**EFEITOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA, FOSFATADA
E POTÁSSICA NA CULTURA DO SORGO SACARINO
(*Sorghum bicolor* L. Moench), AVALIADA PELA DIAGNOSE
FOLIAR, PRODUÇÃO DE COLMOS E ÁLCOOL ETÍLICO**

EDSON LUIZ MENDES COUTINHO

Orientador : Prof. Dr. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Univer-
sidade de São Paulo, para obtenção do
Título de Doutor em Agronomia. Área de
Concentração : Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto, 1983

Aos meus pais,
com a eterna gratidão
pelo apoio que recebi.

D E D I C O

Aos meus irmãos,
ã *Ana Maria* e
André

O F E R E Ç O

A G R A D E C I M E N T O S

- Ao Prof. Dr. *André Martin Louis Neptune*, pela orientação , estímulo e amizade.
- À FAPESP pelo apoio financeiro.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.
- A Usina São Martinho pela realização das análises tecnolôgicas.
- Aos Professores Doutores *Euclides Caxambu A. de Souza* e *David A. Banzatto* pela colaboração prestada.
- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura divisão de Fertilizantes e Fertilidade do Solo, pela franquia de suas instalações.

- A funcionária do Departamento de Solos e Adubos (UNESP-Jaboticabal), *Mitsuko Ito* pela colaboração prestada.
- A Sra. *Regina Célia de Paula Martins* pelo serviço de datilografia.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução desse trabalho.

Í N D I C E

Página

RESUMO.....	vii
SUMMARY	ix
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Solo.....	11
3.2. Cultivar, Semeadura e Desbaste.....	12
3.3. Experimento com Doses e Fontes de Nitrogênio.	12
3.4. Experimento com Doses de Fósforo.....	13
3.5. Experimento com Doses de Potássio.....	13

	Página
3.6. Delineamento Experimental.....	14
3.7. Coleta dos Dados.....	14
3.7.1. Diagnose Foliar.....	14
3.7.2. Produção de Colmos e Álcool.....	15
3.8. Análises Químicas das Folhas.....	16
3.9. Análises Tecnológicas.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1. Experimento com Doses e Fontes de Nitrogênio.	17
4.1.1. Produção de Colmos.....	17
4.1.2. Produção de Álcool.....	19
4.1.3. Diagnose Foliar da Nutrição Nitroge <u>n</u> nada e Sulfurada.....	20
4.1.4. Concentrações de Macro e Micronutrien <u>-</u> tes.....	24
4.2. Experimento com Doses de Fósforo.....	36
4.2.1. Produção de Colmos.....	36
4.2.2. Produção de Álcool.....	43
4.2.3. Diagnose Foliar da Nutrição Fosfatada.	44
4.2.4. Concentrações de Macro e Micronutrien <u>-</u> tes.....	45

Página

4.3. Experimento com Doses de Potássio.....	52
4.3.1. Produção de Colmos.....	52
4.3.2. Produção de Álcool.....	57
4.3.3. Diagnose Foliar da Nutrição Potássica...	58
4.3.4. Concentrações de Macro e Micronutrien <u>tes</u>	63
5. CONCLUSÕES.....	71
6. LITERATURA CITADA.....	73

EFEITOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA, FOSFATADA E POTÁSSICA NA
CULTURA DO SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* L. Moench),
AVALIADA PELA DIAGNOSE FOLIAR, PRODUÇÃO DE COLMOS E
ÁLCOOL ETÍLICO

Candidato: *Edson Luiz Mendes Coutinho*

Orientador: *Prof.Dr. André Martin Louis Neptune*

RESUMO

Três experimentos foram conduzidos em condições de campo, em um Latossol Vermelho Escuro-fase arenosa de baixa fertilidade.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, empregando-se em cada experimento cinco níveis (0-40-80-160 e 320 kg/ha de N; 0-50-100-200 e 400 kg/ha de P_2O_5 ; 0-25-50-100 e 200 kg/ha de K_2O). As doses de nitrogênio foram ainda combinadas com as fontes: uréia (aplicada na superfície e incorporada ao solo); nitrato de amônio e sulfato de amônio.

Para avaliar o estado nutricional das plantas, colheu-se para análise química, o terço médio (sem a nervura central) das folhas de posição +3 e +4 nos estádios de crescimento vegetativo e florescimento da cultura. Os seguintes

elementos foram determinados quimicamente nas folhas: N, P , K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn.

No estágio de grão mole colheu-se as duas linhas centrais da área útil de cada parcela, com o objetivo de determinar-se o peso de colmos desfolhados e estimar-se a produção de álcool.

Através dos resultados obtidos pode-se verificar que as adubações nitrogenada, fosfatada e potássica, promoveram incrementos significativos na produção de colmos e álcool etílico (l/ha). Embora as doses de P e K não tenham promovido variações significativas na produção de álcool por tonelada de colmos, este fato não pode ser estendido ao N, em virtude da dose mais elevada deste elemento (320 kg/ha de N) afetar negativamente esta variável, reduzindo a produção mêdia a 64,7 l/t de colmos, efeito este explicado pela diminuição no teor de açúcares totais.

Não se verificaram alterações significativas nas produções de colmos e álcool, em função das fontes de N empregadas e dos métodos de aplicação da uréia.

Os dados obtidos pela diagnose foliar refletiram as doses de nutrientes aplicadas ao solo, constituindo-se as folhas e épocas estudadas apropriadas para diagnose da nutrição nitrogenada, fosfatada, potássica e sulfurada na cultura do sorgo sacarino.

EFFECTS OF N, P AND K ON SWEET SORGHUM FERTILIZATION (*Sorghum
bicolor* L., Moench) EVALUATED BY FOLIAR DIAGNOSIS, YIELDS OF
STALKS AND ETHANOL

Author: *Edson Luiz Mendes Coutinho*
Adviser: *Prof. Dr. André Martin Louis Neptune*

SUMMARY

Three field experiments on sweet sorghum fertilization were conducted on an Oxisol of low fertility in a randomized complete block design with four replicates (three for the N fertilizer experiment). The treatments consisted of five N, P and K rates: 0-40-80-160-320 kg/ha of N; 0-50-100-200-400 kg/ha of P_2O_5 and 0-25-50-100-200 kg/ha of K_2O . There were three sources of N fertilizers: urea, ammonium nitrate and ammonium sulphate.

The nitrogen of the different sources was applied part at planting and part side-dressing, 30 days after plant emergence; in the case of urea, it was not only side-dressed, but incorporated, in one of the treatments.

In order to evaluate the nutritional status of the plants, leaves + 3 and + 4 positions (respectively the third and the fourth leaves from the top) were sampled for chemical analysis of the middle third (without the central vein). The leaves of 10 randomized plants of each plot were sampled in both the vegetative and flowering stages of growing, corresponding respectively to 45 and 83 days (90 days for the N fertilization).

zer experiment) after plant emergence. The following elements were determined chemically at each stage: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu , Fe, Mn and Zn.

At the stage of soft grain, two central rows of each plot were harvested in order to determine the weight of the sorghum stalks and to estimate the production of ethanol.

According to the results, it can be concludet that: 1) there was no difference between the two methods of urea placement; 2) nitrogen, phosphorus and potassium fertilization increased the stalks and ethanol yields (l/ha); 3) although the rates of P e K did not produce significant variations in the ethanol yield per ton of stalks, this fact could not be extended to N, due to the higher rate of this element (320 kg/ha N) having affected this variable negatively, reducing the average yield to 64.7 l/t stalks, this effect being accounted for by the decrease in total sugar content; 4) leaves sampled at the two growing stages were adequate for diagnosis of N, P, K and S nutrition of sweet sorghum.

1. INTRODUÇÃO

Com a instituição do Programa Nacional do Alcool em novembro de 1975, o Governo brasileiro procurava através da obtenção de etanol a partir de matérias-primas renováveis, substituir em uma primeira etapa, parte substancial do petróleo importado.

O sorgo sacarino por apresentar um rápido ciclo cultural e permitindo ainda, o aproveitamento integral da planta (colmo e grãos), poderá tornar-se uma opção viável para a fabricação do etanol. Acredita-se que a grande potencialidade desta gramínea reside no aproveitamento do equipamento das destilarias autônomas e anexas no período da entre-safra da cana-de-açúcar, possibilitando assim, a ampliação do período de fabricação de álcool e um maior aproveitamento da mão-de-obra rural.

Tratando-se de uma cultura recém introduzida no Brasil, encontrou-se na literatura consultada poucos trabalhos sobre a nutrição e adubação da mesma (ROSOLEM, 1979 ;

CORDEIRO et alii, 1982 a , 1982 b, 1982 c; COUTINHO e TE
DRUS, 1982; MACHADO et alii, 1982; ROSOLEM et alii, 1982 a ,
1982 b), observando-se ainda nestas pesquisas resultados
contraditórios.

Com relação a diagnose foliar, os resultados
obtidos por MALAVOLTA et alii (1979) e ROSOLEM (1979), não
nos permite obter conclusões sobre a mesma, como um método
de avaliar o estado nutricional das plantas de sorgo sacari
no. A amostragem utilizada por esses autores, não se mos
trou suficientemente sensível nas condições de campo, não
existindo correlação significativa entre as concentrações
de nutrientes nas folhas e produção de colmos.

Procurando elucidar alguns aspectos ligados à
nutrição e adubação desta gramínea, conduziu-se três expe
rimentos em condições de campo, no sentido de verificar os
efeitos da adubação nitrogenada (doses e fontes), fosfatada
e potássica na produção de colmos, álcool etílico e nas con
centrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn nas fo
lhas de posição + 3 e + 4, coletadas em dois estádios de de
senvolvimento da cultura. Para os nutrientes N, P, K e S pro
curou-se ainda, determinar a faixa de teores adequados nas
folhas e épocas estudadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os estudos sobre a obtenção de açúcar a partir do sorgo sacarino remontam ao fim do século passado nos Estados Unidos, cujo cultivo tinha a única finalidade, até início da década de 1940, a produção de xarope de mesa e alimento para animais domésticos. (COWLEY e SMITH, 1972 ; SMITH e REEVES Jr., 1981).

O interesse para o potencial açucareiro nasceu durante a Segunda Guerra Mundial com o desequilíbrio na economia do açúcar, e neste aspecto as experiências sobre o comportamento industrial do sorgo sacarino são numerosas (SMITH et alii, 1970; RICAUD, 1971; COWLEY e SMITH, 1972 ; REEVES, Jr., 1980). A Itália neste mesmo período, é o único país que se conhece onde esta gramínea foi cultivada e industrializada em grande escala para a produção de álcool (Melo ni, 1958 citado por SERRA, 1979).

No Brasil a grande potencialidade do sorgo sacarino reside na complementação da produção de álcool de ca

na-de-açúcar, aproveitando o equipamento das usinas no período de janeiro, fevereiro e março (entre-safra da cana-de-açúcar na região Sul) quando semeado respectivamente nos meses de outubro, novembro e dezembro (ARAUJO et alii, 1977; MENEZES et alii, 1977; SERRA, 1979; TEIXEIRA et alii, 1979). Segundo os mesmos autores, esta cultura é um somatório das qualidades da cana-de-açúcar e mandioca, pois do colmo ~~extra~~ extraí-se o caldo rico em açúcares e os grãos apresentam um alto teor de amido, podendo o mesmo ser aproveitado, caso a conjuntura de mercado permita, como matéria prima para a fermentação alcoólica.

Quando se pensa na produção de álcool a partir de matérias-primas ricas em carboidratos, um aspecto importante a ser considerado é o balanço energético ou seja, a relação entre a energia consumida pela cultura e sua industrialização e a energia produzida ou fornecida pela mesma.

No Brasil, SILVA et alii (1976) estudaram o balanço energético da cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino. Para cada unidade de energia gasta na fase agrícola, a cana-de-açúcar retorna através do álcool produzido 4,44 unidades úteis, o sorgo sacarino 4,25 unidades úteis e a mandioca 3,28; 2,63 e 1,59, utilizando-se respectivamente 100%, 50% e sem a utilização das ramas. Observa-se que o sorgo sacarino apresenta um balanço energético que viabiliza sua utilização, sendo apenas 4% inferior ao da cana-de-açúcar.

Com objetivo de estudar-se o comportamento de

algumas cultivares quanto à produção e qualidade do caldo , alguns experimentos foram conduzidos no Estado de São Paulo.

MUTTON (1978) estudando o desempenho de sete cultivares (Roma, Rio, Ramada, Brandes, Sart, Santa Elisa e IPA-1218) em um solo arenoso de Guaraçá-SP, verificou para as diferentes épocas de corte produções de 24,9 a 37,2 t/ ha de colmos; as cinco primeiras cultivares foram as que apresentaram maiores concentrações de açúcares totais no caldo . Resultados semelhantes foram obtidos em um solo arenoso e de baixa fertilidade de Lorena-SP.(RIO DE JANEIRO, 1980).

SERRA (1979) conduzindo experimento em Ribeirão Preto -SP obteve para três cultivares de sorgo sacarino (Brandes, Dale e Rio) as seguintes variações percentuais através da análise do colmo: sacarose (4,0-13,0); açúcares redutores (1,8-8,8); açúcares totais (11,5 -16,5); fibra (10,0 - 19,0).

Trabalhos realizados por TEIXEIRA et alii(1979) com a cultivar Sart no município de Campinas- SP, mostraram que a produção de álcool provenientes do colmo e grão correspondeu a 110 litros por tonelada de sorgo.

Estudos sobre a viabilidade técnica desta cultura vem se desenvolvendo consideravelmente em outras regiões do país (MARQUES e FERNANDES, 1979; CHIELLE et alii, 1980; LIRA et alii, 1980; PETIZ et alii, 1980; RAUPP et alii, 1980), procurando-se caracterizar cultivares nos aspectos agronômicos e tecnológicos.

Com relação aos aspectos relacionados com a adubação e nutrição desta cultura, e ainda as influências da adubação nas qualidades tecnológicas da mesma, encontrou-se poucos trabalhos na literatura consultada.

Segundo COWLEY (1969), os dados sobre as exigências minerais e adubação do sorgo sacarino no Texas (EUA) não são definitivos, em termos de resposta à produção e qualidade do caldo, empregando-se com bons resultados adubação semelhante a do sorgo granífero (REEVES Jr. 1976).

No Brasil, ROSOLEM et alii (1981) discordam da afirmação acima, visto que, as duas plantas comportam-se diferentemente quanto as exigências nutricionais. Segundo ROSOLEM (1979) as quantidades médias de nitrogênio, fósforo e potássio contidas nas plantas de sorgo sacarino são respectivamente 3,4; 3,2 e 14,4 vezes superior àquelas contidas em média de cinco cultivares de sorgo granífero obtidas pelo mesmo autor no ano de 1978.

Ainda o mesmo pesquisador relata que, para se produzir uma tonelada de colmos em condições de campo, em termos médios são exigidos respectivamente em quilogramas de N, P, K, Ca, Mg e S: 3,57; 0,42; 4,15; 0,93; 0,70; 0,36; e respectivamente em gramas de B, Cu, Fe, Mn e Zn: 19,23; 3,21; 49,76; 17,24; 8,24.

Com relação a adubação nitrogenada, LYONS et alii (1951) e BROADHEAD e FREEMAN (1964) conduzindo experimentos em vários solos do Mississippi (EUA), indicaram a ne

cessidade de doses moderadas deste nutriente (45-55 kg/ha de N). Entre as fontes de nitrogênio estudadas (amônia anidra, sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de sódio), a amônia anidra foi a que proporcionou as maiores produções de colmos de sorgo sacarino (LYONS et alii, 1951).

ROSOLEM et alii (1981) estudando os efeitos da adubação N, P e K na produção e em algumas características agronômicas, verificaram nos dois solos estudados (Latosol Roxo e Latossol Vermelho Escuro-textura média) que a cultivar Brandes apresentou um maior potencial de colheita que a cultivar Rio, em função das adubações empregadas (75-150; 100-200; 50-100; respectivamente kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O). Destes nutrientes o nitrogênio foi o que promoveu os maiores incrementos na produção de colmos, obtendo-se para a cultivar Brandes respostas até a dose de 75 kg/ha de N.

RICAUD (1971) utilizando 45,90 e 135 kg/ha de N em dois solos de Louisiana (EUA), não verificou efeito do nitrogênio na produção de colmos. Resultados semelhantes foram obtidos no Estado de São Paulo por MACHADO et alii (1982) e ROSOLEM et alii (1982a) empregando doses até 180 kg/ha de N.

Entretanto, CORDEIRO et alii (1982a) conduzindo experimento durante dois anos agrícolas, observaram que a resposta do sorgo sacarino à adição de nitrogênio, está associada à precipitação ocorrida na fase vegetativa da cultura. Desta maneira, no primeiro ano quando não ocorreu seca,

a produção máxima de colmos foi obtida com 172 kg/ha de N , enquanto que, no segundo ano com períodos prolongados de seca durante o desenvolvimento da cultura obteve-se uma resposta da planta até 210 kg/ha de N.

Segundo LYONS et alii (1951) o nitrogênio deve ser aplicado parceladamente, ou seja, uma parte da dose na semeadura e o restante em cobertura, quando as plantas apresentarem 49 a 74 cm de altura.

Entretanto CORDEIRO et alii (1982a) estudando o parcelamento de nitrogênio, verificaram que a aplicação de 2/3 da dose total deste elemento aos 45 ou 90 dias não surtiu efeitos na produção de colmos.

Com relação a adubação fosfatada, BROADHEAD e FREEMAN (1964) verificaram que a aplicação de 45 e 90 kg/ ha de P_2O_5 não afetava significativamente a produção de colmos. Resultados semelhantes foram obtidos nas condições brasileiras por MACHADO et alii (1982) e ROSOLEM et alii (1982a), os quais empregaram doses até 300 kg/ha de P_2O_5 .

CORDEIRO et alii (1982 b) estudaram os efeitos da adubação fosfatada corretiva e de manutenção na produção de colmos de sorgo sacarino. Os resultados obtidos no primeiro ano, onde se aplicou em área total e incorporou-se ao solo doses até 640 kg/ha de P_2O_5 , os autores verificaram através da utilização da equação de Mitscherlich que, as maiores produções (30 a 33 t/ha) foram obtidas com doses que variaram de 80 a 120 kg/ha de P_2O_5 . No segundo ano, na mesma

área, aplicou-se doses até 150 kg/ha de P_2O_5 no sulco de semeadura (adubação de manutenção), obtendo-se a máxima produção com a dose de 100 kg/ha de P_2O_5 .

Embora o K constitua-se em um dos elementos mais exigidos pela cultura do sorgo sacarino, MACHADO et alii (1982) e ROSOLEM et alii (1982a) conduzindo experimentos em um solo de textura argilosa, não obtiveram respostas significativas na produção de colmos. Provavelmente o solo utilizado pelos autores citados anteriormente apresentava altos teores de K trocável, visto que, ROSOLEM et alii (1982b) nestas condições, somente observaram incrementos na produção com a adubação potássica, no segundo e terceiro ano de cultivo.

Por outro lado, CORDEIRO et alii (1982a) cultivando esta gramínea em um solo de textura arenosa e de baixa fertilidade, verificaram uma resposta linear à produção de colmos até a dose de 160 kg/ha de K_2O .

Com relação a influência da adubação na produção de álcool proveniente do sorgo sacarino, MALAVOLTA et alii (1979) e ROSOLEM (1979) conduzindo experimentos respectivamente em casa de vegetação e campo, verificaram que o N e K afetam consideravelmente a produção de álcool, principalmente quando as concentrações destes elementos no meio nutritivo são insuficientes para o pleno desenvolvimento das plantas.

Entretanto, COUTINHO e TEDRUS (1982) observaram que o comportamento das doses de N em relação à produção de álcool/ha é diferente dentro de cada nível de P utilizado. Os autores verificaram que a máxima produção de álcool foi obtida com 90 kg/ha de N dentro do nível P_1 (75 kg/ha de P_2O_5). A adubação nitrogenada empregada (50 e 100 kg/ha de N) na presença da dose 150 kg/ha de P_2O_5 , foi insuficiente para proporcionar o ponto de máxima produção de álcool obtendo-se assim, uma relação linear, positiva e significativa.

ROSOLEM (1979) conduzindo experimento em casa de vegetação, coletou as folhas medianas no estágio de emborrachamento, verificando que a amostragem empregada foi eficiente para avaliar o estado nutricional das plantas de sorgo sacarino, principalmente para os elementos N, P, K, Mg, Fe (cultivares Rio e Brandes) e Cu, Mn e Zn para a 'Brandes'. Entretanto para as condições de campo, esta amostragem não se mostrou suficientemente sensível, não existindo correlação significativa entre a concentração do elemento na folha (principalmente P e K) e produção de colmos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Solo

Os experimentos foram instalados no município de Jaboticabal-SP, num solo classificado como Latossol Vermelho Escuro-fase arenosa (BRASIL, 1960), cujas principais características químicas encontram-se na Tabela 1.

TABELA 01. Principais características químicas do solo.*

pH (H ₂ O)	%C	meq./100 cm ³ de terra					
		PO ₄ ³⁻	K	Ca	Mg	Al	H
5,7	0,68	0,03	0,12	2,3	0,7	0,0	2,1

(*) Análises realizadas segundo metodologia descrita em CATANI e JACINTHO (1974).

3.2. Cultivar, Semeadura e Desbaste

A semeadura dos três ensaios foi realizada em 27/11/1979, utilizando-se um espaçamento entre linhas de 0,70m.

Efetuuou-se o desbaste vinte dias após a emergência das plantas, deixando-se aproximadamente dez plantas por metro linear.

A cultivar Brandes foi utilizada nos três experimentos.

3.3. Experimento com Doses e Fontes de Nitrogênio

Utilizou-se os seguintes níveis de N: 0-40-80 - 160 e 320 kg/ha, tendo-se como fontes o nitrato de amônio (34% de N), sulfato de amônio (20% de N e 24% de S) e uréia (aplicada na superfície e incorporada ao solo à profundidade de aproximadamente 6 cm).

Os tratamentos receberam doses constantes de P e K, ou seja, 100 kg/ha de P_2O_5 e 50 kg/ha de K_2O , tendo-se respectivamente como fontes o superfosfato triplo (44% de P_2O_5) e o cloreto de potássio (60% de K_2O).

O N foi aplicado parceladamente, ou seja, um terço da dose na semeadura e o restante em cobertura trinta dias após a emergência das plantas.

3.4. Experimento com Doses de Fósforo

Utilizou-se os seguintes níveis de P: 0 - 50 - 100 - 200 e 400 kg/ha de P_2O_5 , tendo-se como fonte o super fosfato triplo (44% de P_2O_5), aplicado no sulco de semeadura.

Os tratamentos receberam doses constantes de N e K, ou seja, 80 kg/ha de N e 50 kg/ha de K_2O , tendo-se respectivamente como fontes a uréia (45% de N) e o cloreto de potássio (60% de K_2O).

O N foi aplicado parceladamente, ou seja, um terço da dose na semeadura e o restante em cobertura trinta dias após a emergência das plantas.

3.5. Experimento com Doses de Potássio

Utilizou-se os seguintes níveis de K: 0-25-50-100 e 200 kg/ha de K_2O , tendo-se como fonte o cloreto de potássio (60% de K_2O), aplicado no sulco de semeadura.

Os tratamentos receberam doses constantes de N e P, ou seja, 80 kg/ha de N e 100 kg/ha de P_2O_5 , tendo-se respectivamente como fontes a uréia (45% de N) e o superfos fato triplo (44% de P_2O_5).

O N foi aplicado parceladamente, ou seja, um terço da dose na semeadura e o restante em cobertura trinta

dias após a emergência das plantas.

3.6. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado no ensaio descrito no item 3.3. foi em blocos casualizados com um arranjo fatorial 5 x 4 dos tratamentos, com três repetições. Nos experimentos descritos nos itens 3.4., 3.5, utilizou-se o mesmo delineamento estatístico, constando cada experimento de cinco tratamentos e quatro repetições.

Nos experimentos descritos anteriormente, cada parcela constituiu-se de seis linhas espaçadas de 0,70 m, com um comprimento de 5 m, fornecendo uma área total de 21 m² e uma área útil de 14 m², pois desprezou-se uma linha de cada lado da parcela, que representaram a bordadura. As unidades experimentais foram separadas por carreadores de 1 m, enquanto que os blocos foram separados por carreadores de 2 m.

3.7. Coleta dos Dados

3.7.1. Diagnose Foliar

Para se avaliar o estado nutricional das plantas, coletou-se separadamente o terço médio (sem a nervura central) da terceira e quarta folha a partir do ápice com o colar visível (respectivamente folhas de posição +3 e +4, de

acordo com sistema Kuijper citado por Van Dillewijn (1952) e adotado por NEPTUNE, 1966) de dez plantas tomadas ao acaso dentro da área útil de cada parcela.

Estas amostragens foram realizadas nos seguintes estádios de desenvolvimento da cultura: crescimento vegativo e florescimento (respectivamente 45 e 83 dias após a emergência das plantas para os experimentos descritos nos ítems 3.4 e 3.5)

Devido a um pequeno atraso no florescimento das plantas no experimento com doses e fontes de N, efetuou-se a segunda amostragem de folhas aos 90 dias após a emergência das plantas.

3.7.2. Produção de Colmos e Álcool

No estágio de grão mole colheu-se as duas linhas centrais da área útil de cada parcela, com o objetivo de determinar-se o peso de colmos desfolhados; separou-se 10 colmos para análises tecnológicas, visando-se estimar a produção de álcool.

Estas colheitas corresponderam a 118, 123 e 131 dias após a emergência das plantas, respectivamente para os experimentos com doses de potássio, doses de fósforo e doses e fontes de nitrogênio.

Para a estimativa da produção de álcool, considerou-se uma eficiência de 90% do rendimento em álcool na fermentação. Utilizou-se para cálculo da produção de álcool

teórico a seguinte fórmula, segundo MUTTON (1982)- comunica
ção particular:

litros de álcool/t de colmos $\Rightarrow$ extração de caldo $\times$ AT(caldo) $\times 0,057879$
onde: AT = açúcares totais.

3.8. Análises Químicas das Folhas

Para a determinação das concentrações nas fo
lhas de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn utilizou-se meto
dologia descrita em SARRUGE e HAAG (1974); o S foi determi
nado turbidimetricamente em sistema de injeção em fluxo
contínuo (KRUG et alii, 1977).

3.9. Análises Tecnológicas

As análises tecnológicas foram realizadas se
gundo técnicas descritas por MEADE (1967), utilizando o mé
todo da prensa (TANIMOTO, 1964).

Os teores de açúcares totais foram determina
dos pelo método volumétrico de EYNON e LANE (1934).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento com Doses e Fontes de Nitrogênio

4.1.1. Produção de Colmos

Os dados referentes à produção de colmos encontram-se na Tabela 2.

Verifica-se através da Tabela 2 que a produção de colmos foi afetada significativamente pelas doses de N, com as produções variando de 21,77 a 45,07 t/ha.

Resultados semelhantes foram obtidos por ROSOLEM et alii (1981), CORDEIRO et alii (1982 a) e COUTINHO e TEDRUS (1982). Entretanto, MACHADO et alii (1982) e ROSOLEM et alii (1982 a) empregando doses até 180 kg/ha de N, não verificaram efeitos significativos na produção de colmos.

A adição de 40, 80, 160 e 320 kg/ha de N promoveram acréscimos médios na produção em relação a testemunha de respectivamente 48,2%; 64,2%; 58,8% e 59,1%.

Através da equação de segundo grau determinada, calculou-se a máxima eficiência técnica (M.E.T.), a qual foi obtida com a dose de 205,3 kg/ha de N, correspondendo uma produção de 41,5t/ha de colmos (Figura 1).

Observa-se ainda através da Tabela 2 que em termos de produção de colmos, as fontes de N empregadas obederam a seguinte ordem decrescente embora não existindo diferenças significativas no comportamento das mesmas: sulfato de amônio, uréia incorporada, nitrato de amônio e uréia.

Entretanto chama a atenção o fato de não existir diferença entre os métodos de aplicação da uréia, visto que, as perdas de amônia por volatilização são mais intensas quando este fertilizante é aplicado na superfície do solo, isto devido a pequena possibilidade da amônia, uma vez volatilizada, ser retida pelo solo em outro ponto de menor valor pH e com menores concentrações de amônia (ERNST e MASSEY, 1960).

Estas perdas são governadas por um grande número de fatores que interagem entre si, não sendo surpreendente que os experimentos apresentem resultados variãveis.

Desta maneira, segundo a literatura consultada as perdas de amônia por volatilização variam bastante, encontrando-se desde perdas menores que 5% (OVERREIN, 1968; VOLK, 1970; MARSHALL & McMULLAN, 1976) a perdas ao redor

de 40% (WATKINS et alii, 1972; NÖMMIK, 1973).

Entretanto nas condições brasileiras, KIEHL e BRASIL SOBRINHO (1981), MELLO et alii (1981) e KIEHL et alii (1982) conduzindo treze experimentos em condições de campo com as culturas do algodoeiro, milho e feijoeiro, não constatarem diferenças significativas entre a uréia aplicada na superfície ou incorporada ao solo.

4.1.2. Produção de Álcool

Verifica-se através da Tabela 2 que a produção estimada de álcool (l/ha e l/t de colmo) foi afetada significativamente pelas doses de N utilizadas. Em termos médios estas produções estiveram acima daquelas obtidas por COUTINHO e TEDRUS (1982), o que é explicado pela colheita dos colmos em épocas diferentes.

A dose de 80 kg/ha de N foi a que promoveu o maior incremento na produção de álcool por tonelada de colmos, constituindo-se no único tratamento que diferiu significativamente da testemunha através do teste de comparação de médias. O nível mais elevado de N (320 kg/ha de N) afetou negativamente esta variável, reduzindo a produção média a 64,7 l/t de colmos, efeito este que se deve a uma diminuição no teor de açúcares totais, visto que o N promove o crescimento de tecidos adicionais utilizando-se dos carboidratos produzidos pela fotossíntese

(BLACK, 1975).

Considerações análogas podem ser feitas para a produção de álcool por área (l/ha).

Segundo ROSOLEM (1979) é a produção de colmos que contribui em maior grau para explicar a produção de álcool (l/ha). Contudo os resultados obtidos neste experimento, mostram que esta observação é válida até a dose 80 kg/ha de N.

4.1.3. Diagnose Foliar da Nutrição Nitrogenada e Sulfurada

As concentrações de N e S nas folhas de posição + 3 e +4 coletadas aos 45 e 90 dias após a emergência das plantas são apresentadas nas Tabelas 2 a 5.

A análise de variância dos dados comprova o efeito significativo da adubação nitrogenada nas concentrações de N nas folhas, corroborando assim, resultados obtidos por ROSOLEM (1979) e COUTINHO e TEDRUS (1982).

Na primeira amostragem os teores médios de N nas folhas de posição +3 e +4, situaram-se respectivamente entre 2,85 a 3,34% e 2,84 a 3,34%; na segunda amostragem as amplitudes observadas foram de 2,78 a 3,09% e 2,78 a 3,14%.

Chama a atenção, que praticamente não variaram as concentrações extremas deste nutriente dentro de cada época de amostragem.

Com relação às fontes utilizadas verifica-se que as mesmas comportaram-se de maneira semelhante discordando assim, dos resultados obtidos por MYERS (1978,1979).

O autor citado anteriormente cultivando sorgo graminífero em um solo onde as perdas de N amoniacal por volatilização eram desprezíveis, verificou através da porcentagem de ^{15}N recuperada na parte aérea das plantas, que os fertilizantes nitrogenados estudados obedeceram a seguinte ordem independente da estratégia e/ou método de localização: sulfato de amônio = nitrato de amônio > uréia.

Com relação aos teores de S nas folhas, verifica-se através das Tabelas 2 a 5 que os mesmos foram afetados pelas doses e fontes empregadas. Como era esperado, o sulfato de amônio diferiu significativamente dos demais fertilizantes nitrogenados através do teste de Tukey.

Analisando-se ainda estes dados, observa-se que o comportamento das doses não é o mesmo na presença das diferentes fontes, visto que, a interação doses x fontes foi significativa.

Desdobrando-se esta interação e ajustando-se os dados através de um estudo de regressão, observou-se um efeito nitidamente quadrático das doses utilizadas dentro da fonte sulfato de amônio (Figuras 5 a 8).

Considerando-se que os coeficientes de correlação entre a produção de colmos e os teores de N e S nas folhas são parâmetros adequados para se estabelecer época

e folha a ser amostrada para fins de diagnose foliar, verifica-se através das Tabelas 6 e 7 que as amostragens estudadas podem ser utilizadas para diagnose da nutrição nitrogenada e sulfurada em sorgo sacarino, em vista dos teores desses elementos estarem correlacionados significativamente com a produção de colmos.

Entretanto examinando-se os valores dos coeficientes de correlação obtidos, pode-se sugerir que a primeira amostragem constituiu-se em época mais apropriada para a diagnose da nutrição nitrogenada.

Para se estabelecer o nível crítico de um nutriente na folha várias técnicas podem ser adotadas.

Utilizou-se metodologia até certo ponto semelhante à empregada por NEPTUNE (1966), diferindo apenas no estabelecimento da curva de produção, onde o autor utilizou a equação de Mitscherlich para cálculo da dose econômica, o que não foi possível no presente estudo devido à inexistência do preço do produto agrícola (colmos de sorgo sacarino).

Em vista disso, torna-se bastante sugestivo estabelecer para a cultura do sorgo sacarino, uma faixa adequada de concentrações delimitada por um limite superior e outro inferior, e não se ficar apenas com um "ponto" representado pelo nível crítico.

Desta maneira, no presente experimento determinou-se primeiramente a curva de produção através de um

estudo de regressão, obtendo-se uma equação de segundo grau ; os valores de produção obtidos foram colocados no eixo das ordenadas, sendo as doses do nutriente colocadas no eixo das abcissas.

Através desta equação calculou-se as doses dos nutrientes que corresponderam à máxima produção e a uma redução de 10% na mesma, substituindo-se estes valores de "x" na equação de regressão que define as relações existentes entre as doses dos nutrientes empregados na adubação e suas concentrações nas folhas; os valores assim obtidos correspondem respectivamente ao limite superior e inferior da faixa de concentrações considerada adequada para esta gramínea.

A confiabilidade dos trinômios de segundo grau calculados foi verificada através do coeficiente de determinação (R^2), considerando-se um bom ajuste dos dados quando este coeficiente era superior a 0,700.

Através das Figuras 1 a 4 verifica-se que os teores de N considerados adequados respectivamente para as folhas de posição +3 e +4, estão situados dentro dos intervalos: 3,18 a 3,35% e 3,16 a 3,33% (folhas coletadas 45 dias após a emergência das plantas); 2,92 a 3,00% e 3,02 a 3,15 % (folhas coletadas 90 dias após a emergência das plantas).

Estas concentrações de N nas folhas estiveram associadas às doses 205,3 e 97,0 kg/ha de N, correspondendo

à produções respectivamente de 41,5 e 37,3 t/ha de colmos.

Para o S os teores adequados (Figuras 5 a 8) * respectivamente para as folhas de posição +3 e +4 foram: 0,27 a 0,30% e 0,27 a 0,29% (folhas coletadas 45 dias após a emergência das plantas); 0,26 a 0,30% e 0,23 a 0,27% (folhas coletadas 90 dias após a emergência das plantas). Estas concentrações de S estiveram associadas às doses 263,8 e 146,2 kg/ha de S, correspondendo a produções respectivamente de 48,7 e 43,8 t/ha de colmos.

Nota-se que a amostragem no estágio de crescimento vegetativo é realmente indiferente a coleta das folhas de posição +3 ou +4, visto que, ambas correlacionam-se com a mesma magnitude com a produção de colmos e praticamente inexistem diferenças entre as concentrações de N e S consideradas adequadas.

Por outro lado chama a atenção nas Tabelas 2 a 5, onde as fontes utilizadas foram a uréia e nitrato de amônio, o fato de que as concentrações de S nas folhas mesmo inferiores à faixa de teores considerados adequados, estiveram associadas a altas produções de colmos. Acredita-se provavelmente, que a adição de altas doses de S (sulfato de amônio) tenha propiciado uma alimentação de "luxo" deste nutriente.

4.1.4. Concentrações de Macro e Micronutrientes

Verifica-se através dos resultados apresentados nas Tabelas 2 a 5 e associados aos da Tabela 6, que as doses de N promoveram aumentos nas concentrações de P, Mn e Zn.

*- Resultados obtidos com a fonte sulfato de amônio.

Figura 1. Relações entre doses de nitrogênio, produção de colmos e concentrações de N nas folhas de posição +3 coletadas aos 45 dias.

Figura 2. Relações entre doses de nitrogênio, produção de colmos e concentrações de N nas folhas de posição +4 coletadas aos 45 dias.

Produção de Colmos
(t/ha)

% N

Figura 3. Relações entre doses de nitrogênio, produção de colmos e concentrações de N nas folhas de posição +3 coletadas aos 90 dias.

Figura 4. Relações entre doses de nitrogênio, produção de colmos e concentrações de N nas folhas de posição +4 coletadas aos 90 dias.

Figura 5. Relações entre doses de enxofre, produção de colmos e concentrações de S nas folhas de posição +3 coletadas aos 45 dias.

Figura 6. Relações entre doses de enxofre, produção de colmos e concentrações de S nas folhas de posição +4 colhidas aos 45 dias.

Figura 7. Relações entre doses de enxofre, produção de colmos e concentrações de S nas folhas de posição +3 coletadas aos 90 dias.

Figura 8. Relações entre doses de enxofre, produção de colmos e concentrações de S nas folhas de posição +4 coletadas aos 90 dias.

Vários pesquisadores tem verificado que a adição de fertilizantes nitrogenados favorece consideravelmente a utilização dos adubos fosfatados (GRUNES, 1959; EPPENDORFER e BILLE 1974; NEPTUNE et alii, 1978; COUTINHO et alii, 1982a; COUTINHO e TEDRUS, 1982).

GRUNES (1959) relatou que este efeito pode ser devido ao nitrogênio promover um melhor desenvolvimento do sistema radicular, resultando uma distribuição de raízes em um volume maior de solo, proporcionando assim, um maior contato das mesmas com o P disponível.

Por outro lado, a planta pode ser fisiologicamente estimulada pela absorção de N, provocando uma maior exigência em P (BENNETT et alii, 1962; COLE et alii, 1963). Os resultados experimentais obtidos por estes autores, evidenciam que a aplicação de N resulta na produção de uma grande quantidade de compostos nitrogenados, muitos dos quais , contendo ou requerendo P para a sua formação.

Observa-se ainda através das Tabelas citadas anteriormente, que as fontes de N não afetaram significativamente os teores de P nas folhas, discordando assim dos resultados obtidos por MURAOKA e NEPTUNE (1979).

Com relação a adubação nitrogenada promover um aumento nas concentrações de Mn nas folhas de posição + 3 e + 4 nas duas amostragens efetuadas, este efeito parece ser devido principalmente a acidez provocada pelo fertilizante nitrogenado, como um resultado das transformações microbio.

lógicas que o mesmo sofre no solo, promovendo assim um aumento na disponibilidade deste micronutriente. A nitrificação do sulfato de amônio e nitrato de amônio produz 2 moles de H^+ por mol de NH_4^+ , enquanto que, para a uréia é produzido 1 mol de H^+ por mol de NH_4^+ .

HIROCE et alii (1977) mostraram que o aumento nas concentrações de Mn nas folhas de caféiro estavam associadas ao efeito acidificante dos adubos nitrogenados aplicados ao solo.

Nota-se através das Tabelas 2 a 5, que o aumento nos teores deste micronutriente são mais pronunciados na presença das doses mais elevadas de N (160 e 320 kg/ha).

Através da Tabela 6 verifica-se ainda, o efeito sinérgico do N em relação ao Zn, corroborando assim, resultados obtidos por COUTINHO et alii (1982 a) e COUTINHO e TEDRUS (1982).

Segundo VIETS et alii (1957) pode-se explicar o ocorrido através do efeito dos fertilizantes nitrogenados no valor pH do solo e ainda, pelo maior desenvolvimento da planta com a adubação nitrogenada, particularmente do sistema radicular, resultando uma distribuição de raízes em um volume maior de solo, proporcionando um melhor aproveitamento do Zn, visto que, o contato íon Zn-raiz dá-se preferencialmente por fluxo de massa (BARBER, 1966).

VIETS et alii (1957) separando o efeito dessas duas variáveis através de um estudo de regressão parcial, ve

rificaram que o pH exerce um maior e mais consistente efeito sobre a concentração de Zn quando comparado ao maior desenvolvimento radicular. Estudos subsequentes conduzidos por BOAWN et alii (1960) com sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de cálcio como fontes de N, confirmaram o efeito marcante do pH sobre a concentração de Zn e consequente absorção pelas plantas de sorgo granífero.

Entretanto estes autores chamaram a atenção , que estes resultados não podem ser extrapolados para todas as culturas visto que, o pH não exercia nenhum efeito sobre o teor e consequente absorção de Zn quando se utilizou como planta teste a beterraba açucareira.

Para as nossas condições experimentais, acredita-se que os efeitos da acidez e maior desenvolvimento do sistema radicular provocados pela adubação nitrogenada, tenham contribuído para os resultados obtidos, mas é impossível separar-se ou quantificar os efeitos de cada um.

Verifica-se ainda nas Tabelas 2, 3 e 6, que o aumento nas doses e teor foliar de N promoveu uma redução nas concentrações de Ca e Mg, sendo este efeito mais evidente na presença das doses mais elevadas de N (160 e 320 kg/ha) .

As fontes de N comportaram-se de maneira diferente em relação ao teor de Mg nas folhas, com o sulfato de amônio proporcionando em termos médios as menores concentrações deste cátion divalente.

Vários pesquisadores tem verificado em outras

culturas que uma absorção de $N-NH_4$ em maior proporção do que $N-NO_3$, frequentemente induz uma diminuição nas concentrações de Ca e Mg, estando este fenômeno normalmente associado ao balanceamento ânions-cátions (CÖIC et alii, 1961; KIRKBY, 1968; WILCOX et alii, 1973; CHIPMAN & MacEACHERN, 1977).

Entretanto outras hipóteses poderiam ser levantadas para explicar o ocorrido: a) o efeito dos fertilizantes nitrogenados acidificando o solo e causando consequentemente, uma redução nessas bases trocáveis no solo; b) efeito do ânion nitrato e/ou sulfato promovendo uma maior lixiviação desses cátions; c) efeito de diluição provocado pelo maior desenvolvimento das plantas em função das doses de N utilizadas.

Com relação as concentrações de Fe nas folhas de posição + 4 coletadas aos 45 e 90 dias após a emergência das plantas (Tabelas 3, 5 e 6), observa-se uma redução nas mesmas, em função provavelmente do efeito de diluição provocado pelo maior desenvolvimento das plantas com a adubação nitrogenada.

4.2. Experimento com Doses de Fósforo

4.2.1. Produção de Colmos

Verifica-se através da Tabela 8 que a adubação fosfatada promoveu incrementos significativos na produção de

TABELA 2. Efeitos de doses e fontes de nitrogênio na produção de colmos, álcool e nas concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn nas folhas de posição + 3, coletadas aos 45 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (médias de três repetições).

Tratamento	Produção de Produção de Alcool		N										p				
	Dose N (kg/ha)	Fonte Colmos (t/ha)	1/ha	1/t Colmo	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn			
Sulfato de Amônio	0	22,70	1362,0	60,0	2,79	0,227	2,73	0,37	0,30	0,21	18,0	155,3	19,6	33,3			
	40	33,67	2377,5	70,6	3,05	0,269	2,53	0,38	0,24	0,23	13,0	135,3	19,0	28,3			
	80	40,47	2681,4	66,3	3,19	0,239	2,67	0,20	0,22	0,25	12,7	141,0	22,6	26,6			
	160	45,07	2689,6	59,7	3,18	0,228	2,78	0,17	0,21	0,29	14,7	158,0	24,6	32,6			
	320	43,93	2797,4	63,7	3,37	0,246	2,67	0,16	0,19	0,30	13,7	126,6	28,0	31,0			
Uréia	0	22,87	1428,4	62,5	3,07	0,220	2,87	0,43	0,31	0,20	14,3	173,0	20,0	28,6			
	40	33,50	2205,9	65,8	3,16	0,234	2,67	0,29	0,27	0,21	14,3	141,0	19,0	35,0			
	80	32,03	2397,2	74,8	3,21	0,210	2,61	0,32	0,29	0,21	11,7	138,3	20,0	25,3			
	160	36,50	2575,0	70,5	3,42	0,236	2,86	0,20	0,21	0,20	15,3	155,3	25,3	45,0			
	320	33,80	2157,6	63,8	3,41	0,224	2,56	0,27	0,23	0,23	13,7	148,3	26,6	44,0			
Incorporada	0	21,77	1267,7	59,6	2,63	0,227	2,51	0,32	0,29	0,22	13,7	129,6	21,0	33,0			
	40	37,13	2536,6	68,3	3,00	0,244	2,63	0,35	0,31	0,22	12,7	141,0	20,0	26,3			
	80	42,20	2913,9	69,0	3,07	0,233	2,83	0,32	0,29	0,21	13,0	141,0	21,0	40,6			
	160	35,53	2646,3	74,5	3,22	0,241	2,82	0,31	0,28	0,23	15,3	167,0	22,0	24,3			
	320	37,13	2506,1	67,5	3,28	0,233	2,91	0,20	0,24	0,21	16,3	161,6	24,3	27,3			
Nitrato de Amônio	0	26,80	1565,8	58,4	2,91	0,232	2,73	0,38	0,33	0,21	13,7	137,3	19,3	25,3			
	40	35,20	2357,7	67,0	3,07	0,265	2,58	0,26	0,30	0,21	13,7	169,6	21,6	35,3			
	80	39,83	2803,5	70,4	3,21	0,242	2,64	0,30	0,30	0,23	15,0	161,3	21,0	28,0			
	160	32,37	2331,2	72,0	3,26	0,223	2,93	0,18	0,24	0,22	15,3	147,0	23,3	42,0			
	320	34,90	2223,4	63,7	3,32	0,233	2,63	0,18	0,22	0,20	15,0	149,6	25,3	42,0			
Teste F	Fontes (F)	2,49 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,77 ^{ns}	2,35 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,93 ^{ns}	4,60 ^{**}	14,74 ^{**}	0,13 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,41 ^{ns}			
	Doses (D)	15,99 ^{**}	12,22 ^{**}	3,01 [*]	10,25 ^{**}	3,67 [*]	1,59 ^{ns}	12,41 ^{**}	5,72 ^{**}	3,40 [*]	0,60 ^{ns}	1,89 ^{ns}	3,12 [*]	1,13 ^{ns}			
	F x D	1,30 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,75 ^{ns}	1,37 ^{ns}	2,65 [*]	0,20 ^{ns}	1,95 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,11 ^{ns}			
FMS (Tukey 5%)	Fontes	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-	-	-	-			
	Doses	6,60	467,9	9,99	0,22	0,018	-	0,08	0,05	0,03	-	-	3,73	-			
	C.V. (%)	16,06	17,02	15,13	6,58	7,93	9,10	12,29	15,80	9,66	17,22	12,30	14,35	12,02			

TABELA 3. Efeitos de doses e fontes de nitrogênio nas concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn nas folhas de posição +4, coletadas aos 45 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de três repetições).

Tratamento		P P M									
Dose	Fonte	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
N(Kg/ha)											
0		2,91	0,208	2,92	0,46	0,32	0,20	13,3	193,3	21,0	30,0
40	Sulfato de	3,04	0,222	2,94	0,43	0,29	0,22	14,3	175,3	22,3	28,3
80	Amônio	3,11	0,230	2,89	0,20	0,26	0,24	16,0	172,6	25,3	31,6
160		3,31	0,197	2,92	0,19	0,24	0,28	14,3	178,6	26,0	34,3
320		3,42	0,244	2,98	0,15	0,22	0,29	16,0	166,6	29,6	31,0
0		2,87	0,208	2,72	0,54	0,35	0,23	13,3	205,3	21,6	25,3
40		2,99	0,218	3,12	0,45	0,35	0,22	14,3	211,0	27,0	26,0
80	Uréia	3,06	0,223	2,99	0,32	0,33	0,21	12,6	187,3	22,6	27,3
160		3,26	0,229	2,91	0,26	0,32	0,23	15,3	184,6	29,6	33,3
320		3,37	0,217	2,80	0,33	0,27	0,24	12,6	176,3	33,3	34,0
0		2,74	0,220	2,60	0,39	0,36	0,21	11,6	193,3	24,0	22,3
40	Uréia	2,93	0,217	2,97	0,42	0,33	0,23	14,3	211,0	22,6	28,3
80	Incorporada	3,19	0,242	3,10	0,37	0,29	0,22	12,6	190,0	24,0	29,6
160		3,32	0,250	3,04	0,33	0,29	0,25	14,3	208,3	27,0	28,6
320		3,33	0,224	2,86	0,26	0,31	0,22	13,6	167,6	28,0	34,3
0		2,83	0,214	2,73	0,44	0,32	0,21	12,0	232,0	22,6	25,3
40	Nitrato	3,04	0,251	2,74	0,27	0,30	0,23	14,6	202,3	25,3	33,3
80	de Amônio	3,15	0,220	2,87	0,34	0,31	0,21	13,6	193,3	26,6	26,3
160		3,19	0,226	3,26	0,15	0,30	0,21	14,6	175,6	24,3	36,3
320		3,26	0,216	2,93	0,28	0,25	0,24	15,3	190,3	28,6	36,6
Fontes (F)		0,27 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,87 ^{ns}	3,79*	6,22**	0,71 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,80 ^{ns}
Doses (D)		9,48**	1,21 ^{ns}	2,20 ^{ns}	6,64**	2,73*	8,04**	1,02 ^{ns}	2,69*	6,12**	1,99 ^{ns}
F x D		0,22 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,52 ^{ns}	3,39**	0,34 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,57 ^{ns}
Fontes		-	-	-	-	0,05	0,01	-	-	-	-
(Tukey a 5%) Doses		0,24	-	-	0,15	0,06	0,02	-	23,40	4,35	-
C.V. (%)		7,35	11,38	8,86	17,48	17,58	7,99	20,79	14,64	14,32	16,06

TABELA 4. Efeitos de doses e fontes de nitrogênio nas concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn nas folhas de posição +3, coletadas aos 90 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de três repetições).

Tratamento		%									
Dose	Fonte	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
N(kg/ha)											
0		2,92	0,148	1,58	0,63	0,35	0,20	18,0	120,0	25,3	37,0
40	Sulfato de	2,94	0,164	1,44	0,59	0,31	0,18	18,0	114,3	22,3	33,0
80	Amônio	3,11	0,155	1,43	0,59	0,34	0,24	19,0	114,3	26,7	33,0
160		2,84	0,155	1,56	0,54	0,31	0,28	18,0	130,3	25,7	34,0
320		3,00	0,161	1,49	0,59	0,34	0,29	18,0	122,3	38,7	38,0
0		2,72	0,122	1,49	0,60	0,34	0,20	16,0	140,3	23,3	29,0
40		2,93	0,134	1,41	0,56	0,33	0,21	18,0	119,7	25,7	31,0
80	Uréia	2,88	0,134	1,36	0,53	0,34	0,19	16,0	120,0	21,0	34,0
160		3,04	0,154	1,43	0,58	0,31	0,19	18,0	120,0	29,0	33,0
320		3,26	0,162	1,28	0,59	0,34	0,22	16,0	122,3	46,7	32,0
0		2,74	0,149	1,41	0,56	0,36	0,21	18,0	112,0	20,0	33,0
40	Uréia	2,79	0,167	1,43	0,56	0,34	0,20	14,3	119,7	23,3	37,0
80	Incorporada	2,90	0,188	1,39	0,55	0,34	0,20	19,0	117,3	23,3	33,0
160		2,98	0,154	1,34	0,59	0,36	0,20	19,0	117,0	26,7	32,0
320		3,01	0,146	1,37	0,53	0,31	0,19	16,0	133,0	39,7	35,0
0		2,76	0,126	1,54	0,63	0,33	0,17	16,3	114,3	24,3	33,0
40	Nitrato	2,87	0,172	1,40	0,60	0,37	0,20	19,0	114,3	23,3	37,0
80	de Amônio	3,00	0,162	1,47	0,56	0,34	0,19	15,0	111,7	23,3	34,0
160		3,02	0,138	1,42	0,51	0,34	0,21	18,0	117,0	25,6	34,0
320		3,08	0,137	1,41	0,57	0,32	0,19	17,0	117,0	29,0	32,0
Fontes (F)		0,54 ^{ns}	1,92 ^{ns}	2,33 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,48 ^{ns}	8,56**	0,98 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,40 ^{ns}
Doses (D)		3,91**	2,77*	1,33 ^{ns}	2,35 ^{ns}	0,95 ^{ns}	3,34*	0,66 ^{ns}	0,52 ^{ns}	18,25**	0,26 ^{ns}
F x D		0,77 ^{ns}	1,55 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,64 ^{ns}	2,56*	1,18 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,77 ^{ns}
Fontes		-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-
(Tukey a 5%)		0,23	0,019	-	-	-	0,03	-	-	6,24	-
C.V. (%)		6,71	13,02	9,27	12,12	13,33	13,33	13,75	13,25	19,25	13,11

TABELA 5. Efeitos de doses e fontes de nitrogênio nas concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn nas folhas de posição +4, coletadas aos 90 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de três repetições).

Tratamento	Dose	Fonte	N (kg/ha)	P	K	Ca	Mg	S	p p m				
									Cu	Fe	Mn	Zn	
0			2,78	0,156	1,45	0,62	0,36	0,18	19,0	125,0	22,3	57,0	
40		Sulfato de	2,91	0,161	1,43	0,62	0,34	0,18	15,3	137,3	23,3	51,0	
80		Amônio	3,01	0,174	1,46	0,58	0,34	0,21	19,0	114,3	25,7	32,0	
160			3,08	0,176	1,55	0,52	0,32	0,25	17,3	112,0	24,3	33,3	
320			3,15	0,168	1,43	0,59	0,34	0,27	18,0	117,0	37,7	37,0	
0			2,67	0,148	1,47	0,61	0,34	0,19	20,0	121,7	20,0	29,0	
40			2,92	0,148	1,48	0,58	0,43	0,20	18,0	122,7	24,3	31,0	
80		Uréia	2,87	0,163	1,58	0,56	0,33	0,19	16,0	127,7	24,7	32,0	
160			3,16	0,160	1,38	0,60	0,35	0,18	18,0	120,0	29,0	35,0	
320			3,16	0,181	1,22	0,58	0,35	0,20	17,0	109,0	46,7	30,0	
0			2,75	0,151	1,39	0,60	0,38	0,22	19,0	122,3	21,0	28,0	
40		Uréia	2,80	0,160	1,55	0,57	0,36	0,19	17,0	140,3	23,3	35,0	
80		Incorporada	3,05	0,181	1,34	0,57	0,34	0,21	18,0	130,7	22,0	32,0	
160			3,07	0,180	1,42	0,64	0,42	0,22	16,0	120,0	24,7	29,0	
320			3,13	0,176	1,48	0,55	0,32	0,19	19,0	122,3	39,7	33,0	
0			2,91	0,140	1,59	0,60	0,34	0,19	18,0	124,7	23,3	33,0	
40		Nitrato	2,97	0,173	1,36	0,62	0,37	0,21	17,0	122,3	24,7	34,0	
80		de Amônio	3,12	0,169	1,43	0,55	0,35	0,17	18,0	117,3	22,0	32,0	
160			3,13	0,149	1,44	0,51	0,35	0,22	18,0	114,3	23,3	31,0	
320			3,15	0,162	1,41	0,56	0,33	0,19	18,0	112,0	29,0	36,0	
Fontes (F)			0,83 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,84 ^{ns}	6,12**	0,004 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,50 ^{ns}	2,00 ^{ns}	
Doses (D)			6,43**	2,21 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,67 ^{ns}	1,55 ^{ns}	3,77*	2,17 ^{ns}	2,91*	16,65**	0,76 ^{ns}	
F x D			0,39 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,54 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,28 ^{ns}	4,33**	1,03 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,13 ^{ns}	1,68 ^{ns}	
Fontes			-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	
Tukey a 5% Doses			0,24	-	-	-	-	0,02	-	14,81	6,76	-	
C.V. %			6,74	13,79	9,09	13,69	17,59	9,62	10,74	12,24	21,33	11,68	

TABELA 6. Coeficientes de correlação entre as concentrações de nitrogênio nas folhas de posição +3 e +4 coletadas aos 45 e 90 dias após a emergência das plantas, produção de colmos e as concentrações de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn.

N (%)	Produção de Colmos(t/ha)	p p m								
		P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Folha de posição +3 (45 dias)	0,618**	0,508**	0,186 ^{ns}	-0,458**	-0,464**	0,182 ^{ns}	0,019 ^{ns}	-0,050 ^{ns}	0,331**	0,363**
Folha de posição +4 (45 dias)	0,646**	0,582**	0,208 ^{ns}	-0,635**	-0,597**	0,246 ^{ns}	0,139 ^{ns}	-0,339**	0,499**	0,361**
Folha de posição +3 (90 dias)	0,418**	0,385**	-0,253 ^{ns}	0,202 ^{ns}	0,098 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,247 ^{ns}	-0,206 ^{ns}	0,413**	0,038 ^{ns}
Folha de posição +4 (90 dias)	0,497**	0,536**	-0,198 ^{ns}	0,113 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,206 ^{ns}	-0,349**	0,345**	0,157 ^{ns}

TABELA 7. Coeficientes de correlação⁽¹⁾ entre as concentrações de enxofre(%) nas folhas de posição +3 e +4, coletadas aos 45 e 90 dias após a emergência das plantas, e a produção de colmos de sorgo sacarino.

S (%)	Produção de Colmos (t/ha).
Folha de posição + 3 (45 dias)	0,861 **
Folha de posição + 4 (45 dias)	0,879 **
Folha de posição + 3 (90 dias)	0,733 **
Folha de posição + 4 (90 dias)	0,767 **

(1) - Resultados obtidos com a fonte sulfato de amônio.

colmos, corroborando resultados obtidos por ROSOLEM et alii (1981), CORDEIRO et alii (1982b) e COUTINHO e TEDRUS (1982). Entretanto MACHADO et alii (1982) e ROSOLEM et alii (1982a) empregando doses até 300 kg/ha de P_2O_5 não verificaram efeitos significativos na produção de colmos.

A adição de 50, 100, 200 e 400 kg/ha de P_2O_5 promoveram acréscimos na produção em relação à testemunha de respectivamente 74; 116; 137 e 122%.

Através da equação de segundo grau determinada, calculou-se a máxima eficiência técnica (M.E.T.), a qual foi obtida com a dose de 263,2 kg/ha de P_2O_5 correspondendo uma produção estimada de 60,6 t/ha de colmos (Figura 9).

4.2.2. Produção de Alcool

Através da Tabela 8 observa-se que a produção estimada de álcool por tonelada de colmos não foi afetada significativamente pela adubação fosfatada. Por outro lado, a produção de álcool por área (l/ha) sofreu variações significativas com as doses de P empregadas, com todos os tratamentos diferindo da testemunha através do teste de Tukey.

Em termos médios, observa-se que as produções estimadas de álcool estiveram acima daquelas obtidas por COUTINHO e TEDRUS (1982), provavelmente em virtude da colheita dos colmos ter sido realizada em épocas diferentes.

Apesar da participação direta e/ou indireta

do P no metabolismo, acúmulo e migração de açúcares (ALEXANDER, 1965), contribuindo desse modo para um aumento na concentração de açúcares totais, esse fato isoladamente entretanto não explica os dados obtidos. Corroborando observações feitas por ROSOLEM (1979), verifica-se que é a produção de colmos que contribui em maior grau para a produção de alcool/ha.

4.2.3. Diagnose Foliar da Nutrição Fosfatada

As concentrações de P nas folhas de posição + 3 e + 4 coletadas aos 45 e 83 dias após a emergência das plantas são apresentadas nas Tabelas 8 a 11.

Analisando-se estes resultados verifica-se que os tratamentos empregados afetaram significativamente as concentrações de P nas folhas, com as mesmas variando em termos médios de 0,244 a 0,308% e 0,242 a 0,310%, respectivamente para as folhas de posição + 3 e + 4 coletadas no estádio de crescimento vegetativo; na segunda amostragem as amplitudes observadas foram 0,168 a 0,242 % e 0,170 a 0,264%.

Através da Tabela 12 observa-se que independentemente da época de coleta das folhas, que os teores de P nas mesmas apresentaram-se correlacionados positiva e significativamente com as produções de colmos. Esses resultados indicam que as épocas e folhas amostradas podem ser utilizadas para diagnose da nutrição fosfatada em sorgo sacarino.

De maneira análoga à descrita no item 4.1.3. , determinou-se a faixa de concentrações de P considerada adequada para esta gramínea. Observa-se através das Figuras 9 a 12 que os teores desse nutriente respectivamente nas folhas de posição + 3 e + 4 estão situados dentro dos intervalos : 0,291 a 0,307% e 0,290 a 0,308% (folhas coletadas 45 dias após a emergência das plantas); 0,235 a 0,255% e 0,247 a 0,267% (folhas coletadas 83 dias após a emergência das plantas).

Estes teores de P nas folhas estiveram associados às doses 263,2 e 152,9 kg/ha de P_2O_5 , correspondendo respectivamente à produções de 60,6 e 54,5 t/ha de colmos.

É interessante notar, que é indiferente a coleta das folhas de posição + 3 ou + 4 no estágio de crescimento vegetativo, visto que, as concentrações de P nas mesmas praticamente não diferem e ainda por apresentarem coeficientes de correlação com a produção de colmos similares.

4.2.4. Concentrações de Macro e Micronutrientes

Verifica-se através dos resultados apresentados nas Tabelas 8 a 12 que a adubação fosfatada promoveu incrementos nas concentrações de Ca nas folhas.

Algumas hipóteses poderiam ser propostas para explicar o ocorrido, entretanto a explicação mais provável recai sobre o fato de ter-se utilizado o superfosfato triplo,

Figura 9. Relações entre doses de fósforo, produção de colmos e concentrações de P nas folhas de posição +3 coletadas aos 45 dias.

Produção de
Colmos (t/ha)

Figura 10. Relações entre doses de fósforo, produção de colmos e concentrações de P nas folhas de posição +4 coletadas aos 45 dias.

Figura 11. Relações entre doses de fósforo, produção de colmos e concentrações de P nas folhas de posição +3 coletadas aos 83 dias.

Figura 12. Relações entre doses de fósforo, produção de colmos e concentrações de P nas folhas de posição +4 coletadas aos 23 dias.

fertilizante que contém os nutrientes P e Ca.

A capacidade das plantas de sorgo sacarino em aproveitar o Ca deste fertilizante foi evidenciado por COUTINHO et alii (1982 a) cultivando esta gramínea em vasos contendo um solo ácido e de baixa fertilidade. Os autores verificaram que não eram exteriorizados sintomas clássicos de deficiência de Ca, quando se adicionava superfosfato triplo em tratamentos que não tinham recebido calcário dolomítico.

Observa-se ainda através das Tabelas 8, 9 e 12, que o aumento das doses e concentrações de P nas folhas promoveram incrementos nos teores de Mg.

Acredita-se que o Ca (contido no superfosfato triplo) através do efeito da lei da ação das massas, tenha deslocado o Mg do complexo sortivo para a solução do solo, contribuindo desta maneira, para uma maior disponibilidade do elemento e consequente maior absorção pelas plantas.

Por outro lado, a adubação fosfatada promoveu uma redução nas concentrações de Fe e Zn nas folhas (Tabelas 8 a 12).

Segundo REDISKI e BIDDULPH (1953) altos níveis de P no substrato podem interferir com o transporte de Fe devido a formação de fosfatos de ferro. Entretanto dados mais recentes, sugerem que o Fe move-se na forma aniônica ligado ao radical citrato (TIFFIN, 1970), estando desta maneira protegido da precipitação com o P.

Esta observação, aliada ao fato de que plantas

com clorose fêrrica induzida pelo P podem apresentar um teor normal deste micronutriente nas folhas (DeKOCK et alii, 1960), leva-nos a sugerir que os resultados obtidos devem-se à problemas no processo de absorção, onde o P e Fe são precipitados na superfície externa das raízes ou mais internamente nos espaços intercelulares das mesmas (AYED, 1970).

Com relação as concentrações de Zn nas folhas verifica-se que as mesmas estiveram negativamente correlacionadas com os teores de P. A adição de 400 kg/ha de P_2O_5 promoveu em relação a testemunha uma redução média de 30% na concentração deste micronutriente.

A interação entre estes nutrientes é bastante estudada, porém é um fenômeno complicado e pouco entendido, visto que, existem dados mostrando que: a) o P não exerce nenhuma influência sobre a absorção de Zn (BINGHAM, 1963); o P pode aumentar a absorção de Zn (PAULI et alii, 1968; WALLACE et alii, 1973); c) o P pode diminuir a absorção de Zn (ADRIANO et alii, 1971; OLSEN, 1972; RACZ e HALUSCHAK, 1974); d) pode existir um antagonismo mútuo entre P e Zn, particularmente quando um dos elementos excede o nível crítico (BOAWN e LEGGET, 1963); e) O P pode diminuir o transporte do Zn da raiz para a parte aérea (OLSEN, 1972).

Por outro lado segundo OLSEN (1972), a adição de P em um solo deficiente neste macronutriente poderá estimular o crescimento das plantas e com isso "diluir" a concentração de Zn no tecido da planta. Esta observação aproxi

ma-se bastante das condições do nosso experimento, visto que, a diferença visual entre as plantas que não receberam P e as que receberam era nítida; as primeiras eram menos desenvolvidas, apresentavam colmos bastante finos, culminando obviamente com as baixas produções observadas.

4.3. Experimento com Doses de Potássio

4.3.1. Produção de Colmos

Observa-se através da Tabela 13 que a adubação potássica afetou significativamente a produção de colmos, obtendo-se em relação a testemunha acréscimos de 31,9; 65,9 ; 87,0 e 77,7% quando adicionou-se respectivamente 25, 50, 100 e 200 kg/ha de K_2O . Estes resultados podem ser atribuídos ao baixo teor de K trocável do solo aliado à alta exigência das plantas de sorgo sacarino neste cátion monovalente.

Resultados semelhantes foram obtidos por CORDEIRO et alii (1982 c) em um solo de textura arenosa e de baixa fertilidade. Por outro lado em um solo de textura argilosa, MACHADO et alii (1982), ROSOLEM et alii (1982a, 1982b) empregando doses até 180 kg/ha de K_2O , não obtiveram respostas significativas para a produção de colmos no primeiro ano de cultivo.

Derivando-se a equação matemática apresentada na Figura 13, obteve-se a dose de K necessária à obtenção

TABELA 8. Efeitos da adubação fosfatada na produção de colmos, álcool e nas concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn nas folhas de posição +3, coletadas aos 45 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de quatro repetições).

Tratamento	Produção de Colmos(t/ha)	Produção de 1/ha	Alcool 1/t de colmo	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
P ₂ O ₅ (kg/ha)						%				p p m		
0	23,32	1253,5	53,7	2,97	0,244	2,48	0,30	0,21	15,0	166,2	22,2	45,2
50	40,45	2319,1	57,3	3,17	0,253	2,48	0,32	0,21	14,7	147,2	23,2	37,5
100	50,37	3138,0	62,3	3,13	0,283	2,47	0,35	0,23	15,2	140,2	21,5	34,5
200	55,22	3487,5	63,1	3,23	0,301	2,46	0,42	0,26	16,5	144,7	24,7	31,2
400	51,87	3034,3	58,5	3,16	0,308	2,48	0,40	0,30	15,2	136,2	21,0	30,5
Teste F	8,90**	7,66**	0,99 ^{ns}	2,61 ^{ns}	3,80*	0,01 ^{ns}	2,71 ^{ns}	4,36*	0,31 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,62 ^{ns}	5,90**
DMS(Tukey a 5%)	12,32	821,5	-	-	0,05	-	-	0,08	-	-	-	9,65
C.V. (%)	11,82	15,38	21,03	4,48	10,56	8,86	9,59	10,36	15,81	10,61	16,82	12,09

TABELA 9. Efeitos da adubação fosfatada nas concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe ,

Mn e Zn nas folhas de posição + 4, coletadas aos 45 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de quatro repetições).

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
P ₂ O ₅ (kg/ha)	p p m								
0	3,04	0,242	2,66	0,43	0,23	15,7	183,5	26,7	41,5
50	3,01	0,250	2,68	0,43	0,24	16,5	182,0	26,7	34,2
100	3,06	0,287	2,83	0,45	0,26	16,5	179,7	22,7	35,7
200	3,10	0,294	2,90	0,44	0,26	17,0	179,5	26,0	38,2
400	3,08	0,310	2,71	0,50	0,31	15,7	181,7	26,7	28,5
Teste F	2,04 ^{ns}	3,60**	0,39 ^{ns}	1,54 ^{ns}	4,95*	0,15 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,24 ^{ns}	4,01*
DMS(Tukey a 5%)	-	0,06	-	-	0,07	-	-	-	19,21
C.V.(%)	4,73	11,10	12,18	5,80	12,79	17,36	9,62	27,25	22,63

TABELA 10. Efeitos da adubação fosfatada nas concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas de posição + 3, coletadas aos 83 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de quatro repetições).

Tratamento P ₂ O ₅ (kg/ha)	%									
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	
0	2,94	0,168	1,49	0,56	0,30	16,5	115,0	21,5	45,0	
50	3,00	0,196	1,39	0,62	0,31	18,0	127,0	24,0	41,7	
100	3,01	0,230	1,38	0,58	0,30	18,7	125,5	26,0	35,5	
200	2,92	0,235	1,36	0,59	0,30	15,7	121,0	25,0	31,0	
400	3,04	0,242	1,38	0,65	0,34	17,2	115,0	24,2	30,5	
Teste F	0,59 ^{ns}	5,35*	0,49 ^{ns}	2,81 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,27 ^{ns}	1,87 ^{ns}	1,06 ^{ns}	4,99*	
DMS(Tukey a 5%)	-	0,05	-	-	-	-	-	-	13,03	
C.V. (%)	7,52	12,66	10,54	10,32	24,10	12,19	6,96	13,46	15,73	

TABELA 11. Efeitos da adubação fosfatada nas concentrações de N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn e Zn nas folhas de posição +4, coletadas aos 83 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de quatro repetições).

Tratamento P ₂ O ₅ (kg/ha)	%						
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe Mn Zn
							p p m
0	2,84	0,170	1,44	0,58	0,29	17,2	123,0 21,5 42,7
50	2,96	0,206	1,35	0,61	0,30	17,2	127,0 21,7 37,2
100	2,95	0,239	1,44	0,62	0,31	18,0	125,5 26,5 36,2
200	2,91	0,252	1,44	0,60	0,30	17,2	119,0 25,0 32,0
400	3,01	0,264	1,35	0,65	0,38	15,7	115,5 23,2 26,2
Teste F	1,57 ^{ns}	4,28*	0,78 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,44 ^{ns} 1,75 ^{ns} 4,71*
DMS(Tukey a 5%)	-	0,07	-	-	-	-	- - 12,90
C.V. (%)	5,33	16,20	7,92	11,59	18,15	10,62	11,65 13,72 21,47

TABELA 12. Coeficientes de correlação entre as concentrações de fósforo nas folhas de posição +3 e +4 coletadas aos 45 e 83 dias após a emergência das plantas , produção de colmos e as concentrações de N,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn e Zn.

P (%)	Produção de N Colmos(t/ha)						
	N	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn Zn
							p p m
Folha de posição +3 (45 dias)	0,631**	0,346 ^{ns}	-0,346 ^{ns}	0,777**	0,613**	0,299 ^{ns}	-0,225 ^{ns} 0,276 ^{ns} -0,415*
Folha de posição +4 (45 dias)	0,617**	0,401 ^{ns}	-0,419 ^{ns}	0,694**	0,698**	0,007 ^{ns}	-0,270 ^{ns} -0,018 ^{ns} -0,451*
Folha de posição +3 (83 dias)	0,586**	0,258 ^{ns}	0,264 ^{ns}	0,566**	0,345 ^{ns}	-0,391 ^{ns}	-0,865** -0,388 ^{ns} -0,883**
Folha de posição +4 (83 dias)	0,641**	0,415 ^{ns}	0,163 ^{ns}	0,627**	0,304 ^{ns}	-0,141 ^{ns}	-0,556* -0,352 ^{ns} -0,635**

da resposta máxima. Esta dose substituída na equação, possibilitou estimar a produção de colmos referente a máxima eficiência técnica (M.E.T.), o que foi alcançado com a dose de 136,4 kg/ha de K_2O proporcionando uma produção de 58 t/ha de colmos.

4.3.2. Produção de Alcool

Pode-se notar através da Tabela 13 que a produção estimada de álcool por tonelada de colmos não foi afetada significativamente pela adubação potássica.

Entretanto a produção de álcool por área(1/ha) apresentou variações significativas com os níveis de K empregados, observando-se que as três maiores doses diferiram através do teste de Tukey do tratamento testemunha.

Embora o K constitua-se em um dos elementos que mais influem na qualidade industrial de matérias-primas, como a cana-de-açúcar, beterraba açucareira (HUMBERT, 1968 ; KÖCHL, 1977), na cultura do sorgo sacarino a adição deste nutriente não tem provocado alteração na qualidade do caldo, constituindo-se a produção de álcool/ha função praticamente exclusiva da produção de colmos (ROSOLEM, 1979), corroborando assim os resultados apresentados na Tabela 13.

4.3.3. Diagnóse Foliar da Nutrição Potássica

As concentrações de K nas folhas de posição + 3 e + 4, coletadas aos 45 e 83 dias após a emergência das plantas são apresentadas nas Tabelas 13 a 16.

Verifica-se através desses resultados, que de maneira geral os tratamentos diferiram significativamente apenas da testemunha pelo teste de comparação de médias.

Na Tabela 17 observa-se que os teores de K nas folhas amostradas nos dois estádios de desenvolvimento da cultura, apresentam-se correlacionados positiva e significativamente com as produções de colmos. Estes resultados indicam que as amostragens utilizadas podem ser empregadas para diagnóse da nutrição potássica em sorgo sacarino.

Conforme descrito no item 4.1.3., determinou-se a faixa de concentrações de K considerada adequada para esta cultura. Verifica-se através das Figuras 13 a 16 que os teores deste nutriente respectivamente nas folhas de posição + 3 e + 4 estão situados dentro dos intervalos: 2,59 a 2,66% e 2,70 a 2,78% (folhas coletadas 45 dias após a emergência das plantas); 1,60 a 1,67% e 1,59 a 1,68% (folhas coletadas 83 dias após a emergência das plantas).

Através destes resultados pode-se inferir ainda, que em termos práticos é indiferente a amostragem das folhas de posição + 3 ou + 4 no estágio de florescimento, isto porque as concentrações de K nas mesmas são bastante si

Figura 13. Relações entre doses de potássio, produção de colmos e concentrações de K nas folhas de posição +3 coletadas aos 45 dias.

Figura 14. Relações entre doses de potássio, produção de colmos e concentrações de K nas folhas de posição +4 coletadas aos 45 dias.

Figura 15. Relações entre doses de potássio, produção de colmos e concentrações de K nas folhas de posição +3 coletadas aos 83 dias.

Figura 16. Relações entre doses de potássio, produção de colmos e concentrações de K nas folhas de posição +4 coletadas aos 83 dias.

milares.

4.3.4. Concentrações de Macro e Micronutrientes

As concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas de posição + 3 e + 4 coletadas aos 45 e 83 dias após a emergência das plantas, encontram-se nas Tabelas 13 a 16.

Através das Tabelas 13, 14 e 17 verifica-se que a adubação potássica afetou negativamente as concentrações de Ca nas folhas, sendo este efeito mais evidente quando adicionou-se 200 kg/ha de K_2O . Resultados semelhantes foram obtidos na cultura do sorgo granífero por COUTINHO (1978) e COUTINHO et alii (1982b).

Entretanto cumpre salientar, que embora podendo estar ocorrendo uma interação a nível fisiológico entre os cátions K e Ca, não se pode descartar a possibilidade do efeito de diluição, visto que, o aumento nas doses de K proporcionou incrementos no desenvolvimento das plantas e conseqüentemente na produção de colmos.

Sabe-se por outro lado, que a produção máxima de uma cultura depende não somente das quantidades de nutrientes fornecidos a mesma, mas também do equilíbrio entre eles, e neste sentido procurou-se verificar os efeitos das relações entre K, Ca e Mg na produção de colmos.

Observa-se através da Tabela 18 que os quocien

tes entre as concentrações dos cátions K/Ca e K/Ca + Mg nas folhas estiveram correlacionados significativamente com a produção de colmos, aproximadamente com a mesma magnitude que as concentrações isoladas de K nestas folhas.

Procurou-se ainda através de um estudo de regressão, estabelecer a melhor relação entre estes elementos, visando-se uma máxima produção, mas as equações determinadas eram de pouca confiabilidade, apresentando baixos coeficientes de determinação (R^2).

O relacionamento entre estes cátions na cultura do sorgo sacarino necessita ser melhor estudado, visto que, uma variação média de duas unidades ou menos nos quocientes K/Ca ou K/Ca + Mg nas folhas, pode significar acréscimos na produção de 20 t/ha de colmos ou mais.

Nota-se ainda através das Tabelas 15 a 17 que a adubação potássica promoveu aumentos significativos nas concentrações de Mn; este efeito foi mais pronunciado quando adicionou-se 200 kg/ha de K_2O .

WESTERMANN et alii (1971) estudando o efeito da adição de sais potássicos sobre o manganês trocável do solo, verificaram que o cloreto de potássio promovia um aumento na concentração deste micronutriente. Segundo estes autores, um mecanismo teoricamente possível para explicar o ocorrido seria o efeito do Cl^- sobre as reações de oxidação-redução, reduzindo o óxido de manganês de acordo com a equação:

Ainda segundo os mesmos pesquisadores, este efeito do íon cloreto é independente do pH iniciado do solo, em solos neutros e nos fracamente ácidos, a diminuição do pH resultante da aplicação de sais de cloro, não é suficiente para determinar a redução química de óxidos de manganês pelo cloro, levando os mesmos a concluir que não seria possível esta redução em pH acima de 5,0.

Entretanto resultados diferentes foram obtidos num Oxisol do Rio Grande do Sul por BORKERT (1973), onde os maiores efeitos do cloreto de potássio na liberação do Mn trocável (em condições de campo e vasos) ocorreram na faixa de pH 5,5 a 5,8.

TABELA 13. Efeitos da adubação potássica na produção de colmos,álcool e nas concentrações de N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn nas folhas de posição +3,coletadas aos 45 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de quatro repetições).

Tratamento K ₂ O(kg/ha)	Produção de Colmos (t/ha)	Produção de Alcool		%							Cu	Fe p p m	Mn	Zn	
		1/ha	l/t de colmo	N	P	K	Ca	Mg							
0	29,27	1845,2	63,0	3,16	0,252	2,39	0,35	0,24	16,5	149,5	23,5	26,7			
25	38,60	2489,5	64,5	3,39	0,242	2,66	0,32	0,25	15,2	157,7	26,2	28,0			
50	48,55	3370,7	69,4	3,28	0,256	2,67	0,34	0,22	16,5	179,5	25,0	27,5			
100	54,75	3809,4	69,6	3,32	0,276	2,77	0,30	0,26	15,2	145,0	24,7	29,5			
200	52,02	3425,8	65,8	3,24	0,272	2,82	0,28	0,24	14,0	155,5	29,0	27,5			
Teste F	6,53**	5,72**	1,03 ^{ns}	1,47 ^{ns}	2,64 ^{ns}	5,68**	3,27*	1,18 ^{ns}	2,84 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,86 ^{ns}			
DMS(Tukey a 5%)	13,02	889,7	-	-	-	0,21	0,07	-	-	-	-	-			
C.V.(%)	12,91	11,22	15,01	4,42	6,57	9,67	9,81	10,12	8,01	21,95	18,48	7,92			

TABELA 14. Efeitos da adubação potássica nas concentrações de N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn e Zn nas folhas de posição +4, coletadas aos 45 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de quatro repetições).

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
K ₂ O (kg/ha)	g								
0	3,21	0,239	2,47	0,34	0,23	17,2	186,2	27,5	29,5
25	3,13	0,230	2,55	0,33	0,22	16,5	186,2	30,0	28,0
50	3,32	0,253	2,71	0,34	0,24	17,7	196,7	30,0	29,7
100	3,31	0,272	2,79	0,30	0,26	15,2	170,5	28,5	34,0
200	3,28	0,262	2,83	0,24	0,24	16,0	197,0	32,5	30,2
Teste F	1,24 ^{ns}	2,78 ^{ns}	3,36*	3,40*	0,76 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,37 ^{ns}
INS(Tukey a 5%)	-	-	0,30	0,07	-	-	-	-	-
C.V.(%)	11,17	8,02	7,71	11,60	13,07	11,02	14,59	18,29	12,58

TABELA 15. Efeitos da adubação potássica nas concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas de posição +3, coletadas aos 83 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de quatro repetições).

Tratamento K ₂ O) kg/ha)	N	P	K	Ca	Mg	p p m			
						Cu	Fe	Mn	Zn
0	2,85	0,218	1,41	0,66	0,28	18,0	93,7	19,2	35,5
25	2,87	0,218	1,50	0,61	0,24	17,2	101,5	21,0	35,7
50	2,97	0,220	1,55	0,66	0,26	15,5	102,0	20,0	45,7
100	3,00	0,232	1,64	0,59	0,26	18,0	101,7	23,5	34,0
200	3,06	0,220	1,67	0,63	0,24	19,5	109,2	28,2	34,7
Teste F	0,78 ^{ns}	0,68 ^{ns}	4,17*	1,30 ^{ns}	1,13 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,70 ^{ns}	3,44*	0,95 ^{ns}
INS(Tukey a 5%)	-	-	0,22	-	-	-	-	8,86	-
C.V. (%)	11,70	18,30	11,55	10,69	12,31	14,57	12,88	17,54	26,85

TABELA 16. Efeitos da adubação potássica nas concentrações de N,P,K,Ca,Mg, Cu,Fe,Mn e Zn nas folhas de posição +4, coletadas aos 83 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino (média de quatro repetições).

Tratamento K ₂ O(kg/ha)	%									
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	p p m	Zn
0	2,92	0,215	1,39	0,67	0,31	18,0	99,5	20,0		33,2
25	2,92	0,199	1,46	0,71	0,30	17,2	101,7	21,0		35,7
50	2,94	0,230	1,52	0,66	0,29	16,5	103,5	19,2		37,0
100	2,96	0,222	1,65	0,64	0,31	18,7	94,7	24,2		38,7
200	3,05	0,244	1,69	0,59	0,31	16,5	99,7	29,2		33,2
Teste F	0,35	0,64	7,84**	1,57 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,71 ^{ns}	3,28*		1,04 ^{ns}
DMS(Tukey a 5%)	-	-	-	-	-	-	-	9,01		-
C.V.(%)	6,24	19,05	5,81	9,71	8,79	15,01	7,81	19,46		13,22

TABELA 17. Coeficientes de correlação entre as concentrações do potássio nas folhas de posição +3 e +4 coletadas aos 45 e 83 dias após a emergência das plantas, produção de colmos e as concentrações N,P,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn e Zn.

K (%)	Produção de									
	Colmos (t/ha)									
	N	P	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	p p m	Zn	
Folha de posição +3 (45 dias)	0,613**	0,275 ^{ns}	-0,041 ^{ns}	-0,639**	-0,306 ^{ns}	-0,287 ^{ns}	-0,403 ^{ns}	0,051 ^{ns}	0,279 ^{ns}	
Folha de posição +4 (45 dias)	0,568**	0,130 ^{ns}	0,159 ^{ns}	-0,627**	0,114 ^{ns}	-0,056 ^{ns}	0,088 ^{ns}	0,192 ^{ns}	0,224 ^{ns}	
Folha de posição +3 (83 dias)	0,510*	-0,094 ^{ns}	0,297 ^{ns}	-0,199 ^{ns}	-0,143 ^{ns}	0,129 ^{ns}	0,309 ^{ns}	0,716**	0,160 ^{ns}	
Folha de posição +4 (83 dias)	0,590**	0,094 ^{ns}	0,215 ^{ns}	-0,108 ^{ns}	0,083 ^{ns}	-0,102 ^{ns}	-0,347 ^{ns}	0,588**	-0,093	

TABELA 18. Coeficientes de correlação linear (r) entre a produção de colmos e as relações K/Ca, K/Mg e K/Ca + Mg nas folhas de posição +3 e +4, coletadas aos 45 e 83 dias após a emergência das plantas de sorgo sacarino,

Variável	Independente	r
K/Ca folha + 3	(45 dias)	0,555*
K/Mg folha + 3	(45 dias)	0,136 ^{ns}
K/Ca + Mg folha + 3	(45 dias)	0,456 *
K/Ca folha + 4	(45 dias)	0,457 *
K/Mg folha + 4	(45 dias)	0,035 ^{ns}
K/Ca + Mg folha + 4	(45 dias)	0,369 ^{ns}
K/Ca folha + 3	(83 dias)	0,653**
K/Mg folha + 3	(83 dias)	0,132 ^{ns}
K/Ca + Mg folha + 3	(83 dias)	0,596**
K/Ca + Mg folha + 4	(83 dias)	0,663**
K/Mg folha + 4	(83 dias)	0,243 ^{ns}
K/Ca + folha + 4	(83 dias)	0,632**

5. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos pode-se con
cluir que:

- a) as doses de N, P e K afetaram significativamente a produç
ção de colmos, obtendo-se as M.E.T. com as doses 205,3kg/
ha de N, 263,2 kg/ha de P_2O_5 e 136,4 kg/ha de K_2O ;
- b) com relação a produção de colmos, não houve diferença sig
nificativa entre as fontes de N utilizadas e os métodos
de aplicação da uréia;
- c) as adubações nitrogenada, fosfatada e potássica promo
veram aumentos significativos na produção de álcool por
área (l/ha);
- d) com relação a produção estimada de álcool por tonelada de
colmos, a cultura respondeu significativamente apenas à
adição de 80 kg/ha de N;
- e) as amostragens estudadas podem ser utilizadas para a diag

nose da nutrição nitrogenada, fosfatada, potássica e sul
furada na cultura do sorgo sacarino; as faixas de teores
considerados adequados para estes elementos são:

N - 3,16 a 3,35% (folhas +3 e +4 coletadas aos 45 dias)

N - 2,92 a 3,15% (folhas +3 e +4 coletadas aos 90 dias).

P - 0,290 a 0,308% (folhas +3 e +4 coletadas aos 45 dias)

P - 0,235 a 0,267% (folhas +3 e +4 coletadas aos 90 dias)

K - 2,59 a 2,78 % (folhas +3 e +4 coletadas aos 45 dias)

K - 1,59 a 1,68% (folhas +3 e +4 coletadas aos 90 dias)

S - 0,26 a 0,30% (folhas +3 coletadas aos 45 e 90 dias e
folhas +4 coletadas aos 45 dias)

S - 0,23 a 0,27% (folhas +4 coletadas aos 90 dias)

f) a adubação nitrogenada promoveu aumentos nos teores de
P, Mn e Zn e redução nas concentrações de Ca, Mg e Fe nas
folhas;

g) a adubação fosfatada promoveu incrementos nas concentra
ções de Ca e Mg e redução nos teores de Fe e Zn nas fo
lhas;

h) os teores de Mn nas folhas aumentaram e os de Ca diminui
ram, com a elevação das doses de K.

6. LITERATURA CITADA

ADRIANO, D.C.; G.M. PAULSEN; L.S. MURPHY, 1971. Phosphorus iron and phosphorus-zinc relationships in corn seedlings as affected by mineral nutrition. Agron. J., Madison , 63: 36-39.

ALEXANDER, A.G., 1965. Behavior of enzymes governing starch and sucrose forming pathways in two sugarcane varieties supplied with variable nitrate and phosphate in sand culture. J. Agric. Univ. Puerto Rico, Rio Piedras, 49 (2): 23-21.

ARAÚJO, N.Q.; H.F. CASTRO; A.E.S. VISCONTI, 1977. Sorgo- matéria prima renovável para a produção de etanol na escalada energética nacional. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 90 (2): 23-41.

AYED, I.A., 1970. A study of the mobilization of iron in to
mato roots by chelate treatments. Plant Soil, The Hague,
32: 18-26.

BARBER, S.A., 1966. The role of root interception, mass
flow and diffusion in regulating the uptake of ions by
plants from soil. Tech. Rep. Ser. I.A.E.A., Vienna, 65 :
39-45.

BENNETT, W.F.; J. PESEK; J. HANWAY, 1962. Effect of nitro
gen on phosphorus absorption by corn. Agron. J., Madi
son, 5: 437-442.

BINGHAM, F.T., 1963. Relation between phosphorus and micro
nutrients in plants. Soil Sci Soc. Am. Proc., Madison,
27:389-391.

BLACK, C.A., 1975. Relaciones Suelo-Planta. Vol. 2. Bue
nos Aires, Hemisfério Sur Editora. 866 p.

BOAWN, L.C.; F.G. VIETS Jr.; C.L. CRAWFORD; J.L. NELSON ,
1960. Effect of nitrogen carrier, nitrogen rate, zinc
rate, and soil pH on zinc uptake by sorghum, potatoes ,
and sugar beets. Soil Sci., Baltimore, 90: 329-337.

BOAWN, L.C. e G.E. LEGGET, 1963. Zinc deficiency of the Russet Burbank potato. Soil Sci., Baltimore, 95(2) : 137-141.

BORKERT, C.M., 1973. Efeito do calcário e do cloreto de potássio sobre as concentrações de manganês e alumínio nos Oxissolos-Santo Angelo e Passo Fundo e suas relações com a nodulação e rendimento de duas cultivares de soja. Porto Alegre, Faculd. de Agron./UFRGS, 97 p. (Tese de M.S.).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agropecuária. Comissão de Solos, 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo . 634 p. (Boletim 12).

BROADHEAD, D.M. e K.C. FREEMAN, 1964. Effects of fertilizer on yield and quality of sorgho for sirup. Agriculture Experiment Station. Mississippi State University. Inform. Sheet 849.

CATANI, R.A. e A.O. JACINTHO, 1974. Avaliação da fertilidade do solo. Métodos de análise. Piracicaba, Livrocere Ltda. 57 p.

CHIELLE, Z.G.; V.R. SUTILI; G.J. SOARES; V. ZANOTELLI, 1980.

Ensaio de épocas de semeadura em sorgo sacarino. In: REUNÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 13^a, LONDRINA, Resumos. p. 97.

CHIPMAN, E.W. e C.R. MacEACHERN, 1977. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yields and nutrient levels in snap beans. Comm. Soil Sci. Pl. Anal., New York, 8 (3): 183-194.

CÖIC, Y.; LESAIN; F. ROUX, 1961. Comparaison de l'influence de la nutrition nitrique et ammoniacale combinée ou non avec une déficience en acid phosphorique, sur l'absorption et le métabolisme des anions-cations et plus particulièrement des acides organiques chez le maïs. Ann. Physiol. Veg., Paris, 3(3):141-163.

COLE, C.V.; D.L. GRUNES, S.R. OLSEN, 1963. The effects of nitrogen on short-term phosphorus absorption and translocation in corn. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 27: 671-674.

CORDEIRO, D.S.; A.N. KICHEL; V.H.da F.PORTO; P., SILVEIRA Jr. 1982 a.Efeito de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em sorgo sacarino. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14^o, Florianópolis -SC. Resumos. p. 163.

CORDEIRO, D.S.; A.N. KICHEL; V.H.da F. PORTO; P. SILVEIRA Jr., 1982 b. Efeito da correção e da manutenção fosfatada no rendimento de colmos desfolhados de sorgo sacarino. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14º, Florianópolis-SC. Resumos . p. 168.

CORDEIRO, D.S.; A.N. KICHEL; P. SILVEIRA Jr. 1982 c. Efeito de doses crescentes de potássio em sorgo sacarino. In : CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14º, Florianópolis-SC. Resumos. p. 167.

COUTINHO, E.L.M., 1978. Efeito do Ca , Mg e K na produção de matéria seca do sorgo, na altura das plantas e nos teores desses nutrientes no solo e na planta. Jaboticabal, F.C.A.V/UNESP, 52 p. (Dissertação de Mestrado).

COUTINHO, E.L.M.; J.M. BOCATTO; E.A.SOUZA, 1982a. Efeito da adubação NP, em presença e em ausência de calcário dolomítico, na cultura do sorgo sacarino. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14º Florianópolis-SC. Resumos . p. 166.

COUTINHO, E.L.M.; E.C.A. SOUZA; J.G. BAUMGARTNER, 1982b. Efeitos da calagem e adubação potássica na cultura do sorgo granífero. Científica (Sér.Agron.), São Paulo, 10 (2)- (no prelo).

COUTINHO, E.L.M. e P.F.A.S. TEDRUS, 1982. Efeitos da adu
bação nitrogenada e fosfatada na cultura do sorgo sacari
no, avaliada pela diagnose foliar, produção de colmos e
álcool etílico. (dados não publicados).

COWLEY, W.R., 1969. Sweet sorghum in south Texas: Yield
potentials and cultural practics. Jour. Rio Grande Val
ley Hort. Soc., Weslaco, 23: 157-162.

COWLEY, W.R. e B.A. SMITH, 1972. Sweet sorghum as a poten
tial sugar crop a south Texas. In: CONGRESS ISSCT, 14th,
New Orleans. Proceedings. p. 628-633.

DeKOCK, P.C.; A.HALL; M. McDONALD, 1960. A relation bet
ween the ratios of phosphorus to iron and potassium to
calcium in mustard leaves. Plant Soil, The Hague, 12 :
128-142.

EPPENDORFER, W.H. e S.W. BILLE, 1974. Amino acid composi
tion as a function of total-N in pea seeds grown on two
soils with P and K additions. Plant Soil, The Hague, 41:
33-39.

ERNST, J.W. e H.F. MASSEY, 1960. The effects of several
factors on volatization of ammonia formed from urea in
the soil. Soil Sci.Soc. Am. Proc., Madison, 24:87-91.

EYNON, L. e J.H. LANE, 1934. Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator. London, Norman Rodger. 8 p.

GRUNES, D.L., 1959. Effect of nitrogen on the availability of soil and fertilizer phosphorus to plants. Adv. Agron., New York, 11: 369-396.

HIROCE, R.; O.C. BATAGLIA; J.G. BAUMGARTNER; A.M.C.FURLANI, 1977. Efeitos de quatro fontes de adubo nitrogenado nas características químicas do solo e na composição foliar de cafeeiro. Ciência e Cultura, São Paulo, 29 (1):67-71.

HUMBERT, R.P., 1968. Nutritional aspects of ripening. In: The Growing of Sugar Cane. Rev.ed., Elsevier Publis.Co., Amsterdam, p. 550-555.

KIEHL, J.C. e M.O.C. BRASIL SOBRINHO, 1981. Efeito de doses e modos de aplicação de uréia na produção de algodão em diferentes locais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18º, Salvador. Resumos. p. 41.

KIEHL, J.C.; A. COBRA NETTO; R.I.SILVEIRA, 1982. Efeito de doses e modos de aplicação de uréia na produção de feijão em Alagoas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO., 15º, Campinas. Resumos. p. 16.

KIRKBY, E.A., 1968. Influence of ammonium and nitrate nutrition on the cation-anion balance and nitrogen and carbohydrate metabolism of with mustard plants grown in dilute nutrient solutions. Soil Sci., Baltimore, 105: 133-141.

KOCHL, A., 1977. The effects of nitrogen and potassium nutrition on yield and quality of sugar beet. In: COLL. OF THE INTERN. POTASH INST., Berne, Switzerland, 13 th. Pro
ceedings. p. 209-226.

KRUG, F.J.; H. BERGAMIN Fº; E.A.G. ZAGATTO; S.S. JØRGENSEN, 1977. Rapid determination of sulphate in natural waters and plant digest by continous flow injection turbidime
try. Analyst, Londres, 102: 503-508.

LIRA, M.A.; J.G.E. FRANÇA, E.V. FREITAS, 1980. Sorgo saca
rino. Possibilidade e problemas para a Zona da Mata de Pernambuco. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 13^a, Londrina. Resumos. p. 158.

LYONS, E.S.; I.E. STOKES; J.F. O'KELLY; S.P. CROCKETT, 1951. Results of fertilizer experiments with sorgo grown for sirup in Mississippi, 1942-1949. Mississippi Agr. Exp . Sta., cir. 167. 16 p.

MACHADO, J.R.; J. NAKAGAWA; C.A. ROSOLEM; O.BRINHOLI, 1982.

Efeitos de espaçamento entre linhas e de níveis de adubação no comportamento de sorgo sacarino em Latossol Roxo. Experimento IV. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO ,14º Florianópolis -SC. Resumos. p. 128.

MALAVOLTA, E.; E.L.M. COUTINHO; G.C. VITTI; N.U. ALEJO;N.J.

NOVAES; V.L. FURLANI NETO, 1979. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo sacarino. I. Deficiências de macro e micronutrientes e toxidez de alumínio, cloro e manganês. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 36 : 173-202.

MARQUES, H.L. e G.B. FERNANDES, 1979. Cultivares de sorgo sacarino. Salvador-BA, EBAPA. Comunicado Técnico nº 2 . 11 p.

MARSHALL, V.G. e E.E. McMULLAN, 1976. Balance sheet of recovered ¹⁵N-labelled urea in a pot trial with *Pseudotsuga menziesii*. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 56:311-314.

MEADE, G.P., 1967. Manual del Azúcar de Caña. 9a. ed. Barcelona, Montaner y Simon. 940 p.

MELLO, F.A.F.; S. ARZOLLA; J.C. KIEHL, 1981. Efeito de doses e modos de aplicação de uréia na produção de milho em diferentes locais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18^o, Salvador. Resumos. p. 42.

MENEZES, T.J.B.; P.R. LAMO; C.G. TEIXEIRA; M. PURCHIO, 1977. Possibilidades de produção de álcool a partir de sorgo sacarino. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE ALCÓOL NO NORDESTE, Fortaleza. Anais. Fortaleza. p. 211-229.

MURAOKA, T. e A.M.L. NEPTUNE, 1979. Efeito de fontes de nitrogênio na utilização do fósforo aplicado, pela cultura de trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17^o, Manaus. Resumos. p. 44.

MUTTON, M.A., 1978. Características agrotecnológicas de algumas variedades de sorgo sacarino, em diferentes estágios de maturação. Jaboticabal, F.C.A.V./UNESP, 131 p. (Trabalho de Graduação).

MYERS, R.F.K., 1978. Nitrogen and phosphorus nutrition of dryland grain sorghum at Katherine, Northern Territory . 3. Effect of nitrogen carrier, time and placement. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., Melbourne, 18: 834-843.

- MYERS, R.F.K., 1979. Nitrogen and phosphorus nutrition of dryland grain sorghum at Katherine, Northern Territory . 4. ^{15}N studies on nitrogen carrier and method of application. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., Melbourne, 19: 481-487.
- NEPTUNE, A.M.L., 1966. Estudos sobre adubação e diagnose foliar do milho. Piracicaba, E.S.A.L.Q./USP, 167 p. (Te se de Cátedra).
- NEPTUNE, A.M.L.; T. MURAOKA; S. LOURENÇO, 1978. Efeitos de diferentes doses de nitrogênio e modos de aplicação dos fertilizantes fosfatados e nitrogenado na eficiência da utilização do fósforo pelo feijoeiro. Turrialba, San Jo sé, 28(3): 197-202.
- NOMMIK, H., 1973. Assessment of volatilization loss of ammonia from surface-applied urea on forest soil by N^{15} recovery. Plant. Soil, The Hague, 38:589-603.
- OLSEN, S.R., 1972. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; P.M. GIORDANO; W.L. LINDSAY, Ed. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Sci. Soc. Amer., Inc., p. 243-264.

OVERREIN, L.N., 1968. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil: I. Nitrogen losses by leaching and volatilization after addition of urea-N¹⁵. Soil Sci. Baltimore, 106:280-290.

PAULI, A.W.; R.ELLIS; H.C.MOSER, 1968. Zinc uptake and translocation as influenced by phosphorus and calcium carbonate. Agron. J., Madison, 60: 394-396.

PETIZ, C.A.; P. KOETZ, A.A. RAUPP; B. SANTOS Fº; D. CORDEIRO; A. MORGA; C. ÁVILA, 1980. Caracterização da curva de maturação e efeito do armazenamento do colmo sobre o teor de açúcar no caldo de sorgo sacarino. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 13^a, Londrina. Resumos. p. 98.

RACZ, G.J. e P.W. HALUSCHAK, 1974. Effects of phosphorus on Cu, Zn, Fe and Mn utilization by wheat. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 54: 357-367.

RAUPP, A.A.; P. SILVEIRA Jr.; M.P. PORTO, 1980. Estudo da viabilidade do sorgo sacarino em Pelotas, RS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 13^a Londrina. Resumos. p.96.

REDISKI, J.H. e D. BIDDULPH, 1953. The absorption and translocation of iron. Plant Physiol., Bethesda, 28:576-593.

REEVES Jr, S.A., 1976. Sweet sorghum report, 1975. Research Technical Report, 76-3. Texas Agricultural Experiment Station. 22 p.

REEVES Jr., S.A., 1980. Sweet sorghum variety yield and sugar performance. Texas Agricultural Experiment Station. Texas A & M University. 7 p.

RICAUD, R., 1971. Sweet sorghum for sugar production in Louisiana. Louisiana Agriculture. Louisiana State Univ., 14:4-7.

RIO DE JANEIRO. Ministério da Indústria e do Comércio. Fundação de Tecnologia Industrial, 1980. Efeitos da época de plantio de dez cultivares de sorgo sacarino. 39 p.

ROSOLEM, C.A., 1979. Contribuição ao estudo da nutrição mineral e adubação do sorgo sacarino. Piracicaba, E.S.A.L.Q/USP, 137 p. (Tese de Doutorado).

ROSOLEM, C.A.; E.MALAVOLTA; J.R. MACHADO, 1981. Resposta diferencial de dois cultivares de sorgo sacarino a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. I. Produção e

seus componentes. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 5(2):124-128.

ROSOLEM, C.A.; T. NOGIMOTO; J.R. MACHADO, 1982a. Respostas do sorgo sacarino a adubos nitrogenado, fosfatado e potássico em um Latossol Roxo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14º, Florianópolis-SC. Resumos. p. 171.

ROSOLEM, C.A.; J.R. MACHADO; O. BRINHOLI; O. DELLA COLETA, 1982b. Efeito da calagem no sorgo sacarino cultivado em um Latossol Roxo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14º Florianópolis- SC. Resumos. p. 172.

SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Livrocere Ltda. 57 p.

SERRA, G.E., 1979. O sorgo sacarino como matéria-prima para a produção de álcool etílico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SORGO, Brasília. Anais. Brasília, EMBRAPA/CNPMS. p. 105 - 116.

SILVA, J.G.; G.E. SERRA; J.R. MOREIRA; J.C. GONÇALVES, 1976.

Balanço energético cultural da produção de álcool etílico da cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino-fase agrícola e industrial. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 88 (6): 8-21.

SMITH, B.A.; R.C. SMITH; R.V. ROMO; R.A. de la CRUZ; F.P. GRIFFITHS, 1970. Removal of starch from sweet sorghum juices. Sugar J., New Orleans, 32(12):25-30.

SMITH, B.A.; R.V.ROMO; R.C.SMITH; R.A. de la CRUZ; F.P. GRIFFITHS; W.R. COWLEY, 1972. Preliminary pilot plant studies of the production of raw sugar from sorghum. In: CONGRESS ISSCT, 14 th, New Orleans. Proceedings. p.1637-1644.

SMITH, B.A. e S.A. REEVES, Jr., 1981. Sweet sorghum biomass. Part III. Cultivars and plant constituents. Sugar y Azucar, New York, 76:37-50.

TANIMOTO, T., 1964. The press method of cane analysis. Hawaiian Planters Record, 57(2): 133-150.

TEIXEIRA, C.G.; M.J.PURCHIO; T.J.B. MENEZES, A.M. SALES; P. R. LAMO; T. ARAKAKI, 1979. Produção de álcool etílico de sorgo sacarino. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SORGO, Brasília. Anais. Brasilia, EMBRAPA/CNPMS. p. 99-104.

TIFFIN, L.O., 1970. Translocation of iron citrate and phosphorus in xylem exudate of soybean. Plant Physiol., Bethesda, 45: 280-283.

VIETS, F.G.; L.C. BOAWN; C.L. CRAWFORD, 1957. The effect of nitrogen and types of nitrogen carrier on plant uptake of indigenous and applied zinc. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 21: 197-201.

VOLK, G.M., 1970. Gaseous loss of ammonia from prilled urea applied to slash pine. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 34:513-516.

WALLACE, A.; ELGAZZAR; G.V. ALEXANDER, 1973. High phosphorus levels on zinc and other heavy metal concentration in Hawkeye and PI54619-5-1 soybeans. Comm. Soil Sci. Pl. Anal., New York, 4:343-345.

WATKINS, S.H.; R.F. STRAND; D.S. DEBELL; J. ESCH, 1972. Factors influencing ammonia losses from urea applied to northwestern forest soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 36: 354-357.

WESTERMANN, D.T.; T.L. JACKSON; D.P. MOORE, 1971. Effect of potassium salts on extractable soil manganese. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 35(1):43-46.

WILCOX, G.E.; J.E. HOFF; C. JONES, 1973. Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom and rot of tomato fruit. J. Am. Soc. Hort. Sci., Michigan, 98(1) : 86-89.