FERTILIZANTES FOSFATADOS SÓLIDOS E FLUIDOS NA CANA-DE-AÇÚCAR

GASPAR HENRIQUE KORNDÖRFER

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

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro, 1990

FERTILIZANTES FOSFATADOS SÓLIDOS E FLUIDOS NA CANA-DE-AÇÚCAR

GASPAR HENRIQUE KORNDÖRFER
Engenheiro Agrônomo

Dr. JOSÉ CARLOS ALCARDE
Orientador

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

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro, 1990

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

K84f Korndörfer, Gaspar Henrique
Fertilizantes fosfatados sólidos e fluídos na ca-
na-de-açúcar. Piracicaba, 1990.
91p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Adubo líquido 2. Cana-de-açúcar - Adubação fos-
fatada 3. Cana-de-açúcar - Produção - Efeito da aduba-
ção fosfatada I. Escola Superior de Agricultura Luiz
de Queiroz, Piracicaba.

FERTILIZANTES FOSFATADOS SÓLIDOS E FLUIDOS NA CANA-DE-AÇÚCAR

GASPAR HENRIQUE KORNDÖRFER

Aprovada em: 21.12.1990

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello ESALQ/USP

Prof. Dr. Paulo Cesar Ocheuze Trivelin CENA/USP

Prof. Dr. Eurípedes Malavolta CENA/USP

Dr. Sergio Bicudo Paranhos USINA S.MARTINHO

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ALCARDE
Orientador

**"Ao homem cabe traçar os seus caminhos,
mas é o Senhor que lhe dirige os passos"**

Provérbios 16:9

Em memória do Vô Décio, a
minha esposa Tida e aos
meus filhos Letícia, Ana
Paula, Pedro e Andréa.

AGRADECIMENTOS

A minha espôsa Tida pela compreensão e carinho, especialmente nos momentos mais difíceis e também pela sua disponibilidade e atenção dedicada a formação e educação dos nossos filhos enquanto eu estive envolvido com o curso.

À Universidade Federal de Uberlândia e a CAPES pela oportunidade de realizar o curso.

Ao amigo e professor orientador José C. Alcarde pelo incentivo durante todo o curso.

A todos os professores do Departamento de Agronomia da UFU pela compreensão em me liberar para terminar o curso.

À colega Sônia pelo auxílio nas análises estatísticas.

À amiga Ana Novaretti pela revisão e correção do texto.

Aos professores Valdomiro, Rodella, Quirino e Beauclair pela amizade e agradável companhia.

À Usina São Luiz de Pirassununga-SP, em particular ao João Martins e ao Luiz Mathiesen pela liberação da área e pela constante preocupação com o andamento do experimento.

Aos colegas Neivaldo, Eduardo, Ademar e Forti pela ajuda na coleta dos dados de campo.

Aos meus pais (Gastão e Eloah) e a minha sogra (Glaci) pelo constante estímulo e preocupação com as necessidades das nossas vidas.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Adubação fosfatada em cana planta	5
2.1.1. Resposta da cana a fósforo.....	5
2.1.2. Efeito de fontes	6
2.1.3. Efeito sobre a qualidade tecnológica	8
2.2. Adubação fosfatada em cana soca	10
2.3. Efeito residual da adubação fosfatada ...	12
2.4. Adubação fluida em cana	14
2.5. Diagnose foliar em cana.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Material	20
3.2. Tratamentos	22
3.2.1. Cana planta	22
3.2.2. Cana soca (segundo corte)	22
3.2.3. Ressoca (terceiro corte)	23
3.3. Métodos	23
3.3.1. Delineamento experimental	23
3.3.2. Avaliação dos parâmetros de crescimento e produção	24
3.3.3. Coleta e análise de solos e plantas	24

3.4.4. Avaliação da eficiência agronômica das fontes de fósforo	26
3.4.5. Análise tecnológica	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Cana planta	28
4.1.1. Efeito de doses e fontes de fósforo	28
4.1.2. Análise tecnológica	38
4.2. Cana soca (segundo corte)	40
4.2.1. Crescimento e produção	40
4.2.2. Fósforo absorvido.....	43
4.2.2. Fósforo no solo e efeito residual.	49
4.2.3. Análise foliar	50
4.2.4. Análise tecnológica	56
4.3. Ressoca (terceiro corte)	58
4.3.1. Produção de colmos	58
4.3.2. Índice de Eficiência Agronômica ..	62
5. CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICES	81

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Crescimento em altura da cana planta nos tratamentos testemunha e superfosfato triplo (100 kg P_2O_5 /ha)	31
2. Perfilhamento da cana planta ao longo do ciclo nos tratamentos testemunha e superfosfato triplo (100 kg P_2O_5 /ha)	32
3. Correlação entre o número de colmos antes do corte e a produção da cana	33
4. Efeito das doses de fósforo aplicadas na forma de superfosfato triplo sobre a produção de colmos	37
5. Influência das doses de fósforo aplicadas na cana planta sobre a resposta a fósforo na soqueira	46
6. Quantidade de fósforo extraída por tonelada de cana resultante da produção da cana planta e cana soca, em função das doses de fósforo aplicadas no plantio e na soqueira respectivamente	47
7. Porcentagem do fósforo aplicado no solo (100 kg de P_2O_5 /ha) que foi extraído pela cana planta + cana soca	48
8. Evolução do fósforo disponível no solo com a aplicação de superfosfato triplo	51
9. Porcentagem de perda do efeito residual da adubação fosfatada	52
10. Efeito da aplicação de fósforo na cana soca sobre o teor de P nas folhas de posição +3 coletadas com 7 meses de idade e analisadas com e sem a nervura	54
11. Efeito do número de cortes sobre a queda de produtividade da cana-de-açúcar. O superfosfato triplo foi aplicado na dose de 100 kg P_2O_5 /ha, no plantio (média dos tratamentos com e sem fósforo na soqueira)	60
12. Efeito da aplicação de diferentes fontes de fósforo sobre a queda de produtividade da cana ao longo de três cortes	61

13.Índice de Eficiência Agronômica das fontes de fósforo calculado com base na soma da produção de três cortes consecutivos	65
---	----

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Análise química dos adubos fosfatados	21
2. Concentração de P nas folhas +3 da cana planta coletadas aos 4 meses de idade	30
3. Produção de matéria seca e fósforo extraído pela cana planta aos 6 meses + 15 dias e 17 meses + 15 dias de idade (média das 4 fontes de fósforo aplicadas na dose de 100 kg de P_2O_5 /ha)	35
4. Produção de matéria seca, de colmos industriais e de fósforo extraído pela cana planta na colheita	36
5. Resultados das análises tecnológicas da cana planta	39
6. Efeito da adubação fosfatada no perfilhamento e na produção de massa verde e seca da cana soca	40
7. Produção de colmos da cana soca (segundo corte)	41
8. Produção de colmos e açúcar da cana soca (segundo corte)	43
9. Quantidade de fósforo extraído pela cana soca (segundo corte), com e sem aplicação de fósforo	44
10. Teores de macro e micronutrientes encontrados nas folhas +3 da cana soca, aos 7 meses após o primeiro corte	53
11. Correlações entre os teores de fósforo na folha, as relações N/P, K/P e a produtividade da cana soca	56
12. Análises tecnológicas dos colmos da cana soca (segundo corte)	57
13. Produção de colmos da ressoca (terceiro corte)	59
14. Índice de Eficiência Agronômica das fontes de fósforo em cada corte	64

FERTILIZANTES FOSFATADOS SÓLIDOS E FLUIDOS NA CANA-DE-AÇÚCAR

Autor: Gaspar Henrique Korndorfer

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Alcarde

RESUMO

O estudo foi realizado em condições de campo, conduzido durante aproximadamente três anos, junto a uma área pertencente a Usina S. Luiz, situada em Pirassununga-SP, utilizando-se a variedade de cana-de-açúcar SP71-1406 e tendo por objetivos: (1) avaliar o desempenho de adubos fosfatados aplicados ao solo na forma fluida comparativamente aos sólidos e seus efeitos residuais sobre a produção de cana; (2) verificar o efeito do fósforo sobre o comportamento agrônômico da cana planta e cana soca.

As fontes de fósforo testadas foram o superfosfato triplo, superfosfato simples, ácido fosfórico e uma mistura de ácido fosfórico+fosfato natural. As duas primeiras foram aplicadas na forma granulada e as duas últimas na forma fluida.

A dose de fósforo empregada no plantio foi de 100 kg de P_2O_5 /ha. Na cana soca as parcelas foram subdivididas. Metade da área recebeu reaplicação de 50 kg de

P₂O₅/ha e a outra metade não recebeu adubação fosfatada, desenvolvendo-se apenas com o fósforo residual aplicado na cana planta.

Durante o período experimental foram avaliados os parâmetros de crescimento, produção e qualidade tais como: altura da planta, perfilhamento, teor de fósforo na folha, fósforo extraído pela planta, produção de colmos, teor de fósforo e açúcar no caldo. O fósforo no solo foi analisado visando quantificar o efeito residual dos tratamentos.

Os resultados permitiram concluir que: (1) não há diferença entre a adubação fosfatada sólida e fluida na cana planta; (2) a produção da cana soca foi influenciada positivamente pela reaplicação da adubação fosfatada; (3) a relação N/P da folha expressa melhor o estado nutricional do fósforo na planta que simplesmente através do P; (4) após o terceiro corte o índice de Eficiência Agronômica dos fosfatos diminuiu na seguinte ordem: superfosfato simples (110%) > superfosfato triplo (100%) > ácido fosfórico (73%) > ácido fosfórico+fosfato natural (48%).

SOLID AND FLUID PHOSPHATE FERTILIZER ON SUGARCANE

Author: Gaspar Henrique Korndorfer

Adviser: Prof. Dr. José Carlos Alcarde

SUMMARY

This research was conducted during a three-years period, in Pirassununga, SP, in a field, located at São Luiz Sugar Mill, with the objectives of: (1) measuring yield response of sugarcane cv. SP71-1406 to fluid and solid soil-applied phosphates and its residual effects; (2) verifying the effect of phosphate fertilization on first and second ratoon cane yield. Treatments tested were triple superphosphate, single superphosphate (granular form), phosphoric acid and the mixture phosphoric acid + phosphate rock (liquid form).

The amount of phosphorus applied upon planting was 100 kg de P_2O_5 per hectare. Plots of first ratoon were split, with a half receiving on additional dose of 50 kg of P_2O_5 per hectare, and the other half none, let only with the residual dose of the first application.

Grow rates, yield and quality were evaluated through variables such as plant height, tillering hability,

weight of millable stalks and sugar contend. Foliar P concentration and P_2O_5 level on planta juice, were also determined. P level on soil was monitored in order to detect possible residual effect.

It was concluded from this experiment that:

- (1) there was no significant difference on the parameters studied as far as solid or liquid treatments were concerned;
- (2) there was a positive response on second ratoon yield due to additional phosphorus application;
- (3) the N/P ratio on leaves was a better indicative of P status in plant, than foliar P concentration;
- (4) the Agronomic Efficiency Index, after the third cutting, decreased in the following sequence: single superphosphate (110%) > triple superphosphate (100%) > phosphoric acid (73%) > phosphoric acid + rock phosphate (48%).

1. INTRODUÇÃO

A importância da energia no contexto mundial tornou-se especialmente relevante na década de setenta, principalmente após a conhecida crise do petróleo. Muitas propostas foram apresentadas pelos países diretamente afetados. Entretanto, foi o Brasil o único que efetivamente, substituiu parcialmente o petróleo por uma fonte de energia renovável: a cana-de-açúcar.

Recentemente, a discussão em torno do papel da cana-de-açúcar na matriz energética brasileira foi reativada pela crise do Golfo Pérsico. Os preços internacionais do petróleo elevaram-se de US\$17,00 para mais de US\$30,00 o barril. Por outro lado, a escassez do álcool carburante no mercado interno, especialmente no período da entre-safra da produção de cana-de-açúcar, e os bons preços do açúcar no mercado internacional, são motivos suficientes para haver uma ampliação no plantio da cana-de-açúcar.

Durante a década de setenta e até a metade da década de oitenta a pesquisa com cana-de-açúcar teve um grande impulso. Muitas informações foram geradas, particularmente sobre as variedades mais plantadas na época. Uma nova geração de variedades foi introduzida. Entre estas encontra-se a variedade SP71-1406. Poucas são as informações disponíveis neste caso, especialmente com referência ao manejo da adubação.

A variedade SP71-1406, de acordo com o censo varietal de 1988 (COPERSUCAR, 1989), foi a segunda mais plantada na Região Centro-Sul e a terceira variedade mais colhida, totalizando 13,7% da área com cana-de-açúcar.

O fósforo participa na produção de cana como um dos elementos mais frequentemente limitantes. Para satisfazer estas necessidades, que ocorrem particularmente nos solos pobres neste elemento, lança-se mão do uso de fertilizantes.

Os fertilizantes por sua vez, apresentam custos elevados, exigindo critérios racionais de utilização de modo que as despesas com adubação sejam compatíveis com os aumentos de produção. Assim, é importante que se busquem sistemas alternativos. Através da adubação fluida pode-se introduzir profundas modificações no sistema convencional de adubação.

O uso de adubos fluidos no Brasil é recente, mais de 90% das unidades produtoras de adubo iniciaram suas operações a partir da década de oitenta (CACERES &

KORNDORFER, 1988). A adubação convencional da cana-de-açúcar vem sendo gradativamente substituída pela adubação fluida. Estima-se que atualmente cerca de 500.000 ha são cultivados com cana-de-açúcar, utilizando adubos fluidos.

Dentro deste contexto, o uso do ácido fosfórico puro aplicado diretamente ao solo é uma alternativa interessante na medida que diminui os volumes utilizados, aumentando o rendimento operacional de aplicação, além de ampliar as opções de adubos fosfatados. O custo por unidade de P_2O_5 do ácido fosfórico é normalmente inferior às demais fontes de fósforo solúvel, o que representa mais um atrativo para o seu uso.

Outra alternativa de adubação para a cana-de-açúcar é a utilização do fosfato natural nas formulações fluidas. Neste caso, o fosfato natural entra nas misturas substituindo parcialmente o ácido fosfórico. Esta substituição visa fundamentalmente a redução de custo do produto e a solubilização do fosfato natural. Assim, o ácido fosfórico, durante a mistura, reage com o fosfato natural, diminuindo a acidez do adubo e transformando parte do fósforo insolúvel em fósforo solúvel ou prontamente disponível para as plantas.

A eficiência agronômica dos adubos fluidos de forma geral, e em particular da mistura ácido fosfórico + fosfato natural e do ácido fosfórico puro aplicado diretamente ao solo, ainda é pouco conhecida, embora alguns agricultores já façam uso destes produtos.

O presente trabalho propõe-se analisar a hipótese de que os adubos fosfatados aplicados na forma granulada e na forma fluida apresentam efeitos imediatos e residuais semelhantes sobre a produção de cana-de-açúcar, desde que as características químicas e físico-químicas do fósforo sejam também semelhantes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Adubação fosfatada em cana planta

O fósforo, embora sendo um elemento absorvido pela cana-de-açúcar em quantidades condideravelmente pequenas comparadas com o N e o K, exerce função chave no metabolismo desta planta, particularmente, na formação de proteínas, no processo de divisão celular e fotossíntese (MEYER, 1980).

2.1.1. Resposta a doses de fósforo

A adubação fosfatada é uma prática recomendada e de grande utilização na cana planta. Os resultados experimentais com aplicação de fósforo são altamente positivos como mostram os trabalhos de ALBUQUERQUE & MARINHO (1979); ORLANDO FILHO & ZAMBELLO JR. (1980); LIMA FILHO et alii (1982); RODELLA & MARTINS (1988).

A cana planta parece ser mais sensível à deficiência de fósforo do que a soqueira (PARISH, D.H. & FEILLAFE, 1959). A recomendação de fósforo é normalmente baseada na análise do solo (MEYER, 1980; COPERSUCAR, 1988) e varia conforme a região. No Estado de São Paulo, nas regiões tradicionalmente cultivadas com cana, as doses comumente empregadas são de 80 a 100 kg de P_2O_5 /ha (ZAMBELLO JR. & AZEREDO, 1983).

2.1.2. Efeito de fontes

A eficiência agronômica dos adubos fosfatados é influenciada por uma série de fatores: pela acidez do solo, pelo modo de aplicação, pela solubilidade dos fosfato e pela cultura (KORNDORFER, 1978).

O fósforo é o nutriente que se apresenta em maior número de formas químicas (fontes), as quais apresentam diferentes solubilidades (ALCARDE, 1979). Esta característica determina comportamentos agronômicos variáveis. Se a reação do fosfato no solo for muito rápida, há o risco de parte substancial do fósforo ser imobilizado (forma não lábil). Por outro lado, se a reação for muito lenta, a velocidade de reposição do fósforo, na solução do solo, talvez não seja suficiente para o crescimento normal da cana.

Um fosfato com baixa solubilidade em água, ácido cítrico ou citrato neutro de amônia tem poucas chances de apresentar uma boa eficiência agronômica (GOEDERT & SOUSA, 1984). Isto é, os efeitos sobre a produtividade estão diretamente relacionados com a quantidade de fósforo solúvel aplicado (RODELLA & MARTINS, 1988).

A cana-de-açúcar possui um ciclo de crescimento muito particular que difere das demais culturas. O ciclo de 18 meses, em média, tende a favorecer o aproveitamento das fontes menos solúveis como é o caso dos fosfatos naturais. Por outro lado, a localização do adubo no fundo do sulco e a imobilização no solo por períodos longos de tempo (4 anos em média) favorecem a eficiência dos fosfatos solúveis. RAIJ et alii (1981) citam que no caso da cana, os fosfatos naturais são inferiores ao superfosfato, ainda que apresentem um efeito muito bom, considerando a aplicação localizada.

O espaçamento entre fileiras ou sulcos da cana-de-açúcar é de aproximadamente 1,40m. O fosfato natural aplicado juntamente com o adubo fluido é comumente depositado no fundo do sulco. Esta localização ou concentração do adubo no fundo do sulco é desaconselhável porque reduz a superfície de contato do fosfato com o solo, diminuindo assim a reatividade do mesmo (ABRÃO et alii, 1980; RAIJ et alii, 1982).

Vários trabalhos têm mostrado baixa reatividade dos fosfatos naturais brasileiros quando

aplicados diretamente ao solo. Por este motivo, seu valor fertilizante tem sido questionado por diversos autores (BRAGA, 1970; LOPES et alii, 1982; RAIJ et alii, 1982; GOEDERT & SOUZA, 1984; LÉON et alii, 1986).

Trabalhos realizados especificamente com cana-de-açúcar igualmente confirmam a vantagem agrônômica dos fosfatos solúveis sobre os menos solúveis (ALVAREZ, 1965a; ALVAREZ, 1965b; ALBUQUERQUE et alii, 1979; ALBUQUERQUE et alii, 1981; SILVA et alii, 1988).

Quanto ao efeito de fontes de fósforo sobre os teores de P_2O_5 no caldo, LIMA et alii (1982), trabalhando com cinco fontes de fósforo, superfosfato simples, superfosfato triplo, fospal, yoorin e hiperfosfato em diferentes dosagens e modo de aplicação, observaram que os maiores acréscimos foram obtidos com os fosfatos solúveis.

2.1.3. Efeito sobre a qualidade tecnológica

A presença do fósforo no caldo da cana exerce papel fundamental no processo de clarificação. Caldos contendo baixos teores de P_2O_5 são de difícil floculação e, neste caso, a decantação das impurezas (bagacilho, argila, clorofila, etc.) é ineficiente. Caldo turvo e de coloração intensa implica na produção de açúcar de inferior qualidade, portanto, de menor valor comercial.

Praticamente, todo o fósforo contido no caldo está na forma inorgânica ou livre e uma pequena parcela, em torno de 10%, encontra-se na forma orgânica. No processo de clarificação, o fósforo livre reage com o cal $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ para a formação de fosfato tricálcio $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ o qual, ao flocular e sedimentar, realiza o arraste das impurezas que se depositam no fundo do decantador (lodo).

Segundo SILVA JR. (1976), o teor mínimo de P_2O_5 necessário para uma boa floculação é de 200 ppm. Sempre que estes teores forem inferiores, deve-se fazer a complementação através da adição de um fosfato solúvel ao caldo. Outros autores como DELGADO et alii (1973) e CESAR et alii (1987), citam a marca de 300 ppm como a mínima necessária para um bom rendimento industrial.

GUIMARÃES & SILVA (1977) ao analisar um grupo de 15 variedades observaram que os teores de fósforo inorgânico no caldo variaram entre 87 e 263 mg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{l}$. De um modo geral, o teor de fósforo no caldo das nossas variedades é considerado baixo, não atingindo o teor ideal para uma boa clarificação.

O teor de P nativo do solo pode afetar a concentração de P_2O_5 no caldo. Quanto maior o teor de P extraível do solo maior a quantidade de P_2O_5 no caldo. Caldos provenientes de solos com baixos teores de P nativo (< 8 ppm) apresentam baixo teor de fósforo no caldo. Nestes solos, a aplicação de 225 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ não foi suficiente para atingir os níveis ótimos. Porém, foram suficientes para

e elevar as produções de açúcar/ha ao nível dos demais solos (MARINHO & OLIVEIRA, 1980).

A adubação fosfatada, embora não sendo a forma mais eficiente e econômica, contribui de maneira significativa para aumentar o teor de P_2O_5 do caldo (ZAMBELLO JR. & ORLANDO FILHO, 1981; CESAR et alii, 1987; FERREIRA et alii, 1989).

De acordo com ORLANDO FILHO & ZAMBELLO JR. (1980) a pol % cana é pouco afetada pela adubação com fósforo. Entretanto, RODELLA & ORLANDO FILHO (1984), trabalhando com diferentes variedades e vários locais concluíram que níveis crescentes de fósforo aumentam a pol % cana.

2.2. Adubação fosfatada em cana soca

O efeito da adubação fosfatada na cana soca não é tão marcante quanto na cana planta. Os trabalhos de ZAMBELLO JR. (1977) e PENATTI et alii (1986) mostram que, mesmo nos solos pobres em fósforo, a resposta à adubação fosfatada não ocorre. Outros autores, no entanto, demonstram o contrário (ALBUQUERQUE et alii, 1981 e ZAMBELLO JR. et alii, 1981).

Os institutos de pesquisa, por sua vez, fazem recomendações completamente diferentes para uma mesma região quanto ao uso de fósforo em cana soca (COPERSUCAR,

1988 e RAIJ et alii, 1985). Atualmente, os questionamentos com relação à eficiência da adubação fosfatada na cana soca está levando os agricultores a suprimirem este elemento da adubação.

A frequente ausência de resposta a fósforo pode estar relacionado a fatores tais como: a) maior efeito residual do fósforo aplicado na cana planta (GUIMARÃES et alii, 1977 e MEYER, 1980); b) sistema radicular já estabelecido e distribuído em grande parte do volume de solo; c) dose de fósforo aplicada no plantio.

Quanto maior a dose de fósforo aplicada na cana planta maior será o efeito residual e, portanto, menores serão as chances de haver resposta a fósforo na cana soca (ALBUQUERQUE & MARINHO, 1984). HUMBERT (1974) cita que altas aplicações de fósforo no sulco de plantio parecem ser tão eficientes quanto a adubação da soqueira.

ZAMBELLO et alii (1977), utilizando três variedades, não encontraram reação ao fósforo nas soqueiras, talvez devido ao efeito residual da adubação de plantio.

A eficiência da cana em absorver fósforo do solo está diretamente relacionada à sua capacidade em explorá-lo. Assim, a cana soca (12 meses), ainda que possua um ciclo menor do que a cana planta (18 meses) tem a vantagem de iniciar seu crescimento com um sistema radicular já estabelecido e distribuído em quase todo volume de solo, sendo esta uma das possíveis razões para a maior facilidade da cana soca em aproveitar o fósforo disponível. Em vista

disto, é provável que o nível crítico de fósforo no solo para a cana soca, seja inferior ao da cana planta.

2.3. Efeito residual da adubação fosfatada

O efeito residual da adubação fosfatada pode ser entendido como a quantidade do fósforo total aplicado que, depois de decorrido um espaço de tempo após a aplicação, ainda permanece no solo numa forma disponível (MOSCHLER et alii, 1957). A queda dos teores de P no solo ocorrem pela conversão de formas mais solúveis em formas menos solúveis. Esta diminuição é influenciada pela dose e pelo método de aplicação, pela fonte de fósforo, pelo tipo de solo, manejo e pH do solo (YOST et alii, 1981 e GOEDERT, 1984).

BARROW (1973) cita que o efeito residual também depende da capacidade de retenção de fósforo (CRP) do solo: quanto maior a CRP, maior o efeito residual. MILAN (1981), trabalhando com 13 solos do Rio grande do Sul observou que características como: a CRP, o teor de argila, as quantidades de óxidos de Fe e Al são ineficientes para predição do efeito residual do superfosfato triplo.

No caso específico dos fosfatos solúveis a diminuição do efeito residual ocorre, entre outras coisas, devido ao preparo do solo antes do plantio (SOUSA, 1980 e MUZZILLI, 1981). Este processo leva à mistura das partículas

de adubo com o solo, trazendo um novo equilíbrio entre o P-disponível e o P-não disponível, resultando num rápido decréscimo do P-residual (WIDJAJA, s.d.). No caso particular da cana-de-açúcar, esta movimentação só ocorre de 4 em 4 anos em média, o que permite afirmar que o efeito residual do fósforo tende a ser maior quando comparado com culturas anuais.

A avaliação do efeito residual dos adubos fosfatados, no caso particular da cana-de-açúcar, é bastante complexo. O efeito residual depende também do comportamento da cana planta que antecedeu a soqueira. Uma soqueira proveniente de plantas com sistema radicular bem desenvolvido tende a levar vantagem sobre outra que pouco se desenvolveu na cana planta. Assim, quando se comparam diferentes tratamentos de fósforo, grande parte do efeito sobre a cana planta transferir-se-á para a soqueira, interferindo na avaliação do efeito residual. O efeito residual do adubo, neste caso, confunde-se com as diferenças entre as plantas. Este fato pode levar a resultados experimentais contraditórios.

ALBUQUERQUE et alii (1981) concluíram que o efeito residual apresentado pelos fosfatos solúveis superou, em todos os experimentos ao apresentado pelo hiperfosfato. Por outro lado, MELLO et alii (1974) trabalhando com fósforo radioativo concluíram que, entre os adubos estudados, a fosforita de olinda foi a que apresentou maior efeito residual, superando o superfosfato.

ZAMBELLO JR. e ORLANDO FILHO (1981), trabalhando com 4 solos, constataram que apenas no solo LE verificou-se efeito residual do fósforo aplicado no plantio sobre o desenvolvimento das soqueiras subsequentes.

2.4. Adubação fluida em cana

Os adubos sólidos e fluidos possuem uma relativa equivalência quanto a eficiência agronômica, quando aplicados nas mesmas doses de nutrientes e condições (SAMPLE & AKIN, 1984; SILVA et alii, 1988; CURTIS & FONTENOT, 1988; COOP, s.d.). Este fato não deve causar surpresa se considerarmos que os constituintes químicos e físico-químicos são essencialmente os mesmos.

O uso de fertilizantes fluidos possui vantagens tais como: homogeneidade de aplicação, menor gasto com mão de obra, dosagens precisas, flexibilidade na composição de fórmulas com diferentes teores de nutrientes, o que facilita sobremaneira o manejo da adubação, permitindo o uso de quantidades de nutrientes, de acordo com as reais necessidades do solo e da planta, e menor custo por unidade de nutriente aplicado (SILVA et alii, 1988 e MALAVOLTA, 1982).

Segundo BICHARA & AZEVEDO (1988) a adubação fluida utilizada na cana-de-açúcar é, em média, 24% mais barata do que a sólida.

Desde a década de cinquenta, os Estados Unidos da América usam o ácido fosfórico para aplicação direta no solo (COOP, s.d.). A corrosão e a formação de precipitados no fundo dos tanques de estocagem foram alguns dos fatores que desestimularam o uso deste produto. Atualmente, o ácido fosfórico é utilizado puro ou mais comumente em combinação com a uréia (BALAY et alii, 1984). O ácido fosfórico aplicado junto com a uréia possui as mesmas características e propriedades químicas que o ácido aplicado isoladamente. Os testes de eficiência agrônômica da mistura contendo uréia e ácido fosfórico, também denominada uréia-fosfato, mostram que este produto não difere das demais fontes de fósforo solúveis convencionais (ACHORN, 1984). Estes fertilizantes são muito utilizados nos solos salinos e nos sistemas de irrigação para dissolver impurezas que precipitam, ou para eliminar o crescimento de algas (ACHORN, 1985).

O ácido fosfórico é a fonte de fósforo mais indicada para a produção de adubos fluidos, como sugere (BITTENCOURT, 1988) porque atua como agente de solubilização da rocha fosfática e ao mesmo tempo como fornecedor de fósforo.

O uso do ácido fosfórico aplicado diretamente ao solo é uma técnica recente e já utilizada por alguns agricultores, porém de eficiência ainda desconhecida na nossa agricultura. Entre as principais vantagens na sua utilização, podemos citar: a) facilidade de armazenamento;

b) redução do tempo de reabastecimento dos tanques acoplados aos tratores e aumento no rendimento operacional; c) menor custo por unidade de P_2O_5 .

Devido à forte ação corrosiva, seu armazenamento, transporte e transferência devem ser feitos em tanques e condutores de aço inox 316, PVC ou fibra de vidro. O ferro e o aço carbono são grandemente atacados e portanto não podem ser utilizados (BITTENCOURT, 1984).

O custo do armazenamento do ácido fosfórico é normalmente menor do que de outros líquidos porque possui alta densidade ($d=1,68$) e alto teor de fósforo (52% de P_2O_5).

A eficiência agronômica do ácido fosfórico puro e concentrado como fonte de fósforo é muito pouco estudada. Entre os raros trabalhos com esta fonte encontra-se o de PENATTI (1990), o qual, utilizando duas variedades de cana-de-açúcar, quatro locais e várias doses de fósforo, verificou que não há diferença estatística entre as fontes testadas, ácido fosfórico e o superfosfato triplo. O autor conclui que o ácido fosfórico é uma alternativa viável para a produção de cana-de-açúcar.

Outra alternativa de uso de adubos fosfatados fluidos na cana-de-açúcar é a mistura do fosfato natural com ácido fosfórico. Esta mistura visa, principalmente, reduzir o custo final do adubo (SILVA et alii, 1988). Somado a isto, procura-se através desta mistura, aumentar o efeito residual do fósforo aplicado ao

solo, diminuir a acidez do adubo e transformar, através do processo de acidulação, parte do fósforo insolúvel do fosfato natural em fósforo solúvel, ou prontamente disponível.

Se por um lado os custos da formulação diminuem com o uso do fosfato natural, as dificuldades operacionais aumentam, isto é, o desgaste dos equipamentos (tanques e tubulação) por abrasão é muito intenso, além disto, as formulações precisam obrigatoriamente serem agitadas no interior dos tanques de estocagem e aplicação. Quando o sistema de agitação não é eficiente, normalmente ocorrem problemas de entupimento e segregação de nutrientes.

Em alguns casos suspensões de fosfato natural, com boas propriedades físicas, podem ser obtidas, juntando-se pequenas quantidades de argila. GETSINGER et alii (1984) conseguiram suspensões contendo até 18% de P_2O_5 com boas características físicas para estocagem com o auxílio de argila de suspensão (atapulgita-0,5%) e agente dispersante (0,3% de TSPP - Tri-polifosfato de sódio).

Os trabalhos de KORNDORFER, 1987 e BITTENCOURT, 1990 procuram identificar a relação ideal de fósforo solúvel proveniente do ácido fosfórico necessária para solubilizar todo o fósforo insolúvel da rocha. O primeiro autor, utilizando o ácido fosfórico diluído para acidulação da rocha, procedimento normalmente utilizado pelas fábricas de adubos fluidos nas usinas, conseguiu conversões de fósforo insolúvel em fósforo solúvel de apenas

20 a 30 %. Já o trabalho do segundo autor, conseguiu solubilizar entre 40 a 80%, utilizando o ácido sulfúrico.

LEE (1987) cita que é possível produzir fórmulas com ácido fosfórico e fosfato natural, podendo esta mistura ser armazenada sem problemas de precipitação e viscosidade por pelo menos 14 dias. Este mesmo autor também afirma que misturas contendo 20% de P_2O_5 proveniente do fosfato natural (Flórida) foram conseguidas conversões do fósforo insolúvel de 85%.

2.5. Diagnose foliar

Em relação ao fósforo, a análise foliar pode ser um bom indicador do estado nutricional da cana-de-açúcar (WOOD, 1987) e este depende da disponibilidade do elemento no solo.

Infelizmente esta técnica apresenta algumas dificuldades. As variações de concentração entre as diferentes partes da planta e durante o seu ciclo podem induzir a erros de interpretação. A padronização da amostragem e a identificação da parte da planta mais indicada para fazer a amostragem são os principais fatores para o sucesso desta técnica.

GALLO et alii (1962), analisando várias partes da planta de cana-de-açúcar, mostrou que as maiores amplitudes de variação entre os teores máximos e mínimos de

fósforo entre plantas adubadas e não adubadas foram obtidas na lâmina (folha) sem a nervura, indicando ser esta parte da planta que deve manifestar com maior fidelidade o estado nutricional em relação ao fósforo. GALLO et alii (1962) e MALAVOLTA et alii (1989) sugerem a folha +3 como a mais indicada para as condições do Brasil.

O diagnóstico do estado nutricional da planta quanto aos níveis de fósforo também pode ser feita através das relações N/P e K/P (BEAUFILS & SUMNER, 1976 e LIMA FILHO et alii, 1982). Estas relações parecem estar menos sujeitas às variações devido a idade da planta e das condições adversas de clima (EVANS, 1961).

MEYER (1975), obteve um melhor diagnóstico da deficiência de fósforo quando analisou as relações N/P e K/P em lugar de simplesmente o P da matéria seca.

De acordo com MARINHO & ALBUQUERQUE (1979), as classes de teores de P na folha dividem-se em: muito baixo ($<0,10\%$), baixo ($0,10-0,15\%$), médio ($0,15-0,19\%$) e adequado ($>0,20\%$). Segundo MEYER (1980) respostas à adubação fosfatada são comuns quando a concentração de P na folha é inferior a $0,19\%$, acima deste nível, nem sempre ocorrem respostas a fósforo. Este mesmo nível crítico também foi encontrado por ZAMBELLO JR. & ORLANDO FILHO (1980) e ELWALI & GASCHO (1984).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

O experimento foi instalado na Usina S. Luiz, município de Pirassununga-SP, em área de solo Podzólico Vermelho-Amarelo de textura média, distrófico. A análise química revelou: pH 5,6; P = 7 ppm (H_2SO_4 0,5N); K = 0,08 meq/100 cm^3 (H_2SO_4 0,5N); Ca = 0,82 meq/100 cm^3 ; Mg = 0,35 meq/100 cm^3 ; Al = 0,38 meq/100 cm^3 ; C = 1,47 %; Fe_2O_3 = 6,45% (ataque sulfúrico). A análise física da camada de 0-25 cm de profundidade revelou: areia = 69%; silte = 6% e argila = 25%. O solo recebeu calcário dois anos antes do plantio.

A variedade escolhida para o experimento foi a SP71-1406, que é classificada como de maturação média a tardia, isto é, pode ser colhida a partir do início de agosto até novembro (final da safra). Possui elevado teor de açúcar, e o seu desempenho a tem classificado como de média exigência em fertilidade do solo. Trata-se de uma variedade que normalmente não floresce e, conseqüentemente, não

"isoporiza", isto é, não apresenta "chochamento", nomes popularmente conhecidos para designar o secamento interno dos colmos. Além disto, possui resistência intermediária ao carvão e ao mosaico (COPERSUCAR, 1983).

O superfosfato triplo foi escolhido como fonte padrão ou referência. Todos os demais fosfatos foram comparados com ele. Tanto o superfosfato triplo quanto o superfosfato simples foram aplicados na forma granulada, enquanto que o ácido fosfórico concentrado e a mistura ácido fosfórico+fosfato natural foram aplicados na forma líquida, utilizando-se para tal, frascos plásticos perfurados.

A mistura ácido fosfórico + fosfato natural foi produzida em reator piloto. De acordo com KORNDORFER (1987), esta mistura se aproxima muito daquela produzida pelas fábricas de adubos líquidos, localizadas nas usinas e destilarias de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo.

Tabela 1 . Análise química dos adubos fosfatado.

Fontes de fósforo	P ₂ O ₅ sol.- Água	P ₂ O ₅ sol. - Ác.cít	P ₂ O ₅ sol. - Cít.+Água	P ₂ O ₅ Total
	-----%			
Superf.triplo	40,8	xxxx	42,2	45,6
Superf.simples	16,5	xxxx	19,2	20,6
ácido fosfórico	52,4	xxxx	52,6	52,8
ác.fosf+fosf.nat.	16,0	17,4	18,7	31,7

Análises realizadas no Laboratório Central da Copersucar

3.2. Tratamentos

3.2.1. Cana planta

O plantio da cana foi realizado no dia 5/12/85, utilizando-se entre 14 e 16 gemas/m linear. As parcelas constituíram-se de 10 linhas de cana espaçadas de 1,40m e com 30m de comprimento.

1. testemunha sem fósforo
2. superfosfato triplo - 50 kg P_2O_5 total/ha
3. superfosfato triplo - 100 kg P_2O_5 total/ha
4. superfosfato simples - 100 kg P_2O_5 total/ha
5. ácido fosfórico - 100 kg P_2O_5 total/ha
6. ácido fosfórico+fosf. natural - 100 kg P_2O_5 total/ha

A área total do experimento recebeu uma adubação básica contendo 25 kg de N/ha na forma de uréia, mais 125 kg de K_2O /ha na forma de cloreto de potássio, ambos aplicados no fundo do sulco de plantio. Dois meses depois, realizou-se uma adubação complementar com 50 kg de N/ha na forma de sulfato de amônio, adicionando enxôfre, mais 75 kg de K_2O /ha na forma de cloreto de potássio.

A colheita da cana planta (primeiro corte) foi realizada com 18 meses de idade (3/6/87), utilizando-se uma área útil de 112 m², composta de 5 linhas com 16m de comprimento cada.

3.2.2. Cana soca (segundo corte)

Após o primeiro corte, as parcelas foram submetidas a um sub-tratamento, isto é, metade da parcela original recebeu 50 kg P_2O_5 total/ha na forma de superfosfato triplo aplicado nos dois lados da linha de cana na profundidade de 10 cm, e a outra metade não. A adubação com nitrogênio e potássio foi a mesma para toda a área experimental: 120 kg de N/ha na forma de sulfato de amônio mais 120 kg de K_2O /ha na forma de cloreto de potássio.

Colheu-se a primeira soca (segundo corte) aos 15 meses (21/9/88), sendo a área útil da parcela correspondente a 5 linhas de 10m de comprimento ou 70 m².

3.2.3. Ressoca (terceiro corte)

A segunda soca não foi adubada com fósforo. Recebeu apenas os demais nutrientes em quantidades iguais ao que se aplicou na primeira soca (120 kg de N/ha + 120 kg de K_2O /ha). A colheita do terceiro corte realizou-se no dia 22/8/89, o que significa que a cana foi colhida com 11 meses de idade. Empregou-se a mesma área útil do segundo corte, isto é 70 m².

3.3. Métodos

3.3.1. Delineamento experimental

Foram quatro o número de repetições utilizadas e o experimento analisado estatisticamente segundo o esquema de blocos ao acaso na cana planta e de parcela sub-dividida na cana soca (Apêndice 10). O teste de Tukey 5% foi escolhido para comparação de médias.

3.3.2. Avaliação dos parâmetros de crescimento e produção

A análise do crescimento das plantas foi realizado através da medida de altura, em quatro pontos da parcela, aos 4 meses + 15 dias, 6 meses + 15 dias, 10 meses e 13 meses de idade (28/4/86; 27/6/86; 10/10/86 e 13/1/87). A altura correspondeu à medida entre a superfície do solo e o TVD ou "Top Visible Dew-lep", isto é, primeira aurícula visível de cima para baixo.

A avaliação do perfilhamento foi feita pela contagem do número de perfilhos ou colmos existentes em 5 linhas de 20 metros de comprimento, em 5 diferentes épocas na cana planta: 82, 144, 204, 309 e 404 dias após o plantio (25/2/86; 28/4/86; 27/6/86; 10/10/86 e 13/1/87). Na cana soca realizaram-se apenas 3 amostragens: 120, 193 e 292 dias (2/10/87; 15/12/87 e 25/3/88) e a contagem, feita em apenas 10m de comprimento, porque as parcelas eram de menor área.

3.3.3. Coleta e análise dos solos e plantas

Durante o crescimento da cana planta, analisou-se o solo aos 4, 18 e 34 meses + 15 dias (3/4/86, 5/6/87 e 24/10/88). Para tanto, coletaram-se amostras na profundidade de 0-25 cm sobre a linha de plantio da cana. Cada amostra constituiu-se de 15 sub-amostras e as análises realizadas de acordo com os métodos descritos por (RAIJ et alii, 1987).

Utilizando a mesma sistemática de amostragem, determinou-se o fósforo no solo logo após a colheita do

segundo corte (21/10/88), apenas nas sub-parcelas que não receberam reaplicação com fósforo na soqueira.

As amostragens de folhas para determinação da concentração de nutrientes foram realizadas na cana planta aos 3 meses+15 dias de idade (20/3/86), coletando-se o terço médio da folha de posição +3 (contadas a partir do TVD - Top Visible Dew-lap), incluindo a nervura central, de 20 folhas/parcela (GALLO *et alii*, 1962 e TRANI *et alii*, 1983).

Na cana soca, procedeu-se à amostragem das folhas aos 7 meses + 15 dias após o primeiro corte (17/1/88). O processo de coleta assemelhou-se ao realizado na cana planta. A análise, no entanto, foi feita, separando as folhas em dois grupos: com a nervura central e sem a nervura central. Depois de secas e finamente moídas em moinho tipo Wiley com câmara de aço inoxidável, as amostras foram decompostas. Escolheu-se para digestão das amostras de folhas o ataque nítrico-perclórico (BATAGLIA *et alii*, 1978). Para o N, a digestão do tecido vegetal se fez com ataque $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4$ conforme descrito por TEDESCO (1982). O nitrogênio foi destilado em aparelho micro-Kjeldhal e determinado por titulação com H_2SO_4 0,01N. O fósforo e o enxôfre foram determinados pelo sistema de injeção em fluxo (FIA - Flow Injection Analysis), o K por fotometria de chama e o Ca, Mg, Zn e Cu por espectrometria de absorção atômica.

A determinação das quantidades de P e Ca extraídas pelas plantas e a produção de matéria seca foram realizadas aos 6,5 e 17,5 meses de idade (27/6/86 e 26/5/87)

no caso da cana planta e aos 7º e 14º meses na cana soca (18/1/88 e 9/8/88). Para esta avaliação, utilizou-se a massa verde correspondente a 14 m² (2 linhas de 5 m), constituída de plantas inteiras (parte aérea) retiradas das bordaduras. Uma fração deste material (500g) foi colocado em estufa a 60°C até massa contante, para determinação da umidade.

Na avaliação da quantidade de nutrientes extraídos na pré-colheita da cana soca (14º mês), as plantas foram divididas e analisadas em duas partes: colmos e ponteiros. Os ponteiros foram separados dos colmos no ponto de fragilidade ou facilidade de quebra do palmito. A soma dos nutrientes extraídos pelos colmos mais ponteiros equivale à quantidade total extraída.

3.3.4. Avaliação da eficiência agronômica das fontes de fósforo

Para avaliar a eficiência agronômica das fontes, empregou-se o conceito do Índice de Eficiência Agronômica (I.E.A.) descrito por GOEDERT et alii (1986) e utilizado por LEON et alii (1986). A escolha deste índice deve-se, particularmente, ao tipo de curva padrão adotado, isto é, foram empregadas apenas duas doses de fósforo. Além disto, a dose das fontes testadas foram localizadas na ascendente da curva de resposta, aumentando ainda mais a validade do índice.

3.3.5. Análise tecnológica

A análise tecnológica: P₂O₅ no caldo, Pol % caldo e ATR (Açúcar Teórico Recuperável) foi feita na cana

planta e cana soca (segundo corte) pelos métodos descritos, respectivamente por HOARAU (1969), GLÓRIA & RODELLA (1972) e COPERSUCAR (1978). As amostras, constituídas de 10 canas seguidas na linha, separadas para esta finalidade, foram coletadas um dia antes da queima da palha. Portanto, a análise tecnológica foi realizada na cana crua e despontada.

A Pol do caldo representa a porcentagem aparente de sacarose contida no caldo de cana madura. Existem apenas três açúcares em quantidades apreciáveis no caldo: sacarose, glucose e frutose. Os teores de glucose e frutose são geralmente muito baixos em canas maduras e sadias (<de 1%). Isto faz com que o valor da Pol se aproxime bastante do teor real de sacarose, sendo comumente aceito como tal. A sacarose é o único açúcar diretamente cristalizável no processo de fabricação.

O ATR (Açúcar Teórico Recuperável) ou rendimento de açúcar de uma determinada área ou de uma quantidade de matéria prima, pode ser obtido através de fórmulas que, genericamente, procuram avaliar as perdas ou eficiências dos processos industriais. Assim, a Pol ou açúcar por tonelada de cana menos as perdas de sacarose na lavagem da cana, no bagaço, na torta e indeterminados, resultam no açúcar que chega a secção de cozimento.

Calculou-se a produção de açúcar/ha com base na produção de cana/ha e na quantidade de açúcar/t de cana (ATR).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Cana planta

4.1.1. Efeitos de doses e fontes de fósforo

A cana planta cresceu em taxas médias de 0,61 e 0,87 cm/dia, durante o primeiro ano de vida (Figura 1). Estas taxas foram calculadas pela média de altura dos tratamentos testemunha e superfosfato triplo (100 kg de P_2O_5 /ha) e o número de dias decorridos depois do plantio (Figura 1). Entre o sexto e o décimo mês, ocorreu uma redução na taxa de crescimento, o que era esperado, devido a menor precipitação ocorrida durante este período, conforme mostram os dados do Apêndice 1. No que se refere à altura das plantas, não foi possível detectar diferença estatística entre os tratamentos (Apêndice 2).

O número de perfilhos/m linear diminuiu com o passar do tempo como mostra a Figura 2. O efeito do fósforo sobre o perfilhamento só foi observado aos 82 dias após o plantio quando aplicou-se a dose de 100 kg de P_2O_5 /ha (Apêndice 3).

A análise de correlação feita entre o número de perfilhos ou colmos/m linear e a produção de cana (Figura 3) indica que, para a variedade em questão, este parâmetro serve como um bom indicativo para a estimativa de produção, mesmo sendo determinado na colheita.

A variedade em estudo, SP71-1406, apresentou teores de P na folha variáveis entre 0,28 e 0,30% (Tabela 2). Estes teores são considerados altos se compararmos com o nível crítico de 0,20% citado para as variedades Co740 e CB45-3, respectivamente por ZAMBELLO JR. & ORLANDO FILHO (1979) e MARINHO & ALBUQUERQUE (1979), especialmente levando-se em conta o fato da amostragem ter incluído a nervura central.

FERREIRA et alii (1989), trabalhando com a mesma variedade, SP71-1406, também encontraram teores de P na folha superiores a 0,20%.

A análise de regressão linear aplicada aos resultados de P na folha e a curva de superfosfato triplo (0, 50 e 100 kg de P_2O_5 /ha) mostram que há uma correlação positiva ($r=1,00^{**}$) entre as doses aplicadas e os teores nas folhas. Entretanto, é aconselhável ter cautela na interpretação deste efeito, uma vez que o intervalo entre os valores mínimos e máximos é de apenas 0,02% (Tabela 2). Esta diferença pode ser confundida com o próprio erro do laboratório ou de amostragem à que esta sujeita a análise foliar. MALAVOLTA et alii (1989) cita que a amplitude de

variação dos teores foliares de fósforo na cana-de-açúcar é de apenas 30%.

O teor de P nas folhas não foi afetado pelas fontes estudadas, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 . Concentração de P nas folhas +3 da cana planta coletada aos 3 meses + 15 dias de idade.

Tratamentos	Dose de P ₂ O ₅	P na folha
	-kg/ha-	--%--
testemunha	0	0,28a
super triplo	50	0,29a
super triplo	100	0,30a
super simples	100	0,30a
ácido fosfórico	100	0,30a
ácido fosf+fosf.natural	100	0,29a
C.V. (%)		4,16
DMS 5%		0,028

Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Figura 1. Crescimento em altura da cana planta nos tratamentos testemunha e superfosfato triplo (100 kg P_2O_5 /ha).

Figura 2 . Perfilhamento da cana planta ao longo do ciclo nos tratamentos testemunha e superfosfato triplo (100 kg P_2O_5 /ha).

Figura 3 . Correlação entre o número de colmos antes do corte e a produção da cana.

A Tabela 3 mostra que a variedade SP71-1406 aos 195 dias de idade produziu em termos de matéria seca o equivalente a 51% do total acumulado por ocasião da colheita (510 dias). Nesta mesma época, o P-absorvido representou 86% do total acumulado até a colheita (Tabela 3).

SEQUERA et alii (1989), procurando quantificar a absorção de fósforo, verificaram que o mesmo foi basicamente absorvido nos primeiros meses de crescimento.

É fundamental, portanto, que os teores de fósforo no solo estejam em níveis adequados durante os períodos iniciais de desenvolvimento da cana-de-açúcar. Nesta fase, a carência deste elemento pode trazer prejuízos irreparáveis para o canavial, com reflexos inclusive sobre a produtividade das soqueiras. Por estes motivos, pode-se questionar o uso de fosfatos de liberação lenta ou de baixa solubilidade, particularmente quando as doses de fósforo aplicadas são insuficientes.

A quantidade total de fósforo acumulada na parte aérea, pelos tratamentos que receberam 100 kg de P_2O_5 /ha no plantio foi de 14,4 kg de P/ha (Tabela 3). Valores muito próximos foram obtidas por FERREIRA et alii (1989) trabalhando com a mesma variedade (SP71-1406).

O fósforo acumulado na parte aérea pela cana planta representou menos de 35% da quantidade total de fósforo aplicada. Isto é, o índice de aproveitamento do adubo fosfatado, neste caso, foi muito baixo, especialmente

se for considerado que apenas uma parte do fósforo foi proveniente do adubo. A baixa eficiência da adubação fosfatada no ano da aplicação é citada por vários autores (LARSEN, 1967 e MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985).

Tabela 3 . Produção de matéria seca e fósforo extraído pela cana planta aos 195 e 510 dias de idade (média das 4 fontes de fósforo - 100 kg de P_2O_5 /ha).

Avaliações	Dias após o plantio	
	195	510
Matéria seca (t/ha)	21,4 (51)	42,2
P - extraído (kg/ha)	12,4 (86)	14,4

Os valores entre parênteses representam as porcentagens de matéria seca e P-extraído aos 195 dias de idade em relação aqueles obtidos por ocasião da colheita.

Resposta linear e positiva foi observada na produção de colmos com o incremento das doses de superfosfato triplo (Figura 4). Para a comparação entre as fontes utilizou-se doses de fósforo localizadas na porção ascendente da curva de resposta, o que garantiu uma boa avaliação dos fosfatos.

As fontes de fósforo não diferiram entre si quanto à produção de matéria seca, P-extraído e produção de colmos industriais (Tabela 4), comprovando a igualdade quanto à eficiência das formas líquidas em relação às formas sólidas citadas anteriormente por SAMPLE & AKIN (1984) e SILVA *et alii* (1988).

A presença do fosfato natural na mistura fluida não afetou os parâmetros de produção como comprova a Tabela 4. De acordo com a literatura (ALBUQUERQUE *et alii*, 1981 e SILVA *et alii*, 1988), esperava-se menor efeito deste tratamento na cana planta, já que o fosfato natural possui reatividade mais lenta. Provavelmente, a quantidade de fósforo liberada pela fração solúvel, proveniente do ácido fosfórico, foi suficiente para impedir o aparecimento de diferenças estatísticas. Embora diferenças de 14 ton/ha tenham sido detectadas entre este tratamento e o superfosfato simples (Tabela 4).

Tabela 4 . Produção de matéria seca, colmos e fósforo acumulado pela cana planta na colheita.

Tratamentos	Dose de P ₂ O ₅	Mat.seca parte aérea	P-extraído parte aérea	Produção de colmos
	-kg/ha-	--t/ha--	-kg/ha-	--t/ha--
testemunha	0	41,6a	12,5a	124,1 b
super triplo	50	42,7a	12,8a	131,3ab
super triplo	100	40,0a	14,0a	143,2a
super simples	100	43,2a	15,2a	146,1a
ácido fosfórico	100	41,8a	16,7a	139,0a
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	44,0a	15,3a	131,9a
C.V. (%)		9,7	16,9	6,8
DMS 5%		9,39	5,60	21,27

Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Figura 4 . Efeito de doses de fósforo aplicadas na forma de superfosfato triplo sobre a produção de colmos.

4.1.2. Análise tecnológica

Os resultados da análise tecnológica realizado na cana planta (Tabela 5), mostraram que tanto as doses como as fontes de fósforo utilizadas não tiveram efeito sobre o teor de açúcar (Pol do caldo), confirmando as conclusões já obtidas por ORLANDO FILHO & ZAMBELLO JR. (1980).

Não foram significativas as diferenças dos teores de fósforo no caldo entre os tratamentos que receberam adubação fosfatada e a testemunha, contrariando o que costumeiramente é encontrado na literatura. Este resultado pode ser explicado em parte, pelo alto coeficiente de variação determinado (Tabela 5).

O teor mínimo de fósforo no caldo necessário para uma boa clarificação, preconizado pela literatura entre 200-300 ppm de P_2O_5 , não foram atingidos (Tabela 5). CESAR et alii (1987) trabalhando com a variedade CB41-76 também não encontraram teores de fósforo no caldo, suficientes para atingir o nível mínimo, com a aplicação no solo de diferentes fontes e doses de fósforo.

Tabela 5 . Resultados das análises tecnológicas da cana
planta.

Tratamentos	Dose de P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ no caldo	Açúcar Teórico Recuperável	Pol do caldo
	-kg/ha-	--ppm--	-kg/t-	--%--
testemunha	0	85ab	113a	17,1a
super triplo	50	75b	111a	17,3a
super triplo	100	111a	116a	17,1a
super simples	100	113a	113a	17,0a
ácido fosfórico	100	103ab	113a	17,4a
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	110a	112a	16,8a
C.V. (%)		14,4	6,7	3,6
DMS 5%		33,1	17	0,28

Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey
5%.

4.2. Cana soca (segundo corte)

4.2.1. Crescimento e produção

O perfilhamento da cana soca aumentou com a aplicação de fósforo, tal como ocorreu na cana planta. A diferença manifestou-se na primeira amostragem feita aos 120 dias e também na última amostragem realizada aos 292 dias após o primeiro corte (Tabela 6).

A aplicação de fósforo resultou num aumento de 17% na massa verde e de 14% na matéria seca da cana soca determinada aos 7,5 meses de idade após o primeiro corte (Tabela 6).

Tabela 6 . Efeito da adubação fosfatada no perfilhamento e na produção de massa verde e seca da parte aérea da cana soca.

AVALIAÇÕES	Meses após corte	Tratamentos		C.V. (%)	DMS 1%
		Testemunha	P ₂ O ₅ 50 kg/ha		
Perf. (nº/m linear)	4	12,3	13,7**	8,7	0,95
Perf. (nº/m linear)	10	10,6	11,3**	3,3	0,30
Massa verde (t/ha)	7,5	64,0	75,0**	12,4	7,17
Massa seca (t/ha)	7,5	12,5	14,2**	13,8	1,53

** Tratamento que difere da testemunha (P > 99%).

A produção de colmos da cana soca não foi afetada pelas diferentes fontes de fósforo aplicadas na cana

planta (Tabela 7 e Apêndice 11). Esperava-se um efeito melhor da mistura ácido fosfórico+fosfato natural em relação aos demais fosfatos, em virtude da liberação gradual do fósforo. Entretanto, isto não se verificou, provavelmente, devido ao modo de aplicação. Isto é, o adubo foi colocado em linha no fundo do sulco, prejudicando a reatividade do fosfato natural não solubilizado presente na mistura.

Tabela 7. Produção de colmos da cana soca (segundo corte).

Tratamentos aplicados na cana planta	Dose de P ₂ O ₅	Tratamentos (cana soca)		MÉDIA
		Testemunha	P ₂ O ₅ 50 kg/ha	
-----t/ha-----				
testemunha	0	95a	109a	102a
superfosfato triplo	50	99a	113a	106a
superfosfato triplo	100	110a	114a	112a
superfosfato simples	100	107a	122a	114a
ácido fosfórico	100	107a	115a	111a
ác.fosf.+fosf.nat.	100	103a	111a	106a

MÉDIAS		103	114**	

Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey

5%.

** Tratamento que difere da testemunha ($P > 99\%$).

Verifica-se que houve um aumento significativo da produção de colmos e açúcar com a aplicação de 50 kg de P_2O_5 /ha na cana soca (Tabelas 7, 8 e Apêndice

11). O aumento médio de produção foi de 11 toneladas de colmos por hectare. A resposta a fósforo na soqueira já fora constatada por ZAMBELLO JR. et alii (1981, ALBUQUERQUE et alii (1981) e ALBUQUERQUE & MARINHO (1984), porém, contrariam as recomendações feitas pela COPERSUCAR (1988) e o trabalho de PENATTI, 1986.

A análise da interação ou da influência do fósforo aplicado na cana planta sobre a resposta da cana soca à reaplicação deste nutriente, não foi significativa, isto é, a resposta da cana soca independe da dose de fósforo aplicada no plantio (Apêndice 11). Estes resultados contrariam o trabalho realizado por ALBUQUERQUE & MARINHO (1984).

É interessante, no entanto, observar os resultados apresentados na Figura 5. Verifica-se que as maiores diferenças de produtividade entre a testemunha e o tratamento que recebeu fósforo ocorreram, particularmente, quando a adubação fosfatada da cana planta foi insuficiente, isto é, quando a dose foi menor. É provável que doses superiores as utilizadas no experimento (100 kg de P_2O_5 /ha) possam anular o efeito do fósforo aplicado na cana soca, e neste caso, a interação deve aparecer.

Tabela 8 . Produção de colmos e açúcar da cana soca
(segundo corte).

Tratamentos	Produção	
	Colmos	Açúcar
	-----t/ha-----	
testemunha	103	14,6
50 kg P ₂ O ₅ /ha	114**	16,1**
C.V. (%)	4,6	6,2
DMS 1%	4,1	0,79

** Tratamento que difere da testemunha (P > 99%).

4.2.2. Fósforo absorvido

A quantidade de fósforo absorvida pela cana soca aos 7 meses de idade foi influenciada pela adubação fosfatada. Este efeito pode ser também observado na época da colheita (Tabela 9). Analisando apenas a parte aérea, verifica-se que o tratamento que recebeu 50 kg de P₂O₅/ha extraiu, em média, 3 kg de P/ha a mais que a testemunha.

Aos 7 meses de idade a cana soca já havia acumulado em média 60% da quantidade total de fósforo que iria absorver até o final do seu ciclo (Tabela 9).

A quantidade total extraída pela parte aérea foi de 17,6 kg de P/ha para o tratamento que recebeu adubação fosfatada. Estes valores estão bem próximos daqueles citados por MEYER (1980).

Tabela 9 . Quantidade de fósforo extraído pela cana soca (segundo corte), com e sem aplicação de fósforo.

Parte aérea da planta	Época da amostragem	TRATAMENTOS		DMS	
		Testemunha	50 kg P ₂ O ₅ /ha	C.V.	1%
	meses	-----kg de P/ha-----		(%)	
Inteira	7	8,5 (58)	10,7** (61)	23,5	1,9
Inteira	14	14,7	17,6**	11,9	1,6
-Colmos		10,0 (68)	12,8** (73)	13,1	1,2
-Ponteiros		4,7 (32)	4,8 (27)	16,3	0,6

Os valores entre parênteses representam a porcentagem do P total extraído por ocasião da colheita e porcentagem em relação ao total absorvido pelos Ponteiros e Colmos.

** Tratamentos que diferem da testemunha (P > 99%)

Do total de P absorvido pela parte aérea da cana soca, 30% em média, localizou-se na parte dos ponteiros e o restante nos colmos (Tabela 9).

A estimativa da quantidade de fósforo extraído por tonelada de cana colhida mostra que a cana soca absorveu proporcionalmente mais fósforo do que a cana planta (Figura 6). A cana soca possui maior eficiência em aproveitar o P disponível do solo, porque parte das raízes da cana planta permanecem no solo após o corte, contribuindo de modo significativo na exploração mais rápida do volume de solo. Esta aparente vantagem da cana soca, ajuda a explicar

porque em alguns casos não há resposta à adubação fosfatada, mesmo em solos com baixos teores neste elemento.

Analisando a quantidade total de fósforo acumulado na parte aérea pela cana planta mais a cana soca (tratamento sem fósforo) e relacionando esta soma com a quantidade de fósforo aplicada no plantio (100 kg P_2O_5 /ha), verifica-se que a eficiência da cana-de-açúcar em aproveitar o adubo fosfatado é baixa, especialmente se considerarmos o maior período de crescimento desta cultura em relação as culturas anuais. A Figura 7 mostra que, a porcentagem de recuperação do fósforo aplicado das várias fontes variou de 9,6 a 14,9%. Estes valores são semelhantes aos citados por LARSEN (1967).

Figura 5. Influência das doses de fósforo aplicadas na cana planta sobre a resposta a fósforo na soqueira.

Figura 6 . Quantidade de fósforo extraída por tonelada de cana produzida na cana planta resultante da produção da cana planta e cana soca, em função das doses de fósforo aplicadas no plantio e na soqueira respectivamente.

Figura 7 . Porcentagem do fósforo aplicado no solo (100 kg de P_2O_5 /ha) que foi extraído pela cana planta + cana soca.

4.2.3. Fósforo no solo e efeito residual

A análise do solo realizada logo após a aplicação do adubo (Figura 8 e Apêndice 4), mostrou que os teores de fósforo se elevaram na mesma proporção em que aumentaram as doses aplicadas deste nutriente.

Após 34,5 meses depois do plantio, verificou-se uma redução acentuada dos teores de fósforo disponível no solo, principalmente onde a dose aplicada foi mais alta (Figura 8).

A redução do P disponível no solo apartir do momento da sua aplicação, caracteriza a perda do seu efeito residual. A Figura 9 procura mostrar que, depois de 34,5 meses, ainda permanecia mais de 30% do aumento dos teores de fósforo no solo, ocorrido logo após o plantio.

Os valores obtidos na Figura 9, foram calculados pela diferença entre o teor de fósforo no solo do tratamento com superfosfato triplo (100 kg P_2O_5 /ha) e o tratamento testemunha, os quais foram relacionados com os teores existentes no solo, destes mesmos tratamentos, imediatamente após a aplicação do adubo.

A queda nos teores de fósforo disponível verificada nas parcelas testemunhas (Figura 9), pode ser explicada pela exportação da biomassa.

No caso da cana-de-açúcar, o efeito residual tende a ser maior devido à localização do adubo no fundo do sulco e à ausência de movimentação do solo, tal

como ocorre no sistema de plantio direto onde é maior o efeito residual do fósforo (SOUSA, 1980 e OLIVEIRA, 1981).

Uma curva muito semelhante a da Figura 9 foi obtida por KOCHHMANN (1982). Este autor afirma que o fósforo aplicado apresenta, na cultura subsequente, um efeito acumulativo equivalente à metade da resposta observada na primeira cultura.

4.2.4. Análise foliar

A análise foliar das amostras coletadas aos 7 meses e 15 dias após o primeiro corte revelou os seguintes teores de nutrientes nas folhas de posição +3 (Tabela 10).

A parte da folha mais indicada para avaliação do estado nutricional da planta depende do elemento que se está analisando. Os resultados da Tabela 10 revelam que, com exceção do K e do S, os nutrientes encontram-se em maior concentração nas folhas analisadas sem a nervura central. Possivelmente, a razão para existir uma concentração maior de K nas folhas com a nervura está no fato deste elemento se concentrar em tecidos condutores (vasos).

Figura 8 . Evolução do fósforo disponível no solo com a aplicação de superfosfato triplo.

Figura 9 . Porcentagem de perda do efeito residual da adubação fosfatada.

Tabela 10. Teores de macro e micronutrientes encontrados nas folhas +3 da cana soca, aos 7 meses e 15 dias após o primeiro corte (Média dos tratamentos com e sem fósforo).

Tratamentos	Teor de nutrientes nas folhas	
	COM A NERVURA	SEM A NERVURA
	-----%	
Nitrogênio	1,19	1,68
Potássio	1,21	1,12
Cálcio	0,29	0,40
Magnésio	0,18	0,23
Enxôfre	0,13	0,13
	-----ppm-----	
Zinco	8,9	11,7
Cobre	3,9	5,1

A aplicação de 50 kg de P_2O_5 na cana soca aumentou, significativamente os teores de P na folha ($P > 99\%$), independentemente da forma como foi feita a amostragem: com ou sem a nervura (Figura 10 e Apêndice 6). Os índices de correlação obtidos entre os teores de P na folha e a produtividade (Tabela 11), asseguram que a análise foliar pode ser um bom parâmetro, para avaliar o estado nutricional deste elemento na cana soca.

Figura 10 . Efeito da aplicação de fósforo na cana soca sobre a concentração de P nas folhas de posição +3 analisadas com e sem a nervura.

Os teores médios de fósforo nas folhas sem a nervura central foi de 0,16% e de 0,12% nas folhas incluindo a nervura central. A maior concentração indica que a amostragem feita sem a nervura é mais apropriada. Isto pode ser comprovado através dos coeficientes de correlação apresentados na Tabela 11.

A amostragem das folhas incluindo a nervura central da cana planta e cana soca foram realizadas praticamente com a mesma idade, entretanto, os teores de P encontrados foram bastante diferentes. Enquanto na cana soca o teor médio foi de 0,12%, na cana planta foi de 0,29% (Tabela 2). Estes resultados indicam que, possivelmente, os níveis críticos sejam diferentes para cana planta e soca. TRANI (1983) cita apenas um nível crítico para cana-de-açúcar.

Os teores mais elevados de fósforo presentes nas folhas da cana planta explicam em parte a sua maior exigência e resposta a adubação fosfatada.

O estado nutricional de uma planta pode ser avaliado considerando-se o nível de um elemento ou pela relação entre dois ou mais elementos (MALAVOLTA, 1989). Os coeficientes de correlação contidos na Tabela 11 mostram que para diagnosticar o estado nutricional do P, a relação N/P foi melhor do que o próprio teor de P isoladamente. Resultados semelhantes foram encontrados por MEYER (1975) e LIMA FILHO et alii (1982).

Tabela 11 . Correlações entre os teores de fósforo na folha, as relações N/P e K/P e a produtividade da cana soca.

Nutrientes na folha	Coef. Correlação	Equações
P - com a nervura	0,83**	$Y = 0,0219 + 0,0009X$
P - sem a nervura	0,85**	$Y = 0,0284 + 0,0012X$
N/P - com a nervura	-0,93**	$Y = 18,033 - 0,0735X$
N/P - sem a nervura	-0,88**	$Y = 18,062 - 0,0682X$
K/P - com a nervura	-0,76**	$Y = 18,089 - 0,0719X$
K/P - sem a nervura	-0,76**	$Y = 12,588 - 0,0502X$

** Significativo ao nível de 1%.

4.2.5. Análise tecnológica

A adubação fosfatada não alterou a Pol do caldo e tampouco o Açúcar Teórico Recuperável (ATR). Entretanto, aumentou o teor de P_2O_5 no caldo da cana, de 111 para 129 ppm como mostra a Tabela 12.

Estes resultados confirmam o que se encontra na literatura, ou seja, a adubação fosfatada aumenta o teor de P_2O_5 no caldo (ZAMBELLO JR. & ORLANDO FILHO, 1981; CESAR et alii, 1987; FERREIRA et alii, 1989).

Tabela 12 . Análises tecnológicas dos colmos da cana
soca (segundo corte).

Determinações	TRATAMENTOS	
	Testemunha	50 kg P ₂ O ₅ /ha ⁽¹⁾
Pol do caldo (%)	16,9	16,9
P ₂ O ₅ no caldo (ppm)	111	129*
ATR (kg/t)	143	142

⁽¹⁾ Aplicado logo após o primeiro corte (superfosfato simples).

* Tratamento que difere da testemunha (P > 95%).

4.3. Ressoca (terceiro corte)

4.3.1. Produção de colmos

A ressoca (terceiro corte) não foi adubada com fósforo, no entanto, o efeito residual dos 50 kg de P_2O_5 /ha aplicados logo após o primeiro corte foram suficientes para aumentar a produção de colmos. A produtividade subiu de 74 t/ha para 81 t/ha (Tabela 13). Este resultado mostra mais uma vez a importância da adubação fosfatada na cana soca.

A produtividade da cana-de-açúcar diminuiu do primeiro para o terceiro corte como mostra a Figura 11. Este comportamento da cana-de-açúcar já é esperado, porém não com a intensidade observada. A produção do terceiro corte foi em média 50% menor do que o primeiro corte.

Costuma-se associar esta queda de produtividade com a falta de adubação fosfatada (ZAMBELLO JR. et alii, 1977), entretanto, a Figura 11, mostra que este efeito não está relacionado unicamente a isto, porque tanto a testemunha quanto o tratamento com 100 kg de P_2O_5 /ha foram igualmente afetados. A Figura 12 mostra que esta queda também não depende da fonte de fósforo utilizada.

A variedade escolhida, SP71-1406, possui uma baixa capacidade de rebrote, especialmente quando ocorre períodos longos de estiagem, imediatamente após o corte. Os dados de precipitação apresentados no Apêndice 1, mostram que a colheita da cana planta (3/6/87) foi realizada

exatamente antes de um período de baixa pluviosidade, o que explica em parte a queda acentuada de produtividade.

Tabela 13 . Produção de colmos da ressoca
(terceiro corte).

TRATAMENTOS	Produção de colmos da ressoca
	-----t/ha-----
Testemunha	7 4
50 kg P ₂ O ₅ /ha ⁽¹⁾	8 1**
C.V. (%)	5,2
D.M.S. 1%	3,32

(1) Fósforo aplicado logo após o primeiro corte

** Tratamento que difere da testemunha pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 11 . Efeito do número de cortes sobre a queda da produtividade da cana-de-açúcar. O superfosfato triplo foi aplicado na dose de 100 kg P_2O_5 /ha, no plantio (média dos tratamentos com e sem fósforo na soqueira).

Figura 12 . Efeito da aplicação de diferentes fontes de fósforo sobre a queda de produtividade da cana ao longo de 3 cortes.

4.3.2. Índice de Eficiência Agronômica

Utilizando a soma da produção de tres cortes para calcular o Índice de Eficiência Agronômica (IEA) dos fosfatos, verificou-se que este índice diminuiu na seguinte ordem: superfosfato simples (110%) > supefosfato triplo (100%) > ácido fosfórico (73%) > ácido fosfórico+fosfato natural (48%)(Figura 13).

O comportamento agronômico dos superfosfatos sobre a produção de cana-de-açúcar foram semelhantes. A diferença de apenas 10% em favor do superfosfato simples pode ser explicada em parte pela maior quantidade de cálcio presente neste fertilizante.

O IEA do ácido fosfórico de 73% indica que este adubo oferece boas perspectivas de uso na cana-de-açúcar. PENATTI (1990), trabalhando apenas com a produção da cana planta e utilizando o conceito de Equivalência em Superfosfato Triplo (Eq.ST), encontrou valores entre 50 e 78% para o ácido fosfórico.

O ácido fosfórico embora sendo uma fonte totalmente solúvel, ao ser aplicado no solo na forma líquida, entra em contato com um maior volume de solo comparativamente aos fosfatos solúveis aplicados na forma granulada e, por esta razão, reage mais intensamente com o solo, diminuindo o P disponível para a planta. Por outro lado, o efeito da acidez provocada pelo ácido fosfórico no solo, favorece a dissolução dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al (SOUSA, 1980).

DYNIA (1977) observou que a intensidade das reações de insolubilização do fósforo no solo dependem do pH, do teor de argila e principalmente da capacidade de retenção de fósforo (CRP), é possível portanto, que em solos de baixa CRP ou sob condições de aplicação mais localizada o ácido fosfórico tenha um desempenho melhor.

A avaliação da soma da produção de cana de 3 cortes consecutivos mostrou que a mistura ácido fosforico+fostato natural foi menos eficiente que as demais fontes, apresentando apenas 48% de IEA (Figura 13). A presença de fostato natural não solubilizado na mistura, somado ao efeito da localização do adubo no fundo do sulco de plantio, reduzindo a superfície de contato com o solo, são os possíveis fatores responsáveis pela menor eficiência desta mistura.

Os fosfatos naturais tendem a aumentar sua eficiência com o decorrer do tempo (OLIVEIRA, 1984 e GOEDERT & LOBATO, 1984). Analisando o comportamento da mistura ácido fosfórico+fostato natural durante o período experimental, observa-se um claro incremento do IEA de 41 para 72% (Tabela 14). Isto indica que houve uma recuperação desta fonte, a qual pode ser atribuída ao aproveitamento da porção insolúvel.

Tabela 14 . índice de Eficiência Agronômica das fontes de fósforo em cada corte.

Tratamentos	I. E. A.		
	Primeiro Corte	Segundo ¹ Corte	Terceiro ¹ Corte
	-----%		
super triplo	100	100	100
super simples	115	122	94
ácido fosfórico	78	88	50
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	41	45	72

(1) Calculado com base na produção de colmos das parcelas que não receberam fósforo na soqueira.

Figura 13 . Índice de Eficiência Agronômica das fontes de fósforo calculado com base na soma da produção de três cortes consecutivos.

5. CONCLUSÕES

(1) Não houve diferença entre a adubação fosfatada sólida e líquida na cana planta, desde que as características químicas e físico-químicas do fósforo sejam semelhante.

(2) A produção de cana soca foi influenciada positivamente pela reaplicação da adubação fosfatada, particularmente, quando são insuficientes as doses de fósforo aplicadas na cana planta.

(3) A cana soca foi mais eficiente na absorção do fósforo disponível do solo que a cana planta.

(4) O fósforo aplicado no sulco de plantio da cana-de-açúcar possui efeito residual expressivo: aproximadamente três anos depois da aplicação, mais de 30% do fósforo permanece ainda na forma disponível.

(5) A avaliação do estado nutricional do P na cana soca mostrou-se melhor, através da análise da relação N/P da folha, do que simplesmente através do P.

(6) Entre os parâmetros de qualidade da matéria prima analisados, apenas o teor de P_2O_5 do caldo da cana soca aumentou devido ao efeito da adubação fosfatada.

(7) O Índice de Eficiência Agronômica encontrado para o ácido fosfórico (73%) mostrou que este produto possui viabilidade de uso como fonte de fósforo para a cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABRÃO, J.; KORNDORFER, G.H.; VOLKWEISS, S.J. Efeito da granulação, do modo de aplicação e de misturas de fosfatos naturais com Superfosfato triplo, no rendimento das culturas. In: REUNIÃO PESQ. SOJA DA REG. SUL, 8., Cruz Alta/RS, 1980. Anais.

ACHORN, F.P. Acid fertilizer. Solutions, 28(4):33-9, mai./jun. 1984.

ACHORN, F.P. Exploring the benefits of acid-base fertilizers. Fertilizer progress, Whashington, mai./jun. 1985.

ALBUQUERQUE, B.; FEITOSA, C.T.; GROHMANN, F. Eficiência agronômica de fosfatos naturais brasileiros. In: Mesa redonda sobre a adubação fosfatada no Brasil" durante XVIII Cong. Bras. Ciê. do Solo. Salvador/BA. 30/8/81 à 5/9/81.

ALBUQUERQUE, G.A.C. & MARINHO, M.L. Resposta da cana-de-açúcar a combinações de DAP e Hiperfosfato. In: CONGRESSO NACIONAL - STAB, 1., Maceió, 1979. Anais.V2. p323-327.

ALBUQUERQUE, G.A.C. & MARINHO, M.L. Efeito residual de fósforo em cana-soca nos tabuleiros de Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 3, São Paulo, 1984. Anais. São Paulo, STAB, 1984, p. 153-9.

ALBUQUERQUE, G.A.C.; MARINHO, M.L.; ARAÚFO, J.T. Competição entre fontes de fósforo em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL - STAB. 1., Maceió, 1979. Anais. V2.

ALBUQUERQUE, G.A.C.; MARINHO, M.L.; ARAÚFO, J.T. Competição entre fontes de fósforo e efeitos residuais em soqueiras. In: CONGRESSO NACIONAL - STAB, 2., Rio de Janeiro. Anais STAB. 1981. P.174-89.

ALCARDE, J.C. Metodologia de análise de fertilizantes e corretivos. Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR, 1979. 276p.

ALVAREZ, R.; OMETTO, J.C.; WUTKE, A.C.P.; FREIRE, E.S.; ABRAMIDES, E. Adubação da cana-de-açúcar. XII-Experiências com misturas de fosfatos (1961-1962). Bragantia, Campinas, 26(16):181-9. 1965.

ALVAREZ, R.; OMETTO, J.C.; WUTKE, A.C.P.; ARRUDA, H.V.; FREIRE, E.S. Adubação da cana-de-açúcar - XI Experiências

com diversos fosfatos (1961 a 1963). Bragantia, Campinas 24(9):97-107, 1965.

BALAY, H.L.; COLE, C.A.; BOLES, J.L. Fluid fertilizer technology. In: TVA FERTILIZER CONFERENCE. Muscle Shoals, TENNESSEE VALLEY AUTHORITY, 1984. p.5.

BARROW, N.J. Relationship between a soil's ability to absorb phosphate and the residual effectiveness of superphosphate. Australian Journal of Soil Research, Melbourne, 11(1):57-62, mar.1973.

BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R. Análise química de plantas. Campinas. Instituto Agrônômico, fev. 1978. 31p. Circular nº 87.

BEAUFILS, E.R. & SUMNER, M.E. Application of DRIS approach for calibrating soil, planta yield and plant quality factor of sugarcane. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association. Pietermaritzburg, 6:1-7. 1976.

BICHARA, J.M. & AZEVEDO, P.B.M. Fertilizantes fluidos: aspectos técnicos e econômicos de sua utilização na cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Boletim Fertilizantes, São Paulo, 10(2):10-6, 1988

BITTENCOURT, V.C. Fósforo: um desafio nos adubos fluidos. Revista ADEALQ, Piracicaba. (9):18-19. 1988.

BITTENCOURT, V.C. Preparo de bases fosfáticas fluidas.
Revista STAB, Piracicaba, p13-16, jan./abr.1990.

BITTENCOURT,V.C. Fertilizantes fluidos. Informações Agronômicas, Piracicaba, 25, mar. 1984.

CACERES, N.T. & KORNDORFER, G.H. Situação da adubação fluida das Usinas Cooperadas. Boletim Técnico. Copersucar, São Paulo, (42):31-7, 1988.

COOP, Kansas City. Soil fertility manual. Missouri, s.d. 99p.

COPERSUCAR. Estudo sobre a implantação no Brasil de um sistema de pagamento de cana-de-açúcar pela qualidade. Copersucar, São Paulo, p.99, abr. 1978.

COPERSUCAR. Novas variedades Copersucar. Boletim Técnico Copersucar, São Paulo, 1983. (Edição especial).

COPERSUCAR. Recomendações de adubação para a cultura da cana-de-açúcar. Cadernos Copersucar, São Paulo, (17) out.1988. (Série Agronômica).

COPERSUCAR. Censo varietal quantitativo 1988. Cadernos Copersucar, São Paulo, (28), set.1989. (Série Melhoramento).

CURTIS, O.D. & FONTENOT, D.B. Fertilizer and soil fertility practices for sugarcane in Louisiana. The Sugar Bolletin, 66(10)8:10, fev. 1988.

- DELGADO, A.A., FERREIRA, L.J.; BARBIN, D. Estudos sobre o comportamento do fósforo na clarificação do caldo de cana. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 32(1):55-75, jul. 1973.
- DYNIA, J.F. Efeito do pH e da capacidade de retenção de fósforo dos solos na eficiência de adubos fosfatados. Porto Alegre, 1977. 61p. (Mestrado-Fac. Agronomia/UFRGS).
- ELWALI, A.M.V. & GASCHO, G.J. Fertilization of sugarcane using critical nutrients levels. The Sugar Journal, p.9-11, jan. 1984.
- EVANS, H. A guide to the interpretation of nutritional diagnostic analysis of sugarcane in British Guiana. The Sugar Journal, 23(9):8-16, fev. 1961
- FERREIRA, E.S.; CACERES, N.T.; KORNDORFER, G.H.; MARTINS, J.; MATHIESEN, L.A. Uso de multifosfato magnesiano na adubação de palmtio da cana-de-açúcar. Boletim Técnico. Copersucar, São Paulo, (46):6-11, 1989.
- GALLO, J.R.; ALVAREZ, R.; ABRAMIDES, E. Amostragem de cana-de-açúcar para fins de análise foliar. Bragantia, Campinas, (21):899-920, 1962.
- GETSINGER, J.G.; ACHORN, F.P.; HOFFMEISTER, G. Suspension fertilizer - production and use. In: POTTS, J.M. Fluid Fertilizers. TVA/NFDC. 1984. cap.7, p.86-102.

GLÓRIA, N.A. & RODELLA, A.A. Métodos de análise quantitativa inorgânica em caldo de cana de açúcar; vinhaça e melaço - I. Determinação de cálcio, magnésio, potássio, enxofre e fósforo em um mesmo extrato. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 29:5-17, 1972.

GOEDERT, W. & LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo de cerrado. Rev.bras.Ci.Solo. Campinas. 8(1):97-102. jan./abr. 1984.

GOEDERT, W. & SOUSA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SILVA, M.C. Anais do Seminário fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes - situação atual e perspectivas para a agricultura. São Paulo. p.144.

GOEDERT, W; SOUZA, D.M.G.; THOMAZ, A.R. Princípios metodológicos para avaliação agronômica de fontes de fósforo. Planaltina. Embrapa/CPAC.Doc. (22), 1986. p.22.

GUIMARÃES, E.; SALATTA, J.C.; GURGEL, M.N.A.; SANCHES, A.C.; DEGASPARI, I.; ROSSETO, A. Adubação fosfatada em soqueira de cana-de-açúcar. In: IV SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDÚTRIA AÇUCAREIRA, 4., Águas de Lindóia, 1976. Anais. São Paulo, Copersucar, 1977. p37-40.

GUIMARÃES, E. & SILVA, G.M.A. Estudo de variedades de cana-de-açúcar quanto ao teor de fósforo no caldo, ensaio preliminar. In: IV SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDÚTRIA

- AÇUCAREIRA, 4., Águas de Lindóia, 1976. Anais. São Paulo, Copersucar, 1977. p. 41-43.
- HOARAU, M. Sugar cane analysis by the hydraulic press method. Int. Sugar J. 11:328-33. 1969.
- HUMBERT, R.P. El cultivo de la cana de azucar. México. Continental. 1974. p.719.
- KORNDORFER, G.H. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais fornecerem fósforo para plantas de trigo. Porto Alegre, 1978. 62p. (Mestrado-Fac. Agronomia/UFRGS).
- KORNDORFER, G.H. Solubilização da rocha fosfatada com ácido fosfórico para fabricação de adubos fluidos. Boletim Técnico. Copersucar, São Paulo, (37):14-8, 1987.
- LARSEN, S. Soil phosphorus. Advances in Agronomy, 19:151-210. 1967.
- LEE, R.G. Zero nitrogen - suspensions. Solutions, St.Louis, 31(5):38-42, jul./ago. 1987.
- LEON, L.A.; FENSTER, W.E.; HAMMOND, L.L. 1986. Agronomic potencial of elevean phosphate rocks from Brazil, Colombia, Peru and Venezuela. Soil Sci.Am.J. 50(3):798-802, mai./jun. 1986.
- LIMA FILHO, S.A.; ZAMBELLO JUNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J. Doses e fontes de fosfatos em cana-planta no Estado de São Paulo. Saccharum. 21:37-43, 1982.

MALAVOLTA, E.. A adubação mineral da cana-de-açúcar. Alcool e Açúcar, São Paulo, 2(7):10-7, 1982.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. São Paulo, Ultrafértil, 1982.80p.(Divulgação Técnica, 9).

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba, Potafos, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas - Princípios e aplicações. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.

MARINHO, M.L. & ALBUQUERQUE, G.A.C. Resposta da cana-de-açúcar a níveis de P e correlação com análise foliar. CONGRESSO NACIONAL-STAB, 1., Maceió, 1979. V2. p.328-330.

MARINHO, M.L. & OLIVEIRA, C.C. Efeito do P nativo e aplicado nos solos na decantação do caldo da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 1, Maceió, 1979. Anais. Maceió, STAB, 1980, v.2. p. 334-45.

MEYER, J.H. Advances in the interpretation of foliar analysis of sugarcane in South Africa sugar industry. South Africa Sugar Journal, Durban, 59(11):569-85, 1975.

MEYER, J.H. The role of phosphorus in the production of sugarcane in South Africa. Phosphorus in Agriculture, 78:23-32, ago. 1980.

- MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; JOLY, S.; MALAVOLTA, E.
Efeito residual de superfosfato, fosfato precipitado e fosforita de Olinda em cana-de-açúcar. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 31:243-9, 1974.
- MILAN, P.A. Efeitos imediatos e residuais do superfosfato triplo em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1981. 88p. (Mestrado-Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- MOSCHLER, W.W.; KREBS, R.D.; OBENSHAIN, S.S. Availability of residual phosphorus from long-time rock phosphate and superphosphate applications to Groseclose Silt Loam. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 21:293-5, 1957.
- MUZZILLI, O. O manejo da fertilidade do solo. In: Plantio direto no estado do Paraná. IAPAR, Londrina. 1981. 23:43-57.
- OLIVEIRA, E.L.; MUZILLI, O.; IGUE, K.; TORNERO, M.T.T. Avaliação da eficiência agronômica dos fosfatos naturais. Rev.bras.Ci.Solo. 8(1):63-67, jan./abr. 1984.
- OLIVEIRA, E.L. Influência da calagem e do revolvimento do solo nos efeitos imediatos e residuais da adubação fosfatada. Porto Alegre, 1981. 74p. (Mestrado-Universidade Federal do Rio Grande do Sul)
- ORLANDO FILHO, J. & ZAMBELLO JUNIOR, E. Efeito da adubação fosfatada em cana-planta. Saccharum. 9:, 1980.

ORLANDO FILHO, J. & ZAMBELLO JUNIOR, E. Influência da adubação N-P-K nas qualidades tecnológicas da cana-planta, variedade CB41-76. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 96(3):37-44 1980.

PARISH, D.H. & FEILLAFE, S.M. Phosphate studies on some Latosols of Mauritius. 1959.

PENATTI, C.P.; CHALITA, R.; PENNA, M.J.; MANECHINI, C. Fósforo na soqueira de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA. Piracicaba, 1986. Anais. São Paulo, Copersucar, 1986, p.275-81.

PENATTI, C.P. Efeitos do ácido fosfórico nas características agroindustriais da cana-de-açúcar. Piracicaba, 1990. 72p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz) (No prelo).

RAIJ, B. van ; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico, 1985. 107p. (Boletim nº 100).

RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T.; GROHMANN, F. Eficiência agronômica de fosfatos naturais brasileiros "Mesa redonda sobre Adubação fosfatada no Brasil". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador.

RAIJ, B. van; ROSAND, P.C.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil - Apreciação geral, conclusões e recomendações.

In: Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA-DID. 1982.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. Extration of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. In: Soil Sci. Plant Anal., 17(5):547-66, 1966.

RODELLA, A.A. & MARTINS, M. Efeitos de fontes e formas de aplicação de fósforo na produtividade da cana-de-açúcar, em cana-planta. Alcool e Açúcar. 8(45):26-32, nov/dez 1988.

RODELLA, A.A. & ORLANDO FILHO, J. Influência da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o teor de sacarose na cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 3, São Paulo, 1984. Anais. São Paulo, STAB, 1984, p. 136-9.

SAMPLE, E.C. & AKIN, G.W. Agronomic aspects. In: POTTS, J.M. Fluid fertilizer, TVA/NFDC. 1984. cap.2.

SEQUERA, D.; HERNÁNDEZ, D.L.; MEDINA, E. Ciclo del fósforo en un agrosistema de cana de azucar. In: SEM. DE FÊSFORO EN LA AGRICULTURA VENEZUELANA, 1., Caracas, 1989. Memoria. Soc. Venezuelana de la Cie. del Suelo, p.1-11.

SILVA, L.C.F.; MARAFON JUNIOR, J.; BELTRAME, J.A.; ARAGÃO, J.A.; ORLANDO FILHO, J. Adubação fluida em cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 106(3):27-32, 1988.

SILVA JUNIOR, J.F. Efeito da aplicação de fosfato na clarificação do caldo de cana. In: IV SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDÚSTRIA AÇUCAREIRA. Águas de Lindóia, 1976. Anais, p.339-353.

SOUSA, D.M.G. Reações de grânulos de superfosfato triplo em solos e seus efeitos imediatos e residuais sobre as culturas. Porto Alegre, 1980. 90p. (Mestrado-Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

TEDESCO, M.J. Extração simultânea de N, P, K, Ca, Mg em tecido vegetal por digestão por H_2O_2 - H_2SO_4 . Porto Alegre. Departamento de Solos - UFRGS. fev.1982. 23p. Informativo Interno Nº 1.

TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. Análise foliar: amostragem e interpretação. Fundação Cargill. Campinas. 1983. 18p.

YOST, R.S.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C.; LOBATO, E. Residual effects of phosphorus applications on a high phosphorus adsorbing oxisol of central Brazil. Soil Sci.Soc.Am.J. 45:540-3, 1981

ZAMBELLO JUNIOR, E. & AZEREDO, D.F. Adubação na região Centro-Sul. In: ORLANDO FILHO, J. ed. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil, Piracicaba. 1983. p287-313.

ZAMBELLO JUNIOR, E.; HAAG, H.P.; ORLANDO FILHO, J. Adubação NPK e localização do fertilizante em soqueiras de cana-

de-açúcar. Variedade CB41-76. Brasil Açúcareiro, Rio de Janeiro, 97(1):36-46, jan. 1981.

ZAMBELLO JUNIOR, E. & ORLANDO FILHO, J. Diagnose foliar e adubação fosfatada em cana-planta para diferentes solos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 1 Maceió, 1979. Anais. Maceió, STAB, 1980, v.2, p. 315-8.

ZAMBELLO JUNIOR, E. & ORLANDO FILHO, J. Efeito residual da adubação fosfatada em soqueiras de cana-de-açúcar. Sacharum, 12:31-6, 1981.

ZAMBELLO JUNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J.; COLLETTI, J.T.; ROSSETTO, A.J.. Adubação de soqueiras em 3 variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) cultivadas em terra roxa estruturada no Estado de São Paulo. Brasil Açúcareiro. p11-7, mar. 1977.

WIDJAJA-ADHI, I.G.; CADY, F.B.; CAGAUAN Jr.; CHING, P.C.; HILL, T.R.; MANUELPIILLAI, R.G.; SILVA, J.A.; SOLEH, I.; SUDJADI, M. Evaluation of residual phosphorus in two Benchmark soils. In: Phosphorus management in Benchmark soils. cap.10. p126-38. s.d.

WOOD, R.A. The basis of fertilizer recommendations for the South Africa sugar industry. Sugar Cane, 2:10-5, 1987.

APÊNDICES

Apêndice 1 . Precipitação média mensal ocorrida durante o período experimental.

Mes	Ano			
	1986	1987	1988	1989
	mm			
JANEIRO	264,2	246,7	372,5	237,3
FEVEREIRO	175,2	84,4	262,9	379,1
MARÇO	145,6	142,0	241,9	115,0
ABRIL	0,0	169,5	106,5	49,6
MAIO	58,9	133,5	67,6	38,2
JUNHO	0,0	17,6	2,8	11,4
JULHO	53,5	8,3	0,0	49,5
AGOSTO	81,2	2,7	0,0	31,2
SETEMBRO	23,0	129,3	0,4	74,8
OUTUBRO	108,0	64,9	154,1	101,0
NOVEMBRO	148,1	226,9	127,0	169,7
DEZEMBRO	319,2	134,1	165,1	212,8
TOTAL	1376,9	1359,9	1500,8	1469,6

Apêndice 2 . Altura das plantas (cana planta).

Tratamentos	Doses	Dias após o plantio			
		144	204	309	404
	- kg/ha -	-----cm-----			
testemunha	0	120a	153a	183a	261a
super triplo	50	123a	152a	184a	263a
super triplo	100	127a	159a	191a	274a
super simples	100	130a	161a	192a	276a
H ₃ PO ₄	100	126a	154a	185a	268a
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	125a	159a	189a	272a
C.V. (%)		8,7	7,1	6,1	4,6
DMS 5%		15,2	25,5	26,2	28,4

 Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey
 5%.

Apêndice 3 - Perfilhamento da cana planta amostrados em 5 épocas diferentes.

Tratamentos	Doses	Dias após o plantio				
		82	144	204	309	404
	-kg/ha-	---nº de perfilhos/m linear---				
testemunha	0	12,4b	13,5a	10,9a	8,9a	9,4a
super triplo	50	14,0ab	14,3a	10,9a	9,2a	9,8a
super triplo	100	15,5a	15,3a	10,9a	9,4a	10,0a
super simples	100	14,8a	15,0a	10,9a	9,4a	10,1a
ácido fosfórico	100	14,8ab	15,0a	10,7a	9,4a	9,9a
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	14,0ab	14,3a	10,9a	9,2a	9,7a
C.V. (%)		7,6				4,2
DMS 5%		2,50				0,95

Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Apêndice 4 . Teores de fósforo no solo extraídos pela resina, nas amostras coletadas em 3 diferentes épocas, após a aplicação do adubo. Os resultados incluem apenas as parcelas que não receberam fósforo na soqueira.

Tratamentos	Dose de P ₂ O ₅	P-Resina (meses após a adubação)		
		4	18	34,5
	-kg/ha-	-----ppm-----		
testemunha	0	22	18	6
super triplo	50	32	21	16
super triplo	100	52	32	15
super simples	100	77	33	19
ácido fosfórico	100	85	34	19
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	71	20	13

Apêndice 5 . Contagem do número de perfilhos durante o crescimento da cana soca.

Tratamentos	Dose de P ₂ O ₅	Dias após o corte			
		120		292	
		Sem-P	Com-P	Sem-P	Com-P ⁽¹⁾
-----nº de perfilhos/m linear-----					
testemunha	0	11,6	13,0	10,4	11,0
super triplo	50	12,4	13,7	10,2	11,4
super triplo	100	13,3	13,7	11,0	11,1
super simples	100	12,6	14,8	10,8	11,7
ácido fosfórico	100	12,0	13,8	10,7	11,5
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	12,2	13,2	10,3	11,1

MÉDIAS		12,3	13,7**	10,6	11,3**
C.V. (%)		8,7		3,3	
DMS 1%		0,95		0,30	

(1) Com-P = aplicação de 50 kg P O /ha logo após o primeiro corte (super simples).

** Tratamento que difere da testemunha (P >99%).

Apêndice 6 . Teores e fósforo nas folhas +3 da cana soca, coletadas aos 7 meses após o primeiro corte.

Tratamentos	Dose de P_2O_5	Teores de P nas folhas +3			
		COM A NERVURA		SEM A NERVURA	
		Sem-P	Com-P	Sem-P	Com-P ⁽¹⁾
	-kg/ha-	-----%			
testemunha	0	0,11	0,12	0,14	0,16
super triplo	50	0,11	0,12	0,15	0,16
super triplo	100	0,11	0,13	0,15	0,17
super simples	100	0,12	0,13	0,16	0,17
ácido fosfórico	100	0,12	0,13	0,15	0,17
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	0,11	0,12	0,15	0,17
MÉDIAS		0,11	0,13**	0,15	0,17**
C.V. (%)		4,2		3,7	
DMS 1%		0,004		0,005	

(1) Sem-P = sem aplicação de fósforo na soqueira; Com-P = aplicação de 50 kg P O_2 /ha logo após o primeiro corte (super simples).

** Tratamento que difere da testemunha (P >99%).

Apêndice 7 . Teores de nitrogênio nas folhas +3 da cana soca, coletadas aos 7 meses após o primeiro corte.

Tratamentos	Dose de P ₂ O ₅	Teores de N nas folhas +3			
		COM A NERVURA		SEM A NERVURA	
		Sem-P	Com-P	Sem-P	Com-P ⁽¹⁾
	-kg/ha-	-----%			
testemunha	0	1,23	1,23	1,67	1,70
super triplo	50	1,19	1,15	1,68	1,71
super triplo	100	1,15	1,17	1,64	1,69
super simples	100	1,22	1,19	1,66	1,70
ácido fosfórico	100	1,20	1,21	1,68	1,68
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	1,15	1,19	1,67	1,72

(1) Sem-P = sem aplicação de fósforo na soqueira; Sem-P = aplicação de 50 kg P O₂ /ha logo após o primeiro corte (super simples).

Apêndice 8 . Relações entre os teores de nitrogênio e fósforo (N/P) nas folhas +3 da cana soca, coletadas aos 7 meses após o primeiro corte.

Tratamentos	Dose de P ₂ O ₅	Relações N/P nas folhas +3			
		COM A NERVURA		SEM A NERVURA	
		Sem-P	Com-P	Sem-P	Com-P ⁽¹⁾

-kg/ha-					
testemunha	0	10,9	10,1	11,7	10,6
super triplo	50	11,0	10,0	11,2	10,5
super triplo	100	10,2	9,3	10,8	10,2
super simples	100	10,2	9,2	10,4	10,0
ácido fosfórico	100	10,0	9,3	11,2	9,9
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	10,4	9,9	11,1	10,1

(1) Sem-P = sem aplicação de fósforo na soqueira; Com-P = aplicação de 50 kg P₂O₅/ha logo após o primeiro corte (super simples).

Apêndice 9 . Relações entre os teores de nitrogênio e fósforo (K/P) nas folhas +3 da cana soca, coletadas aos 7 meses após o primeiro corte.

Tratamentos	Dose de P ₂ O ₅	Relações K/P nas folhas +3			
		COM A NERVURA		SEM A NERVURA	
		Sem-P	Com-P	Sem-P	Com-P ⁽¹⁾

	-kg/ha-				
testemunha	0	11,0	10,5	8,0	6,9
super triplo	50	10,5	10,0	7,3	7,1
super triplo	100	10,9	9,4	7,6	6,8
super simples	100	10,0	9,0	6,9	6,7
H ₃ PO ₄	100	10,3	9,5	7,5	6,3
H ₃ PO ₄ +fosf.nat.	100	11,2	10,8	7,7	6,8

(1) Sem-P = sem aplicação de fósforo na soqueira; Com-P = aplicação de 50 kg P O₂ /ha logo após o primeiro corte (super simples).

Apêndice 10 . Modelo do quadro de análise de
variância utilizado para a
análise estatística da cana
soca e ressoca.

Causas de Variação	GL

Blocos	3
Tratamentos	5
Resíduo (A)	15

Parcelas	23
Sub-tratamentos	1
Tratamentos X Sub-tratamentos	5
Resíduos (B)	18

TOTAL	47

Apêndice 11. Análise de variância da produção de colmos da
cana soca (segundo corte).

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. >F
Blocos	3	571,004			
Tratamentos	5	852,894	170,579	2,71	0,06
Resíduo (A)	15	943,311	62,887		
Parcelas	23	2367,209			
Sub-tratamento	1	1371,740	1371,74	55,41	0,00001
Trat x Sub-trat.	5	191,119	38,22	1,54	0,22
Resíduo (B)	18	445,610	24,76		
Total	47	4375,678			

Média geral = 108,7

C.V. (tratamentos) = 5,2%

C.V. (sub-tratamentos) = 4,6%

DMS 5% (Tukey) para médias de tratamentos = 12,90

DMS 5% (Tukey) para média de sub-tratamentos = 3,02