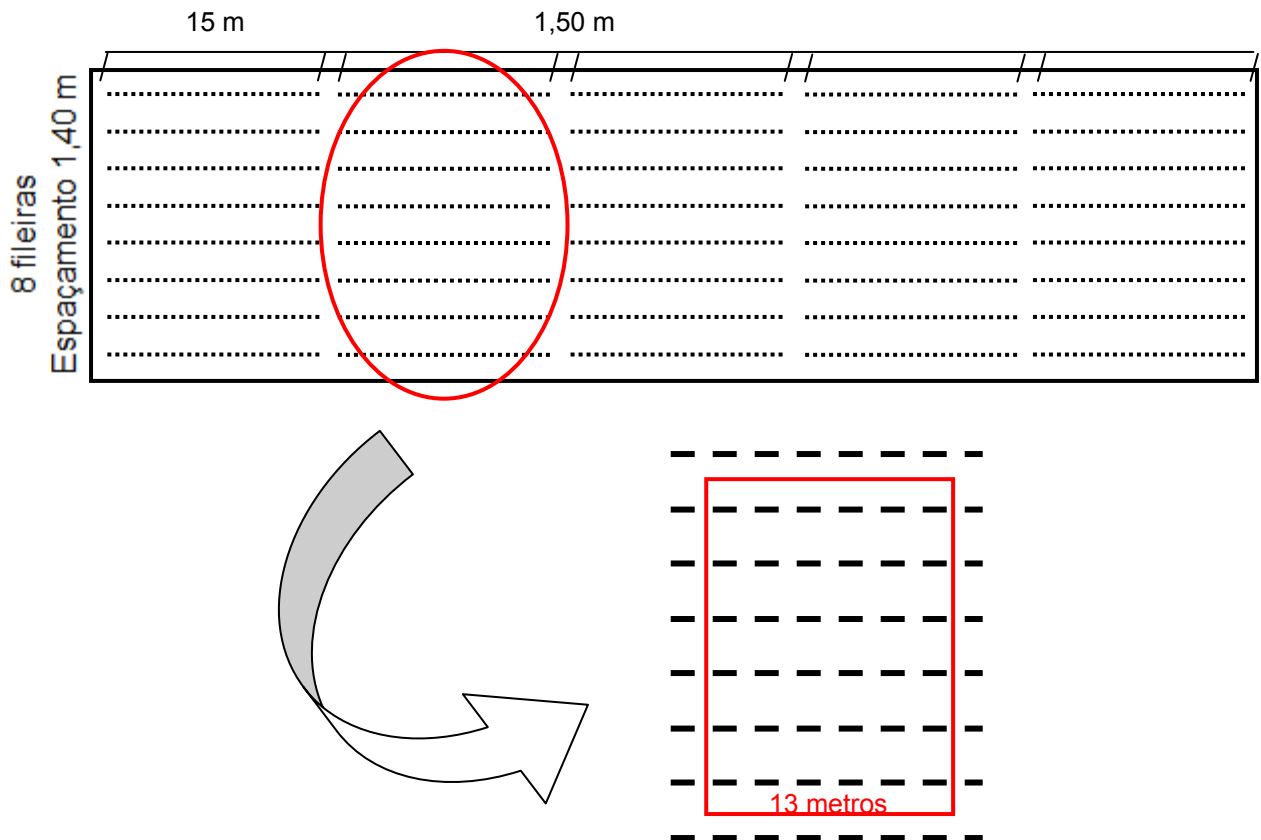


Figura 8 – Croqui de uma parcela. Em detalhe a área útil de uma sub-parcela. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o sistema estatístico SAS.

Primeiramente o experimento foi analisado nas parcelas, comparando doses x formas de aplicação com a testemunha (Tabela 6, e o esquema da análise está demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9 – Esquema da análise de variância para as parcelas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Fontes de variação	GL
Bloco	3
Tratamento	6
Resíduo	114
TOTAL	123

Para análise das sub-parcelas, o esquema foi em um fatorial 2 x 3 x 5 (doses, formas de aplicação e fontes de fósforo, respectivamente) (Tabela 10).

Tabela 10 – Esquema da análise de variância em fatorial para as sub-parcelas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Fontes de variação	GL
Bloco	3
Doses	1
Formas	2
Doses x Formas	2
Resíduo (a)	15
Fontes	4
Doses x Fontes	4
Formas x Fontes	8
Doses x Formas x Fontes	8
Resíduo (b)	72
TOTAL	119

3.7 Parâmetros avaliados

3.7.1 Produção de colmos

Realizou-se a avaliação da produção, nos três anos de experimento, de colmos na área útil das sub-parcelas com 109,2 m², ou seja, 6 sulcos com 13 metros de comprimento, sendo esses valores convertidos para t ha⁻¹.

3.7.2 Características tecnológicas

No terceiro corte da cana foram avaliadas as características tecnológicas do colmo. Esta colheita foi realizada em setembro de 2008. Foi estabelecido um metro de linha fora de cada unidade experimental e todos os colmos presentes foram coletados. A seguir todos os colmos foram submetidos ao desponte na altura da gema apical (ponto de quebra), assim sendo, os colmos foram encaminhados para o Laboratório de Pagamento da Usina Rio Vermelho (Figura 9), para serem processados segundo a metodologia do Sistema de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose (SPCTS) conforme atualizações semestrais da CONSECANA, onde foram realizadas as seguintes determinações químico-tecnológicas.



Figura 9 – Amostra de cana para realização de análises tecnológicas em laboratório. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

3.7.2.1 Teor de sólidos solúveis (°Brix em %)

Determinou-se o °Brix a partir do caldo extraído da cana-de-açúcar, através de um refratômetro digital, dotado de correção automática de temperatura e ajuste de campo, com saída para ajuste magnético, cujo funcionamento se fundamenta na relação entre incidência e refração. Os resultados finais dos ensaios foram corrigidos para a temperatura de 20°C e o índice de refração, que corresponde ao índice de sólidos solúveis ou °Brix é obtido pela expressão:

$$I_r = \frac{\text{Sen}(i)}{\text{Sen}(r)} \quad \text{eq. (1)}$$

onde,

- I_r - Brix ou teor de sólidos solúveis
- $\text{Sen}(i)$ - Seno do ângulo de incidência
- $\text{Sen}(r)$ - Seno do ângulo de refração

3.7.2.2 Sacarose: Pol do caldo corrigida

A determinação da pol (%) foi efetuada com um sacarímetro automático Acatec, modelo SDA 2500. Os sacarímetros são equipamentos que determinam a concentração de açúcares opticamente ativos, como a sacarose. São baseados em princípios físicos fundamentados na propriedade da luz e na sua natureza ondulatória. A base para as medidas sacarimétricas é a equação conhecida como lei de Biot (CALDAS, 1998), a seguir apresentada:

$$C = \frac{100 \cdot \alpha}{l \cdot \alpha^T \cdot \lambda} \quad \text{eq. (2)}$$

onde,

- C - concentração da atmosfera
- α - ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada
- l - comprimento da coluna iluminada de líquido
- $\alpha^T \cdot \lambda$ - rotação específica

Após a leitura realizada pelo sacarímetro, é feita a correção na leitura sacarimétrica. Esta, por sua vez, é obtida quando o equipamento estiver com temperatura ambiente interna em torno de 20°C. A correção se dará através da seguinte equação de ajuste:

$$L_{\text{corrigida}} = L \cdot [1 + 0,000255(T - 20)] \quad \text{eq. (3)}$$

onde,

$L_{\text{corrigida}}$ - pol do caldo extraído (%)

L - leitura sem correção

T - temperatura do laboratório

A partir desses dados pode-se calcular a pol da cana corrigida (PCC), que é um índice (%) que determina o valor da tonelada de cana. Caso o PCC seja elevado, o preço da cana pode subir a patamares mais elevados. Ao contrário, se o PCC for baixo, o preço da cana pode cair. É o que se denomina de ágio ou deságio. Sua determinação dar-se-á através da equação seguinte:

$$PCC = L_{\text{corrigida}} \cdot (1 - 0,01 \cdot f) \cdot c \quad \text{eq. (4)}$$

onde,

$L_{\text{corrigida}}$ - pol do caldo extraído (%)

f - fibra industrial % da cana

c - 0,955, fator de transformação da pol do caldo extraído em pol do caldo absoluto.

3.7.2.3 Fibra industrial da cana e umidade

A fibra é a matéria insolúvel em água contida na cana. No colmo de cana, as fibras do parênquima são de estrutura mais frágil e fina, e formam as células isodiamétricas de estocagem do caldo de alto teor de sacarose. A umidade da cana, por sua vez, reflete a porcentagem de água contida na cana (FERNANDES, 2003). No sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose (PCTS) a fibra é estimada em função do peso de bagaço úmido da prensa.

Determinada pelo método da prensa hidráulica, conforme descrito no Ato 13/83, de 21/04/1983 – IAA, citado por Mutton (1984) e atualizações semestrais do CONSECANA.

$$F = 0,08 \cdot PBU + 0,876 \quad \text{eq. (5)}$$

onde,

F - fibra cana

PBU - peso do bagaço úmido da prensa, em gramas

3.7.2.4 Pureza do caldo extraído

A pureza aparente do caldo reflete a porcentagem de sacarose contida nos sólidos solúveis no caldo extraído. Após a determinação dos valores de pol e °brix (BERDING et al., 1991a; BERDING et al., 1991b), foi expressa pela equação :

$$Pureza = \frac{Pol\%_{caldo}}{Brix\%_{caldo}} \cdot 100 \quad \text{eq. (6)}$$

3.7.2.5 Açúcares redutores cana

Os açúcares redutores (AR) referem-se a um termo utilizado para designar os açúcares (monossacarídeos), glicose e frutose, principalmente. Os AR são produtos precursores de cor no processo industrial, isto é, participam de reações que aumentam a cor do açúcar, depreciando a qualidade do produto. Durante a maturação da cana-de-açúcar, à medida que o teor de sacarose se eleva os açúcares redutores decrescem de aproximadamente 2,0% para valores abaixo de 0,5%, podendo chegar a 0,2%. Esse comportamento torna importante a análise do teor de açúcares redutores para acompanhamento e julgamento da maturação, principalmente nos primeiros meses de safra (FERNANDES, 2003).

Os AR % cana foram determinados pela equação:

$$ARC = AR * (1 - 0,01 * F) * C \quad \text{eq. (7)}$$

onde,

AR - aos açúcares redutores do caldo

F - refere-se à fibra cana

C - 0,955, fator de transformação da pol do caldo extraído em pol do caldo absoluto

O AR pode ser calculado pela fórmula:

$$AR\%caldo = 3,641 - 0,0343 * P \quad \text{eq. (8)}$$

onde,

P - trata-se da pureza aparente do caldo, expressa em porcentagem

3.7.2.6 Açúcar teórico recuperável cana (ATR)

O açúcar teórico recuperável (ATR) constitui um dos parâmetros do sistema de pagamento de cana implantado em São Paulo a partir da safra de 1998/99, e reflete o resultado da diferença entre o ART (açúcares redutores totais) da cana e as perdas na lavagem de cana, no bagaço final, na torta do filtro ou prensa e as “indeterminadas”, considerando a eficiência média padrão, assumindo perdas de 12% (FERNANDES, 2003).

O açúcar teórico recuperável (ATR), dado em kg açúcar t⁻¹ de cana, foi calculado através da fórmula regulamentada pelo CONSECANA (1999):

$$ATR = 10 * 0,88 * 1,0526 * PCC + 10 * 0,88 * ARC \quad \text{eq. (9)}$$

onde,

- o fator 10, refere-se à transformação de kg Pol 100 kg⁻¹ cana (%) em kg Pol t⁻¹ cana

- o fator 0,88, refere-se à eficiência industrial de lavagem, extração e tratamento caldo juntas, ou seja, coeficiente de recuperação, para uma perda industrial de 12%

- o fator 1,0526, refere-se ao fator que transforma a Pol em AR, ou seja, coeficiente estequiométrico para a conversão de pol em açúcares redutores

$$AR = (9,9408 - 0,1049 * Pureza) * (1 - 0,01 * Fibra) * (1,0313 - 0,00575 * Fibra) \quad \text{eq. (10)}$$

sendo,

- primeiro parênteses: Regressão que correlaciona Pureza da cana com teor de AR;

- segundo parênteses: Regressão que transforma a AR do caldo para AR da cana;
- terceiro parênteses: Regressão que corrige a extração da prensa para extração real.

4 RESULTADOS

4.1 Dados de produção nas parcelas

Na Tabela 11 está apresentado o resumo da análise de variância e as médias de produtividades das parcelas para os três anos de colheita e a média desses três cortes.

Tabela 11 – Resumo da análise de variância para as colheitas da cultura da cana-de-açúcar. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Fontes de variação	Colheitas			
	1º ano	2º ano	3º ano	Média dos 3 anos
	Quadrados médios			
Bloco	590,67**	387,87**	251,80**	228,84**
Tratamentos	258,82*	74,92 ^{ns}	37,31 ^{ns}	46,97*
Resíduo	114,90	44,10	54,22	21,95
Média geral (t ha ⁻¹)	144,40	85,22	85,70	105,11
CV (%)	7,42	7,79	8,59	4,45
Tratamentos	Médias de produtividade para parcelas (t ha ⁻¹)			
Testemunha	126,19 b	85,37 a	84,80 a	98,79 b
Dose 100 em S	143,33 a	87,97 a	88,36 a	106,56 a
Dose 100 em AT	146,32 a	87,06 a	85,15 a	106,18 a
Dose 100 em S + AT	144,96 a	82,57 a	86,26 a	104,60 a
Dose 200 em S	144,84 a	84,26 a	84,03 a	104,38 a
Dose 200 em AT	143,83 a	83,47 a	84,97 a	104,09 ab
Dose 200 em S + AT	146,79 a	85,94 a	85,64 a	106,12 a
DMS	12,75	7,90	8,76	5,57

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ^{ns} não significativo pelo teste F;

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

QMR – quadrado médio do resíduo; CV(%) – coeficiente de variação

4.1.1 Primeira colheita

Observa-se que neste primeiro corte houve efeito significativo em nível de blocos ($p < 0,01$) e também para os tratamentos ($p < 0,05$) dispostos em cada parcela. A média geral de produtividade para a cana-planta foi de 144,4 t ha⁻¹, sendo considerada uma boa produção no primeiro ano de colheita (Tabela 11).

O coeficiente de variação (CV) foi de apenas 7,42%, onde se considera ideal é o CV abaixo de 10%. Gomes (1990) considera os coeficientes de variação como baixos quando inferiores a 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%; valores esses para experimentos de campo com culturas agrícolas. Considerando que o experimento foi instalado em uma Usina, onde se produz em escala industrial, e também na dificuldade de se pesar um experimento de cana-de-açúcar, pode-se se afirmar que os resultados aqui apresentados possuem uma boa precisão.

Entre os tratamentos não houve diferença significativa, portanto a média de produtividade das parcelas foram muito próximas. Houve apenas diferença entre todos os tratamentos e a testemunha.

Portanto, analisando por essa ótica, sem diferenças nas doses e formas de aplicação, o recomendado seria que a aplicação de P não ultrapasse a dose de 140 kg ha⁻¹, e que a forma de aplicação fosse a menos onerosa possível, ou seja, reduzindo assim os custos para o produtor, que seria a aplicação no sulco de plantio, eliminando a operação de fosfatagem no processo de plantio da lavoura, que tem um custo aproximado de R\$ 44,00 ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2009).

4.1.2 Segunda colheita e terceira colheita

No segundo e terceiro corte também houve efeito significativo em nível de blocos ($p < 0,01$), mas não foi observado efeito significativo entre os tratamentos. A média geral de produtividade para a segunda colheita foi de 85,2 t ha⁻¹ e para a terceira colheita foi 85,7 (Tabela 11).

Podem-se observar dois fatos interessantes, primeiro que, entre a segunda e terceira colheita houve manutenção da produtividade (para tratamentos e testemunha), situação que não é comum nas lavouras comerciais de cana-de-açúcar. E segundo que todas as parcelas atingiram uma produtividade limite nas soqueiras independente da resposta no primeiro corte, sem apresentar nenhum efeito residual.

Além disso, com relação ainda aos tratamentos, fatores isolados podem estar contribuindo para a manutenção dessa produtividade, como a capacidade de suporte

deste solo pode ter sido atingida, e com o suporte ideal de nutrientes nele presente, a produção da cultura no terceiro corte não foi diminuída, o que ressalta a importância do correto manejo de nutrientes, a fim de manter o canavial rentável por longos períodos.

Outro fato interessante é a comparação da média de produtividade dos tratamentos da cana-planta com a produtividade da cana-soca, onde houve uma redução acentuada de 40%, uma redução drástica em um intervalo de apenas um ano. Isso leva a crer que o P foi importante para dar um arranque inicial na instalação da cultura, e no ano seguinte, a adubação realizada no plantio não foi suficiente para segurar a produtividade e compensar outros fatores limitantes.

Bernardes et al. (2008) estudando a estimativa de produtividade dos sucessivos cortes associado ao ambiente de produção e manejo da cana afirmaram que existe a possibilidade de que o conjunto das práticas de manejo afeta, de forma mais evidente, o decaimento de produtividade entre os sucessivos cortes e, conseqüentemente, a longevidade do canavial, do que a qualidade do ambiente de produção. E em termos absolutos, os maiores valores de coeficiente de decaimento, da ordem de 0,415, foram calculados para as condições de manejo menos intenso, enquanto que na situação inversa os valores de coeficiente de manejo foram de 0,125. Portanto, esse coeficiente de 0,415 foi semelhante ao encontrado neste trabalho, onde foi obtido um decréscimo de 40% no segundo ano de produção para as parcelas com tratamento.

Essa tendência de menor decaimento com manejo considerado mais apropriado revela-se coerente com diversos resultados experimentais, como os apresentados por Caceres e Alcarde (1995), Demattê (1986), Penatti e Forti (1993) citado por Vitti e Mazza (2002).

Analisando a Figura 10 a redução de produtividade da testemunha na comparação entre o primeiro ($126,19 \text{ t ha}^{-1}$) e o segundo corte ($85,37 \text{ t ha}^{-1}$) foi de 32,3%. Enquanto do segundo para o terceiro corte ($84,80 \text{ t ha}^{-1}$) praticamente não houve redução, fato que pode estar relacionado ao manejo, fatores climáticos, bem como uma distribuição mais uniforme da precipitação pluviométrica no ciclo da cana para o terceiro corte, além da aplicação de vinhaça, que ajuda a manter a produção em áreas onde ela é aplicada.

Os coeficientes de variação (CV) do segundo e do terceiro corte também ficaram em um patamar considerado bom, de 7,79 e 8,59%, respectivamente. Entre os tratamentos em cada ano de produção, não houve diferenças significativas (Tabela 11).

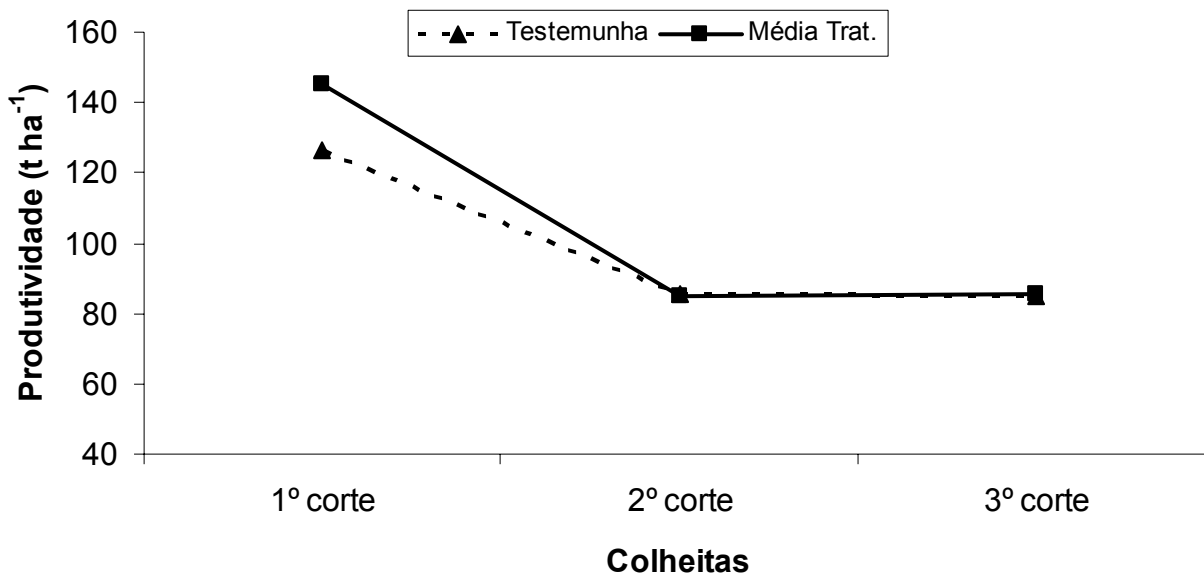


Figura 10 – Comparação da redução da produtividade da testemunha com as médias dos tratamentos para as três colheitas. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Segundo Korndörfer; Faria e Martins (1998), em solos onde se instala a cultura da cana-de-açúcar pela primeira vez nota-se grande resposta da cana-planta à adubação fosfatada. E ainda afirma que para solos distróficos ou com vegetação de Cerrado, a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ é a que traz maior retorno econômico para o produtor quando se considera a produção acumulada de cana-planta + cana-soca, apesar do aumento na produção ter sido observado até a dose máxima empregada de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio.

Neste mesmo experimento citado acima, as somas das produtividades de cana-planta + cana-soca para a testemunha, dose 120 e dose 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram de 130, 155 e 154 t ha⁻¹, respectivamente. Comparando com os resultados obtidos aqui, a soma da produtividade para testemunha, dose 100 e dose 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi de 211, 231 e 229 t ha⁻¹, respectivamente

Morelli et al. (1991), considerando o efeito da aplicação em área total de P apenas no plantio, obteve uma produtividade acumulada para cana-planta + cana-soca na testemunha de 112 t ha^{-1} , na dose 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 de 240 t ha^{-1} e na dose 400 kg ha^{-1} foi de 262 t ha^{-1} .

4.1.3 Media das 3 colheitas

Na consideração das medias nos três anos de produção, volta-se a encontrar diferenças entre os tratamentos. Houve efeito significativo em nível de blocos ($p < 0,01$), de ($p < 0,05$) entre os tratamentos. A média geral de produtividade desses três anos ficou em $105,1 \text{ t ha}^{-1}$. O coeficiente de variação (CV) foi de apenas 4,45%, que pode ser explicado pela proximidade dos resultados entre a segunda e a terceira colheita e também pelo fato de ser uma média dos três cortes, os valores nos extremos foram suavizados, fazendo com o que o CV ficasse abaixo na comparação com cada ano de colheita (Tabela 11).

Assim como na primeira colheita, houve diferença significativa entre os tratamentos causados justamente pelos resultados do primeiro corte. Mas o tratamento Dose 200 em AT se igualou a testemunha, fato este não ter acontecido na primeira colheita.

4.2 Dados de produção nas sub-parcelas

Na Tabela 12 está apresentado o resumo da análise de variância e as médias de produtividades das sub-parcelas para os três anos de colheitas e a média desses três cortes. Como também as médias de produtividades isoladas para cada fator, dose, forma de aplicação e fonte de fósforo.

Tabela 12 – Resumo da análise de variância para as colheitas da cultura da cana-de-açúcar. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Fontes de variação	Colheitas			
	1º ano	2º ano	3º ano	Média dos 3 anos
Quadrados médios				
Bloco	541,55**	392,07**	286,22**	224,12**
Doses	2,31 ^{ns}	51,47 ^{ns}	87,91 ^{ns}	25,09 ^{ns}
Formas	32,00 ^{ns}	34,58 ^{ns}	14,40 ^{ns}	1,16 ^{ns}
Doses x Formas	58,10 ^{ns}	164,41*	51,91 ^{ns}	44,69 ^{ns}
Resíduo (a)	91,38 ^{ns}	75,76*	48,75 ^{ns}	24,05 ^{ns}
Fontes	710,12**	56,48 ^{ns}	64,89 ^{ns}	102,98**
Doses x Fontes	256,91*	21,45 ^{ns}	36,40 ^{ns}	16,13 ^{ns}
Formas x Fontes	50,25 ^{ns}	36,88 ^{ns}	30,50 ^{ns}	13,97 ^{ns}
Doses x Formas x Fontes	138,13 ^{ns}	64,62 ^{ns}	54,69 ^{ns}	32,82 ^{ns}
Resíduo (b)	85,92	36,45	57,30	16,89
Média geral (t ha ⁻¹)	145,01	85,21	85,74	105,32
CV (%)	6,39	7,08	8,83	3,90
Médias de produtividade para Doses (t ha⁻¹)				
100	144,87 a	85,87 a	86,60 a	105,77 a
200	145,15 a	84,56 a	84,88 a	104,86 a
DMS	3,72	3,39	2,72	1,91
Médias de produtividade para Formas (t ha⁻¹)				
Sulco	144,08 a	86,11 a	86,20 a	105,47 a
AT	145,07 a	85,26 a	85,06 a	105,13 a
Sulco + AT	145,87 a	84,26 a	85,95 a	105,36 a
DMS	5,55	5,05	4,05	2,85
Médias de produtividade para Fontes (t ha⁻¹)				
Salmec	146,35 ab	83,14 a	83,67 a	104,40 ab
RFN-Araxá	136,95 c	84,67 a	84,91 a	102,18 b
RFI-Arad	142,67 bc	87,34 a	87,99 a	106,01 a
Super triplo	147,92 ab	85,31 a	86,64 a	106,62 a
Salmec + ST	151,15 a	85,56 a	85,44 a	107,38 a
DMS	7,49	4,88	6,11	3,32

* significativo a 5%; ^{ns} não significativo pelo teste F;

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

QMR – quadrado médio do resíduo; CV(%) – coeficiente de variação

4.2.1 Primeira colheita

Neste primeiro corte houve efeito significativo em nível de blocos ($p < 0,01$), para fontes de fósforo ($p < 0,01$) e também na interação doses x fontes ($p < 0,05$). Para todas as outras fontes de variação não foram encontrados efeitos significativos. Assim como na análise das parcelas o coeficiente de variação (CV) foi baixo, ficando em 6,39% (Tabela 12).

Para os efeitos isolados de cada fator da análise, doses e formas de aplicação não apresentaram diferenças significativas, ou seja, os níveis de doses, 100 ($144,9 \text{ t ha}^{-1}$) e 200 ($145,1 \text{ t ha}^{-1}$) e entre os níveis de formas de aplicação, sulco ($144,1 \text{ t ha}^{-1}$), área total ($145,1 \text{ t ha}^{-1}$) e sulco + área total ($145,9 \text{ t ha}^{-1}$) não diferem entre si (Tabela 12).

Como não foi constatada diferença entre as formas de aplicação, pode-se afirmar que a melhor forma técnica e econômica de aplicar o P para a cultura é no sulco de plantio, na adubação de base, de forma que venha a facilitar a sua absorção e utilização, já que se trata de um elemento muito pouco móvel no solo, porém bastante móvel na planta após a sua absorção.

Rossetto et al. (2002) aplicando a dose de 120 kg ha^{-1} de super triplo em um Neossolo quartzarênico, percebeu ganhos de produtividade testando formas de aplicação, onde a aplicação em área total foi superior a aplicação no sulco de plantio.

Para o fator fontes de fósforo foram encontradas diferenças significativas entre os níveis de 1% de probabilidade. A fonte oriunda da combinação de Salmec + ST com a produtividade de $151,1 \text{ t ha}^{-1}$ foi superior as fontes de RFI-Arad ($142,67 \text{ t ha}^{-1}$) e RFN-Araxá ($136,95 \text{ t ha}^{-1}$), confirmando assim a ineficiência dessas fontes insolúveis em relação às outras em melhorar a produção a curto e médio prazo, dando fortes indícios de que permaneceram indisponíveis no período do estudo. As fontes ST ($147,9 \text{ t ha}^{-1}$) e Salmec ($146,3 \text{ t ha}^{-1}$) foram estatisticamente iguais a fonte Salmec + ST (Figura 11).

Portando, baseado nos resultados das médias de fontes, é recomendado que se utilize a combinação do Salmec + ST, apesar de que não tenha diferido das aplicações individuais de apenas Salmec e ST. Pois como se sabe fontes alternativas são sempre limitadas, e para aplicação em grandes áreas, às vezes se torna inviável por falta de disponibilidade do produto. Por outro lado se aplicado apenas o ST entra o fator

econômico do produto, por causa do custo desta fonte, pois o Salmec chega a ter um preço inferior de 30% do P_2O_5 , então o recomendando de fato seria utilizar a combinação de Salmec + ST.

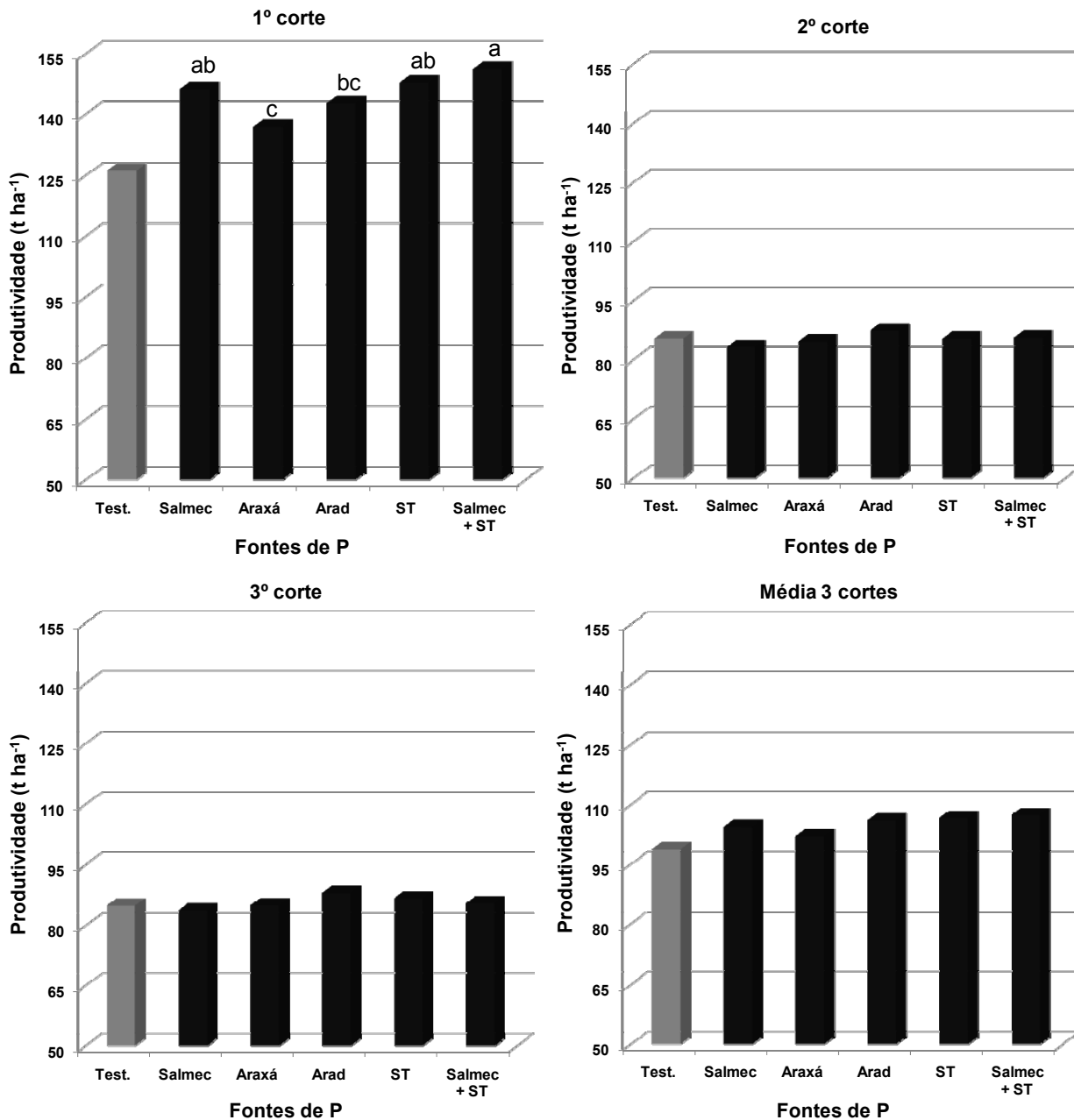


Figura 11 – Médias de produtividades das fontes de fósforo nos 3 anos de experimento. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Também comparando fontes de fósforo em cana-de-açúcar na variedade NA56-79 e em solo arenoso, Coleti (1983) não encontrou diferenças significativas a 5% de probabilidade entre a testemunha, a RFN-Araxá e o super triplo, onde as produtividades foram de 104 t ha⁻¹, 122 t ha⁻¹ e 124 t ha⁻¹, respectivamente.

Na interação doses x fontes foi observado efeito significativo (Tabela 12), então foi feito o desdobramento de fontes dentro de doses e de doses dentro de fontes (Tabela 13).

Tabela 13 – Médias do desdobramento da interação Doses x Fontes para a produtividade da cana-de-açúcar no primeiro ano. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

FV		Prod.	FV		Prod.
Fontes em Dose 100	Salmec	149,33 a	Doses em Salmec	100	149,33 a
	RFN-Araxá	140,42 a		200	143,37 a
	RFI-Arad	141,79 a		Média	146,35
	Super triplo	145,68 a	Doses em RFN	100	140,43 a
	Salmec + ST	147,12 a		200	133,48 a
Média	144,87	Média	136,95		
<hr/>			<hr/>		
Fontes em Dose 200	Salmec	143,37 ab	Doses em RFI	100	141,79 a
	RFN-Araxá	133,48 b		200	143,55 a
	RFI-Arad	143,55 ab	Média	142,67	
	Super triplo	150,15 a	Doses em Super triplo	100	145,68 a
	Salmec + ST	155,18 a		200	150,14 a
Média	145,15	Média	147,91		
<hr/>			<hr/>		
			Doses em Salmec + ST	100	147,12 b
				200	155,18 a
			Média	151,15	

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No efeito das fontes dentro da dose 100 kg ha⁻¹, não foram encontradas diferenças significativas entre as fontes, tendo a media das fontes dentro do fator dose 100 de 144,87 t ha⁻¹.

De acordo com esses dados, na aplicação de 100 kg ha⁻¹ é recomendado a utilização da fonte menos onerosa para o produtor, apesar da produção do Salmec ter sido superior em 9 t ha⁻¹ a produção da RFN-Araxá. Esses resultados mais uma vez comprovam a baixa eficácia desses fosfatos de rocha em resultados de curto e médio prazo, que se deve ao fato da baixa solubilidade que possuem. Lembrando também

que a superioridade dos tratamentos com o Salmec também está relacionado a quantidade de zinco que essa fonte possui.

Alvarez; Arruda e Wutke (1965) estudando doses e fontes de P no sulco de plantio encontraram diferenças significativas entre as fontes de P na dose de 100 kg ha⁻¹. A testemunha apresentou uma produtividade de 65 t ha⁻¹, o fosfato natural Araxá de 77 t ha⁻¹ e o super simples foi de 95 t ha⁻¹.

De acordo com Penatti; Donzelli e Forti (1997) em cana-planta aplicando uma dose de 40 kg ha⁻¹, as fontes de fósforo (super triplo, super simples, temofosfato e MAP) não foram capazes de mostrarem diferenças entre si, onde superaram apenas a testemunha.

Para as fontes dentro da dose 200 kg ha⁻¹, foram observadas diferenças significativas entre a fonte Salmec + ST (155,18 t ha⁻¹) e ST (150,15 t ha⁻¹) comparadas com a fonte RFN-Araxá (133,48 t ha⁻¹) (Figura 12).

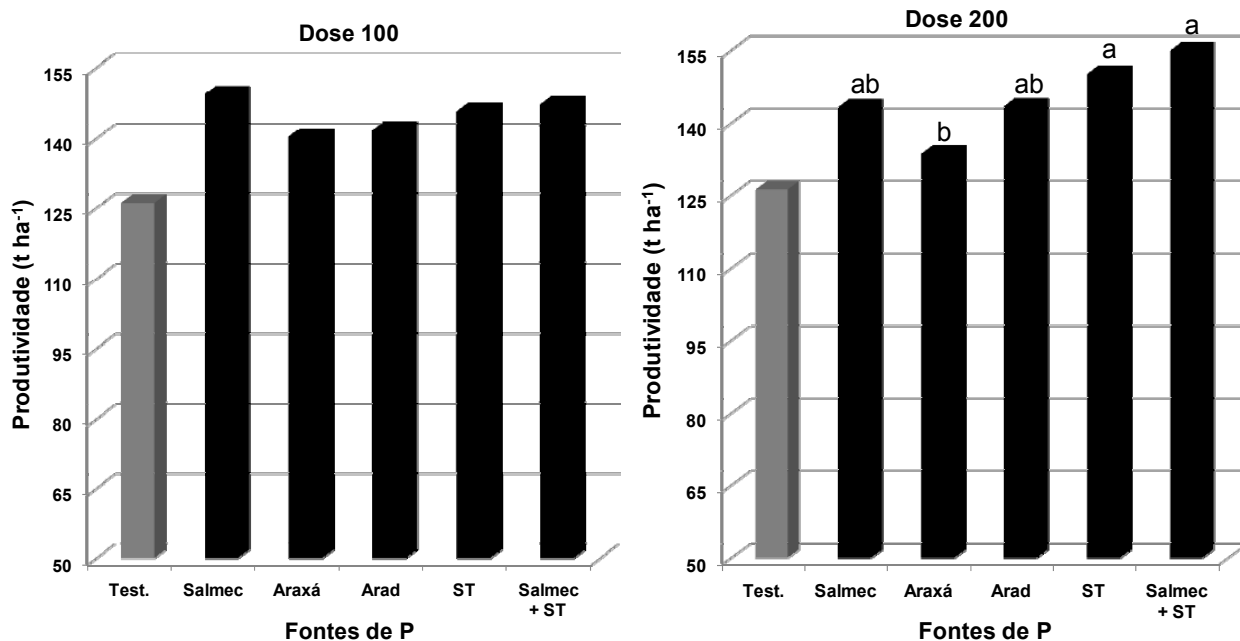


Figura 12 – Médias de produtividades das fontes de fósforo dentro da dose 100 e 200 no primeiro corte. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Portanto a combinação Salmec + ST se mostrou eficiente para elevar a produtividade. Se considerarmos o uso de uma fonte alternativa e que aliado a isso, é

um sub-produto de resíduos industriais, não se pode deixar de considerar o efeito sustentável que essa prática possui.

Comparando as médias das doses 100 e 200 praticamente não se vê diferenças, então pode-se afirmar que a dose de 100 kg ha⁻¹ é suficiente para se obter uma produtividade ideal para cana-planta, e em relação a fonte, a combinação Salmec + ST foi a que se mostrou mais eficaz para se conseguir boa rentabilidade, considerando tanto o lado da disponibilidade desse produto, como a questão econômica dessa combinação.

Prado e Fernandes (2001) relataram que a aplicação de escória de indústrias incrementou os níveis de P disponível do solo e a produção de colmos em cana-de-açúcar, de maneira linear. Todavia, recomendam o uso agrônomo da escória de indústrias, por contribuir para aumentar a eficiência de adubação fosfatada em solos pobres nesse nutriente, traduzindo assim em reflexo na produtividade das culturas. Esses efeitos podem estar associados como aqui a presença de outros elementos no produto utilizado.

Desdobrando doses dentro de fontes, não foram observadas diferenças significativas das doses para fontes Salmec (146,35 t ha⁻¹), RFN (136,95 t ha⁻¹), RFI (142,67 t ha⁻¹). e ST(147,61 t ha⁻¹). Apenas na fonte Salmec + ST as doses 100 (147,12 t ha⁻¹) e 200 (155,18 t ha⁻¹) apresentaram diferenças significativas. Portanto, nas outras fontes de fósforo, independe se a dose é de 100 ou 200 kg ha⁻¹, a produtividade será estatisticamente a mesma (Tabela 13).

Essa diferença encontrada dentro da combinação Salmec + ST, mais uma vez comprova a superioridade dessa fonte em relação às demais. E no caso da decisão da aplicação dela, que seja na dose de 200 kg ha⁻¹. Para as demais fontes, a dose de 100 kg ha⁻¹ já se tornaria suficiente indicando que possivelmente o zinco é um dos fatores que esta limitando a produção.

4.2.2 Segunda colheita

No segundo corte, cana-soca, houve efeito significativo em nível de blocos ($p < 0,01$) e na interação doses x formas ($p < 0,05$). Para todas as outras fontes de variação

não foram encontrados efeitos significativos. Igualmente as outras análises o coeficiente de variação (CV) foi baixo, ficando em 7,08% (Tabela 12).

Para os efeitos isolados de cada fator da análise, doses, formas de aplicação e fontes não foram observadas diferenças significativas, ou seja, os níveis de doses, 100 (85,87 t ha⁻¹) e 200 (84,56 t ha⁻¹), os níveis de formas de aplicação, sulco (86,11 t ha⁻¹), área total (85,26 t ha⁻¹) e sulco + área total (84,26 t ha⁻¹) e os níveis de fontes de fósforo (Figura 11), Salmec (83,14 t ha⁻¹), RFN-Araxá (84,67 t ha⁻¹), RFI-Arad (87,34 t ha⁻¹), Super triplo (85,31 t ha⁻¹) e Salmec + ST (85,56 t ha⁻¹) não diferem entre si (Tabela 12).

Na interação doses x formas foi observado efeito significativo (Tabela 12), portanto foi feito o desdobramento de formas dentro de doses e de doses dentro de formas (Tabela 14).

Tabela 14 – Médias do desdobramento da interação Doses x Formas para a produtividade da cana-de-açúcar no segundo ano. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

FV		Prod. (ha ⁻¹)	FV		Prod. (ha ⁻¹)
Formas em Dose 100	Sulco	87,97 a	Doses em Sulco	100	87,97 a
	AT	87,05 a		200	84,26 a
	Sulco + AT	82,57 b		Média	86,11
	Média	85,86	Doses em AT	100	87,06 a
Formas em Dose 200	Sulco	84,26 a		200	83,47 a
	AT	83,47 a		Média	85,26
	Sulco + AT	85,94 a	Doses em Sulco + AT	100	82,57 a
Média	84,56	200		85,94 a	
		Média		84,25	

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No efeito das formas dentro da dose 100 kg ha⁻¹, foram observadas diferenças significativas entre a forma Sulco (87,97 t ha⁻¹) e AT (87,05 t ha⁻¹) comparadas com a forma Sulco + AT (82,57 t ha⁻¹). Esses resultados reforçam a hipótese de que existem outros fatores limitantes a produção além da forma de aplicação. Esperava-se que houvesse o fósforo prontamente disponível para planta com a aplicação no sulco de plantio, principalmente nos cortes subsequentes a cana-planta, pois quando o sistema radicular dos perfilhos vai progressivamente substituindo as raízes da cana-planta, é

nesse período que as raízes necessitam de P para o seu bom desenvolvimento, que deveria ser fornecido pelo resíduo do corte anterior.

Para as formas dentro da dose 200 kg ha⁻¹, não foram encontradas diferenças significativas entre as formas, tendo a média das formas dentro do fator dose 200 de 84,56 t ha⁻¹ (Figura 13).

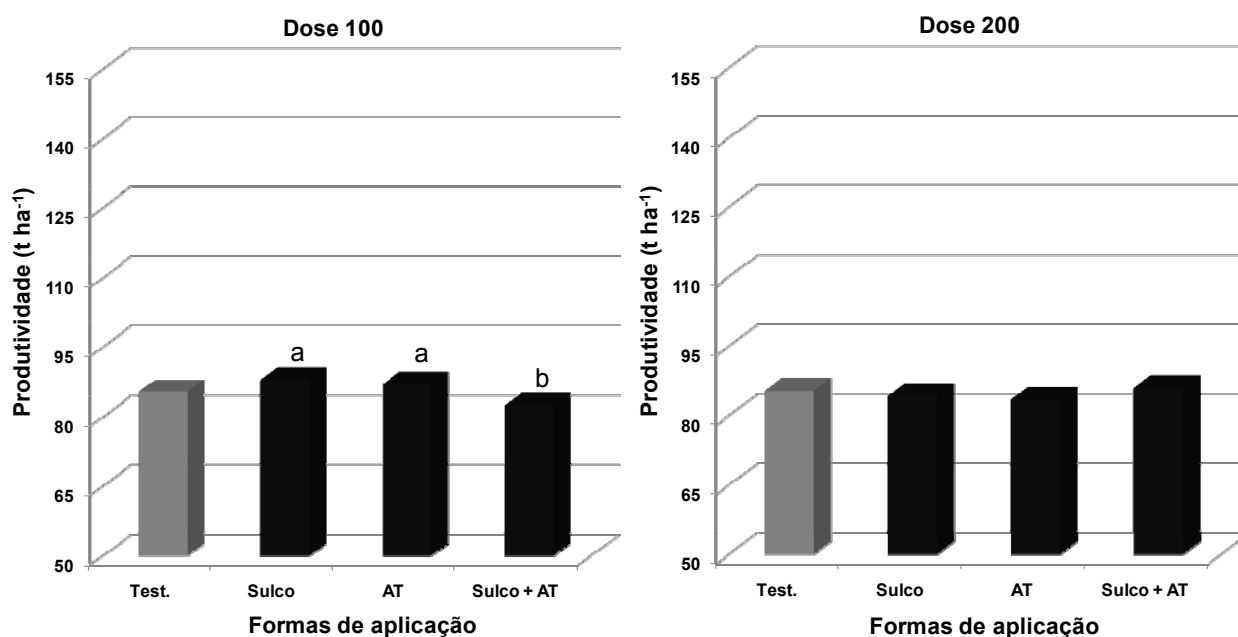


Figura 13 – Médias de produtividades das formas de aplicação dentro da dose 100 e 200 no segundo corte. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Rossetto et al. (2008) recomendam que para o cálculo da dose deve ser levado em consideração o teor do elemento presente no solo obtido pela análise do solo e a meta de produtividade. E que em geral, recomenda-se a adubação com fosfato solúvel na linha de plantio, mas para solos com teor muito baixo de fósforo e com baixa capacidade de fixação, recomenda-se a aplicação de fósforo em área total com incorporação. No presente trabalho nenhum efeito foi observado.

Desdobrando doses dentro das formas, não foram observadas diferenças significativas das doses para nenhuma forma de aplicação, Sulco (86,11 t ha⁻¹), AT (86,26 t ha⁻¹) e Sulco + AT (84,25 t ha⁻¹).

4.2.3 Terceira colheita

No terceiro corte, houve efeito significativo apenas em nível de blocos ($p < 0,01$). Para todas as outras fontes de variação não foram encontrados diferenças significativas. O coeficiente de variação (CV) também foi considerado como baixo, ficando em 8,83% (Tabela 12).

Analisando os efeitos isolados de cada fator do experimento, doses, formas de aplicação e fontes de fósforo, não houve diferenças significativas nos níveis destes fatores, ou seja, nas doses, 100 ($86,6 \text{ t ha}^{-1}$) e 200 ($84,8 \text{ t ha}^{-1}$), entre os níveis de formas de aplicação, sulco ($86,2 \text{ t ha}^{-1}$), área total ($85,06 \text{ t ha}^{-1}$) e sulco + área total ($85,95 \text{ t ha}^{-1}$) e entre os níveis das fontes (Figura 10) Salmec ($83,67 \text{ t ha}^{-1}$), RFN-Araxá ($84,91 \text{ t ha}^{-1}$), RFI-Arad ($87,99 \text{ t ha}^{-1}$), Super triplo ($86,64 \text{ t ha}^{-1}$) e Salmec + ST ($85,44 \text{ t ha}^{-1}$) não diferiram entre si (Tabela 12).

Rossetto et al. (2008) ressaltam que na comparação de fontes de P em cana-de-açúcar, é importante verificar a respostas das soqueiras, porque geralmente as diferenças na produtividade aparecem devido às diferenças na solubilidade e no efeito residual dos fertilizantes. Mas não foi o que aconteceu neste experimento, onde só foram observadas diferenças nas fontes apenas no primeiro corte, no segundo e no terceiro as fontes não produziram resultados significativos.

Resende et al. (2003) testando efeito de doses x fontes também não encontrou diferenças significativas no terceiro corte. Na testemunha a produtividade encontrada foi de $80,2$ e $79,0 \text{ t ha}^{-1}$, para a dose 60 kg ha^{-1} de $85,2$ e $83,3 \text{ t ha}^{-1}$ e na dose 120 kg ha^{-1} foi de $90,8$ e $90,0 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente para as fontes termofosfato e super triplo.

O fato de não terem sido encontradas diferenças das fontes no segundo e terceiro corte, pode ser explicado pelo fato que como o solo da área era de pastagem, e anteriormente não tinha recebido nenhuma atenção com relação a fertilizantes, o solo estava muito pobre, ou seja, 'com fome' por nutrientes e outras possíveis limitações. Com o início da aplicação de nutrientes, o solo foi sendo abastecido e ao mesmo tempo deu suporte no primeiro ano de produção. A partir daí deve ter havido uma maior fixação de P aos colóides do solo e a matéria orgânica ali presente.

Como não houve reposição de P ao longo dos ciclos (segundo e terceiro ano), o solo não foi reabastecido para que houvesse um equilíbrio, e não sendo suficiente para

que fosse criado o efeito residual do P, e conseqüentemente uma continuidade da absorção por parte da planta, sendo isso refletido no segundo e terceiro corte, onde não houve diferenças entre os tratamentos estudados no trabalho. E ainda ressaltando que, de acordo com Rossetto et al. (2008), a eficiência de utilização do fósforo do fertilizante é baixa, e que uma das explicações por essa baixa eficiência é o alto teor de óxidos de ferro e alumínio, que promovem a fixação de fósforo.

4.2.4 Media das 3 colheitas

Considerando a media nos três anos de produção, houve efeito significativo para blocos ($p < 0,01$) e para o fator fontes ($p < 0,01$). Essa significância com certeza foi causada pelos dados da colheita do primeiro ano, já que no segundo e terceiro corte não foi observado efeito significativo para o fator fontes. O coeficiente de variação (CV) assim como na análise das parcelas, também apresentou uma redução, ficou em 4,45% (Tabela 12). O efeito significativo dos blocos evidencia e comprova a existência de um fator de produção que afetou de forma diferente em função da localização, mas que esse fator não pode ser determinado.

A fonte oriunda da combinação de Salmec + ST (com media de produtividade de $107,38 \text{ t ha}^{-1}$), Super triplo ($106,62 \text{ t ha}^{-1}$) e RFI-Arad (106 t ha^{-1}) foram superiores a fonte RFN-Araxá ($102,18 \text{ t ha}^{-1}$). As fontes Salmec + ST, ST e RFI-Arad tiveram um desempenho estatisticamente igual à fonte Salmec ($104,4 \text{ t ha}^{-1}$) (Figura 11). As diferenças encontradas no primeiro corte, influenciaram os resultados dessas médias, já que no segundo e terceiro corte não foram observadas diferenças significativas entre as fontes de fósforo.

Considerando os efeitos isolados dos fatores da análise, doses e formas de aplicação não apresentaram diferenças significativas, portanto os níveis de doses, 100 ($105,77 \text{ t ha}^{-1}$) e 200 ($104,86 \text{ t ha}^{-1}$) e os níveis de formas de aplicação, sulco ($105,47 \text{ t ha}^{-1}$), área total ($105,13 \text{ t ha}^{-1}$) e sulco + área total ($105,36 \text{ t ha}^{-1}$) não diferem entre si (Tabela 12).

Vale ressaltar que ao longo dos ciclos houve sempre a aplicação de vinhaça em todas as parcelas do experimento, então a vinhaça poderia melhorar a solubilidade das

fontes de P fazendo com que houvesse um efeito residual entre elas, porém não foram encontradas diferenças no segundo e terceiro corte.

4.3 Dados das análises tecnológicas nas parcelas

Na Tabela 15 está apresentado o resumo da análise de variância e os valores médios das análises tecnológicas nas parcelas realizadas no terceiro corte do experimento.

Tabela 15 – Resumo da análise de variância das parcelas para as análises tecnológicas da cana-de-açúcar no terceiro corte. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Fontes de variação	Análises tecnológicas						
	Brix	PCC	AR	Fibra	Umidade	Pureza	ATR
	Quadrados médios						
Bloco	1,83*	3,75*	0,0012	0,59	2,73	34,55*	342,60*
Tratamentos	0,66 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,01 ^{ns}	19,47 ^{ns}	102,13 ^{ns}
Resíduo	0,60	1,00	0,0017	0,60	1,35	11,95	90,05
Média geral	18,89	16,13	0,66	12,71	68,41	85,37	158,70
CV (%)	4,09	6,22	6,25	6,10	1,70	4,05	5,98
Tratamentos	Valores médios						
Testemunha	19,17	16,43	0,65	12,43	68,40	85,69	161,50
Dose 100 em S	18,86	16,06	0,64	12,63	68,51	85,06	157,90
Dose 100 em AT	19,12	16,49	0,66	12,81	68,06	86,16	161,97
Dose 100 em S + AT	18,58	15,88	0,66	12,68	68,76	85,39	156,13
Dose 200 em S	19,00	16,24	0,66	12,47	68,54	85,40	159,84
Dose 200 em AT	18,77	16,28	0,65	12,97	68,26	86,65	159,97
Dose 200 em S + AT	18,94	15,82	0,68	12,74	68,31	83,51	155,83
DMS	0,91	1,19	0,049	0,92	1,38	4,11	11,29

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ^{ns} não significativo pelo teste F;

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

QMR – quadrado médio do resíduo; CV(%) – coeficiente de variação

Constatou-se, através da análise de variância, que não ocorreu efeito significativo nos tratamentos apresentados. Apenas nos valores de Brix, PCC, Pureza e ATR foram encontrados efeitos significativos para blocos em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Os coeficientes de variação (CV) obtidos para todas as características avaliadas foram baixos (inferior a 10%), sendo o menor o de Umidade (1,70%) e o PCC (6,22%) apresentando o maior CV.

Por se tratar de apenas uma variedade de cana-de-açúcar avaliada, não foi possível a partir desses tratamentos observar diferenças significativas nas características tecnológicas, onde as diferenças entre os tratamentos foram imperceptíveis. Santos (2008) testando variedades e clones de cana-de-açúcar dentro de três épocas de desenvolvimento da cultura observou diferenças significativas tanto entre as variedades, como nas diferentes épocas de desenvolvimento para sólidos solúveis, pol do caldo, ATR, pureza, açúcares redutores e fibra.

Diversos autores encontram diferenças nessas características quando estão analisando épocas de colheita durante uma safra, portanto essas diferenças são perceptíveis e ficam mais evidentes nessas situações.

4.4 Dados das análises tecnológicas nas sub-parcelas

Na análise das sub-parcelas, foi observado efeito significativo para blocos apenas para as variáveis PCC, Pureza e ATR, todos significativos a 5%. Os coeficientes de variação (CV) também se apresentaram todos abaixo de 10% (Tabela 16).

Tabela 16 – Resumo da análise de variância das sub-parcelas para as análises tecnológicas da cana-de-açúcar no terceiro corte. Fazenda Alvorada, Usina Rio Vermelho. Junqueirópolis – SP, 2009

Fontes de variação	Análises tecnológicas						
	Brix	PCC	AR	Fibra	Umidade	Pureza	ATR
Quadrados médios							
Bloco	1,68 ^{ns}	3,76*	0,0010 ^{ns}	0,71 ^{ns}	2,65 ^{ns}	35,52*	342,27*
Doses	0,075 ^{ns}	0,015 ^{ns}	8,0x10 ^{-4ns}	0,015 ^{ns}	0,14 ^{ns}	3,68 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Formas	0,43 ^{ns}	2,91 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,82 ^{ns}	38,79*	250,90 ^{ns}
Doses x Formas	1,35 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,14 ^{ns}	17,57 ^{ns}	39,05 ^{ns}
Resíduo (a)	0,69 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,0026 ^{ns}	1,08*	2,13*	16,19 ^{ns}	127,08 ^{ns}
Fontes	0,056 ^{ns}	0,50 ^{ns}	8,9x10 ^{-4ns}	0,28 ^{ns}	0,58 ^{ns}	10,12 ^{ns}	44,34 ^{ns}
Doses x Fontes	0,52 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,94 ^{ns}	13,95 ^{ns}	89,60 ^{ns}
Formas x Fontes	0,59 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,03 ^{ns}	8,54 ^{ns}	67,75 ^{ns}
Doses x Formas x Fontes	0,53 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,93 ^{ns}	2,37 ^{ns}	7,81 ^{ns}	65,81 ^{ns}
Resíduo (b)	0,63	1,02	0,0015	0,51	1,16	12,17	90,89
Média geral	18,88	16,12	0,66	12,72	68,41	85,36	158,71
CV (%)	4,20	6,27	5,91	5,60	1,57	4,09	6,01
Doses							
100	18,85	16,14	0,65	12,70	12,73	85,54	158,67
200	18,91	16,11	0,66	12,73	12,70	85,19	158,55
DMS	0,32	0,46	0,02	0,40	0,57	1,57	4,39
Formas							
Sulco	18,93	16,15	0,66	12,55	68,52	85,23	158,87
AT	18,94	16,38	0,66	12,89	68,16	86,41	160,97
Sulco + AT	18,76	15,85	0,67	12,71	68,54	84,45	155,98
DMS	0,48	0,68	0,03	0,60	0,85	2,34	6,55
Fontes							
Salmec	18,83	15,95	0,66	12,57	68,61	84,63	156,95
RFN-Araxá	18,85	15,99	0,67	12,64	68,51	84,74	157,39
RFI-Arad	18,90	16,17	0,65	12,75	68,35	85,64	159,06
Super triplo	18,87	16,26	0,66	12,77	68,35	86,12	159,87
Salmec + ST	18,95	16,25	0,66	12,84	68,21	85,69	159,78
DMS	0,64	0,82	0,03	0,57	0,87	2,82	7,70

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ^{ns} não significativo pelo teste F;

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

QMR – quadrado médio do resíduo; CV(%) – coeficiente de variação

Nem mesmo as diferentes doses, formas de aplicação e fontes de fósforo foram capazes de fazer alguma diferença nas características tecnológicas desta variedade. Ou seja, pensando no principal fator analisado, o ATR, não vale a pena para o produtor investir em produtos e técnicas mais onerosas, que possivelmente ele não terá o retorno satisfatório, considerando esta variedade analisada.

Silva (2003) estudando níveis de adubação e a interação irrigação x adubação, através da análise de variância não identificou efeito significativo para todas as características estudadas (sólidos solúveis, Pol, fibra industrial, pureza e PCC). Apenas nos níveis de irrigação, observou-se efeito significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para as características Pol, fibra industrial e PCC. O que pode ser explicado pelo fato de mais ou menos água para cultura, através da irrigação, pode interferir nessas características, e principalmente no PCC, a mais importante dentre as apresentadas.

Portanto, de acordo com o mesmo autor, as características dos sólidos solúveis e pureza não foram significativos em nenhum dos fatores estudados. Em relação aos coeficientes de variação, para as características avaliadas, o mesmo também encontrou valores abaixo de 10%.

Com relação à pureza, neste experimento, em todos os tratamentos (doses, forma de aplicação e fontes de fósforo) os índices ficaram acima 84%. Franco (2003) cita que no Estado de São Paulo tem-se como referência mínima 80% em início de safra e 85% ao transcorrer da safra para que seja recomendada a industrialização da cana.

De acordo com as normas de qualidade da matéria-prima redigidas pelo CONSECANA (2003) e (2006), as unidades industriais poderão recusar o recebimento de carregamentos com pureza abaixo de 75%.

Em relação a fibra, os teores oscilaram entre 12,55 a 12,97%, portanto uma variação muito pequena. Franco (2003) menciona que os níveis de fibra de uma cana normal devem oscilar numa faixa de aproximadamente 10-13%.

Segundo a COPERSUCAR (1980), a necessidade de conhecer melhor a origem da fibra e que na cana industrial os teores de fibra são maiores que na ordem

“botânica”, ou seja, na ordem de 14-15%. Já Fernandes (2003), analisando dados do sistema (PCTS) mostrou que a fibra industrial oscilou entre 13-14% de 1987 à 1998.

Deve-se observar também que as novidades que estão surgindo em termos de equipamentos envolvidos com a extração, com a produção de vapor e seu consumo no processo, além da possibilidade da co-geração de energia permitem se cogitar a respeito da tendência futura em se privilegiar variedades não só ricas em açúcar, mas também ricas em fibras.

Portanto, no que diz respeito a fibra, as variedades com maiores teores tenderiam a ter mais atenção por parte dos melhoristas, técnicos e produtores e passariam a ocupar maiores áreas de cultivo em função das vantagens que se apresentam por conta dessa característica.

De maneira geral, os dados aqui apresentados já eram esperados, pois as variações nos tratamentos não seriam determinantes para influenciar nas características dessas análises, e como já foi relatado, para acontecer mudanças significativas nessas análises, apenas trabalhos com variedades, épocas de colheita, níveis de adubação com NPK, entre outros, é que seriam capazes de fazer diferenças perceptíveis. O que poderia ocorrer de fato seria o aumento do teor de P no caldo, mas que essa análise não pode ser feita e segundo Korndörfer (2004), não é econômico almejar o aumento do fósforo no caldo aplicando fertilizante fosfatado no plantio da cana. Entretanto, mesmo ocorrendo, o fósforo na adubação deve ser aplicado visando apenas o aumento de produtividade

5 CONCLUSÕES

- A cana-planta responde positivamente a aplicações de fósforo de forma mais eficiente com fontes mais solúveis em água e CNA.
- As aplicações de fósforo no plantio produziram efeitos positivos no primeiro corte independente da fonte e forma de aplicação, e não foram suficientes para causar efeitos nas produtividades dos cortes subsequentes.
- Não houve diferença entre formas de aplicação, portanto, a aplicação no sulco de plantio tem maior retorno econômico.
- O uso da fonte alternativa Salmec é viável e foi mais vantajoso economicamente que outras fontes de P.
- Não há necessidade de aplicação de doses elevadas ($200 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) sem controle de fatores limitantes.
- Para as características tecnológicas estudadas não foram identificadas diferenças significativas nas diferentes doses, formas de aplicação e fontes de fósforo.
- A recomendação final para as condições estudadas é a aplicação de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 no sulco utilizando como fonte o Salmec e na falta deste, complementando com o super triplo.

REFERENCIAS

AGRIANUAL 2009 – Anuário da Agricultura Brasileira. Coordenadores: SANT'ANNA, A.; FERRAZ, J.V.; SILVA, M.L.M. AGRA FNP Pesquisas São Paulo. 2009. 497 p.

ALEXANDER, A.G. **Sugarcane physiology**: a comprehensive study of the *saccharum* source-to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752 p.

ALVAREZ, R.; ARRUDA, H.V.; WUTKE, A.P.C. Adubação de cana-de-açúcar. X – Experiência com diversos fosfatos (1959-60). **Bragantia**, Campinas, v. 24, p. 1-8, 1965.

ANDERSON, D. L.; BAWEN, J. E. **Nutrição da cana-de-açúcar** (tradução de José Orlando Filho). Piracicaba/SP POTAFOS. 40p.

ANGHINONI, I. Uso do fósforo pelo milho afetado pela fração de solo fertilizada com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, p. 349-353, 1992.

BASTA, N. T.; PANTONE, D. J.; TABATABAI, M. A. Path analysis of heavy metal adsorption by soil. *Agronomy Journal*, madson, 1992, v. 85, p. 195-204.

BALDEÓN, J.R.M. **Efeito da ação alcalinizante e da composição entre silicato e fosfato na eficiência do termofosfato magnésiano em solos ácidos**.1995. 88 p. Tese de (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

BEAUCLAIR, E. G. F. de; SCARPARI, M. S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V.; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar: Estado da Arte**. Piracicaba: T. C. C. Ripoli, 2007. 198 p.

BERDING, N.; BROTHETON, G.A.; LE BROCCQ, D.G.; SKINNER, J.C. Near infrared reflectance spectroscopy for analysis of sugar cane from clonal evaluation trials: I Fibred cane. **Crop Science**, Madison, v.31, n.4, p.1017-1023, 1991a

BERDING, N., BROTHETON, G.A., LE BROCCQ, D.G., SKINNER, J.C. Near infrared reflectance spectroscopy for analysis of sugar cane from clonal evaluation trials: Expressed juice. **Crop Science**, Madison, v.31, n.4, p.1024-1028. 1991b.

BERNARDES, M.S; PRELLWITZ, W.P.V.; BRAGA JÚNIOR, R.L. do C.; SUGUITANI, C.; BEAUCLAIR, E.G.F. de; CÂMARA, G.M. de S. Equação para estimativa de produtividade dos sucessivos cortes associada ao ambiente de produção e manejo da cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB-SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 9, 2008. Maceió. **Anais...** Maceió:STAB, 2008. p. 628-631.

BOLAN, N.S.; WHITE, R.E.; HEDLEY, M.J. A review of the use of phosphate rocks as fertilizers for direct application in Australia and New Zealand. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 30, p. 297-313, 1990.

BOLLAND, M.D.A.; BOWDEN, J.W. Long-term availability of phosphate from calcined rock phosphate compared with superphosphate. **Australian Journal of Agricultural Research** 33, p. 1061–1071, 1982.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió-AL: Sindicato da Indústria e do Alcool do Estado de Alagoas, 1998. 438p.

CAMBUIM, F.A. **A ação da vinhaça sobre a retenção de umidade, pH, acidez total, acumulação e lixiviação de nutrientes, em solo arenoso**. Recife: UFRPE, 1983, 133p. Dissertação Mestrado.

CAMARGO, P. N. **Fisiologia de la caña de azúcar**. México: Comisión Nacional de la Industria Azucarera, 1976. 59 p. (Serie Divulgación Técnica IMPA Folleto, 6).

CACERES, N.T.; ALACARDE, J.C. **Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. STAB, açúcar álcool e subprodutos, Piracicaba, 16 (4): 21-22. jul/ago 1995.

CENTURIÓN, R.E.B.; MORAES, V.A.; PERCEBON, C.M.; RUIZ, R.T. Destinação final da vinhaça produzida por destilarias autônomas e anexas, enquadradas no programa nacional do álcool. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11., 1989, Fortaleza: ABES, 1989. p.7.

CLEMENTS, H.F. **Sugarcane crop logging and control: principles and practices**. [London]: Pitman Publishing; [Honolulu]: The University Press of Hawaii, 1980. 520p.

CNA. Confederação Nacional da Agricultura. Cana-de-açúcar. Disponível em: <http://www.canaldoprodutor.com.br/home/Cana-de-acucar>. Acesso: 13 set 2009.

COLETI, J.T. Uso de torta de filtro e bagaço humificado na cultura da cana-de-açúcar. In: MARCONI, A. **Curso de atualização em adubação de plantas cultivadas**. Piracicaba: ESALQ, 1983. 18 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, setembro/2009**. Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2009. 14 p.

CONSECANA. **Manual de instruções**. Piracicaba: Edição Consecana, 2003.. 118p.

CONSECANA. **Manual de instruções**. Piracicaba: Edição Consecana, 2006. 116p. 2

COPERSUCAR. **Amostragem e análise de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar divisão Agrônômica, 1980. 37 p. (Boletim Técnico, 6).

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. Piracicaba: CONSECAN, 1999. 92p.

COPERSUCAR. **Sexta geração de variedades de cana-de-açúcar Copersucar**. São Paulo, 1997. 28p. (Boletim técnico. Edição especial).

CORRÊA, P.M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das plantas exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1926. v. 1, cap. 13. 747 p.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University, 1981. 1262 p.

DEMATTÊ, J.L.I. **Solos arenosos de baixa fertilidade: estratégias de manejo**. In: Seminário Agroindustrial da Samana "Luiz de Queiroz", 29. ESALQ, Piracicaba, SP, 1986. (mimeografado)

ELIA NETO, A.; NAKAHODO, T. **Caracterização físico-química da vinhaça projeto nº 9500278. Relatório Técnico**. Piracicaba: Seção de Tecnologia de Tratamento de Águas do Centro de Tecnologia Copersucar, 1995. 26 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA. Cultivo da soja. Disponível em:
<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/rotacao.htm>. Acesso: 15 out. 2009.

ERNANI, P.R.; BARBER, S.A. Corn grow and changes of soil and root parameters as affected by phosphate fertilizers and liming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1309-1314, 1991.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; CAMPOS, M.L.; CAMILO, R.J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 537-544, 2000.

ESTÉVES, A.A. Fisiologia de la caña de azucar. In: OSORIO C.E.B. (Ed.). **El cultivo de la caña de azucar**. Cali: Tecniacana, 1986. p.27-41.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB: Açúcar, Alcool e Subprodutos, 2003. 240 p.

FRANCO, A. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça: nitrogênio no sistema solo-planta, produtividade e características tecnológicas**. 2003. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Filho’ , Jaboticabal, 2003.

FREIRE WJ. 2000. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Série Engenharia Agrícola, v. 1. 204 p.

GHOSAL, P.K.; CHAKRABORTY, T.; BHATTACHARYA, B.; BAGCHI, D.K. Relative agronomic effectiveness of phosphate rocks and P adsorption characteristics of an Oxic Rhodustalf in Eastern India. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Tóquio, v. 166, p. 750-755, 2003.

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Eficiência agrônômica de fosfatos em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 311-318, 1980.

GOEDERT, W.J.; SOUZA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984. Brasília.. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 255-289.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467p.

HASSUDA S. **Impactos da infiltração da vinhaça de cana no Aquífero Bauru**. São Paulo, Tese de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 92 p. 1989.

HINSINGER, P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 237, n. 2, p. 173-195, 2001.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 35, n. 2, p. 227-239, 1997.

HUMBERT, R.P. **The growing of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779 p.

ITURRA, A. R. **Histórico das Microdestilarias de Álcool no Brasil**. Relatório apresentado ao Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA) e à Comissão Executiva do Biodiesel, coordenada pela Casa Civil da Presidência da República. 2004.

KLIEMANN, H.J.; LIMA, D.V. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais e sua influência no fósforo disponível em dois solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 111-119, 2001.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. 2nd ed. Berlim: Walter de Gruyter, 1931. 390p.

KORNDÖRFER, G.H.; FARIA, R.J. de; MARTINS, M. Efeito do fósforo na produção de cana-de-ano e cana-soca cultivada em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 10, p. 1667-1673, 1998. (Notas Científicas).

KORNDÖRFER, G.H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 290-306.

KORNDÖRFER, G.H.; LARA-CABEZAS, W.A.; HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 391-396, 1999.

LACLAU, P. R. F. B. **Balanço hídrico e crescimento de raízes da cana-de-açúcar sob disponibilidade de água contrastante e comparados ao modelo MOSICAS**. 2005. 123 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JUNIOR, L.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, J.C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 525-528, 2004.

LOPES, A.S.; GUIMARÃES, L.R. Fertilizantes e corretivos agrícolas; sugestões de manejo para uso eficiente. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1992. p. 39-69.

LOPES, M.S. **Relações entre o pH e a adsorção de fósforo e silício em solos**. 1977. 45 p. Dissertação de (Mestrado em Solos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.

LUDOVICE M.T.F. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre lençol freático**. 1997. 143 p. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres; 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo:Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1967. 251p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário estatístico da agroenergia / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. 160 p.

MONTEIRO. A.O. Rotação de culturas na lavoura canavieira. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba. **Anais...**São Paulo: Copersucar, 1988. p.67-95.

MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; BAPTISTELLE, L.R.; DEMATÊ, J.L.I. Termofosfato na produtividade da cana-de-açúcar e nas propriedades químicas de um solo arenoso de baixa fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 57-61, 1991.

MUTTON, M.J.R. **Efeitos da queima, manejo e armazenamento sobre as características tecnológicas dos colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1984. 95p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1984.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

ORLANDO FILHO, J. ROSSETTO, R.; CASAGRANDE, A.A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 355-369.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELO JUNIOR; HAAG, H.P. Absorção e remoção de zinco pela cana-de-açúcar, variedade CB 41 76 em três solos do Estado de São Paulo. **Brasil açucareiro**, Rio de Janeiro, n.96, v.1, p.31-41, 1980.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H.; Publicações da Potafos, 1994: Seja o doutor do seu Canavial. **“Nutrição e Adubação”**. Disponível em: <http://www.ipni.net/brazil>. Acesso em: 14 jan. 2009

PENATTI, C.P.; CAMBRIA, S.; BONI, P.S.; ARRUDA, F.C. de O.; MANOEL, L.A. Efeitos da aplicação de vinhaça e nitrogênio na soqueira da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, v. 44, p. 32-38, 1988.

PENATTI, C.P.; DONZELLI, J.L.; FORTI, J.A. Fontes de fósforo em cana-planta. In: SEMINÁRIO COOPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., 1997. Piracicaba, **Anais...** Piracicaba:Coopersucar, 1997. p. 364-370.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1199-1204, 2001.

PROCHNOW, L.I. Eficiência agronômica de fosfatos totalmente acidulados. In: SIMPÓSIO DE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2003, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Potafos; ANDA, 2003. 1 CD-ROM.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ed. Ceres, 1991. 343 p.

RESENDE, R.H.; KORNDÖRFER, G.H.; JARUSSI, R.O.; VOSS, L.R.; BARBOSA, D.S.; CORRÊA, G.F.; CAMARGO, M.S. de; PEREIRA, H.S. Termofosfato Yoorin na produção agrícola, absorção de fósforo e qualidade do caldo da cana-soca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Resumos expandidos...** Ribeirão Preto: UNESP, 2003. p. 66.

RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, L. Mitos e verdades sobre o uso de fosfatos naturais na agroecologia. Nota técnica nº 1. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, Departamento de Solos. Disponível em: http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/artigos/mitos_e_verdades.htm. Acesso em: 2 set. 2009.

RIDESA. **Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar: variedades RB**. Recife: UFRPE/EECA, 2003. 256 p. (Relatório Anua)

ROACH, B.T.; DANIELS, J. A review of the origin and improvement of sugarcane. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, 1987. Piracicaba. **Proceedings...**Piracicaba: Copersucar, 1987. p. 1-31.

ROSSETTO, R.; FARHAT, M.; FURLAN, R.; GIL, M.A.; SILVA, S.F. Eficiência agronômica do fosfato natural na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB-SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8.,2002. Recife. **Anais...**Recife:STAB, 2002. p. 276-282.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; PRADO JÚNIOR, J.P. Q. Fósforo. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 271-287.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; TAVARES, S. Potássio. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 289-312.

RUIZ, M. **Proálcool e seu desenvolvimento. 2006.** Disponível em: www.sociedadedigital.com.br. Acesso em: 02 out. 2009.

SANTOS, A.C. A. dos. **Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar para as condições edafoclimáticas de Aparecida do Taboado – MS.** 2008. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2008.

SANTOS, G.C.G dos; ABREU, C.A. de; CAMARGO O.A. de; ABREU, M.F. de. Pó-de-aciaria como fonte de zinco para o milho e seu efeito na disponibilidade de metais pesados. **Bragantia**, Campinas/SP, 2002, v. 61 n. 3 p.257-266.

SILVA, C.T.S. da. **Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre a produção da terceira folha de cana, irrigada nos tabuleiros costeiros da Paraíba.** 2003. 82 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

SMYTH, T.J.; SANCHEZ, P.A. Effects of lime, silicate, and phosphorus applications to an oxisol on phosphorus sorption and ion retention. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 3, p. 500-505, 1980.

SOBRAL, A.F.; WEBER, H. Nutrição mineral de cana-de-açúcar (micronutrientes). In: ORLANDO FILHO, J. (Ed.) **Nutrição e adubação de cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p. 103-122.

STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.** Campinas, 1987. v. 2.

SULTANUM, E.; SILVA, M.C.A.; FABEL NETO, E.; CAVALCANTE, L.V.; FRANÇA, M.R.; ARAUJO, O.B. **O fósforo na nutrição da cana-de-açúcar no nordeste do Brasil.** Cooperativa dos produtores de açúcar e álcool de Pernambuco, 1976. 65p. (boletim)

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; SANTARÉM, E. R. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TOKESHI, H. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Orgs.). **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: CNPq/POTAFOS, 1991. p. 485-499.

VAN DILLEWIJN, C. **Botany of sugar cane.** Walthen: Chronica Botanica, 1952. p.136-141.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações agrônômicas.** Piracicaba: Potafós, 2002. 16 p.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A.; LUZ, P.H.C.; QUINTINO, T.A. Manejo e uso de fertilizantes em cana-de-açúcar. In: MARQUES, M.O.; MUTTON, M.A.; AZANIA, A.A.P.M.; TASSO JÚNIOR, L.C.; NOGUEIRA, G.A.; VALE, D.W. **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2006. p. 31-51.

VITTI, G.C.; WIT, A.; FERNANDES, B.E.P. Eficiência agrônômica dos termofosfatos e fosfatos alternativos. In: SIMPÓSIO FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Potafos; ANDA, 2003. 726 p.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)