

TÍTULO DA TESE

RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR A DIFERENTES NÍVEIS
DE ZINCO, EM PRESENÇA DE FÓSFORO

AUTOR

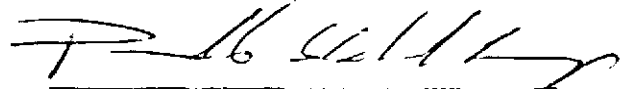
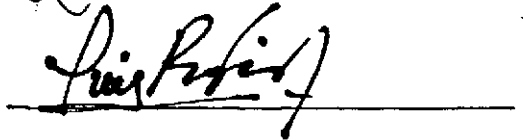
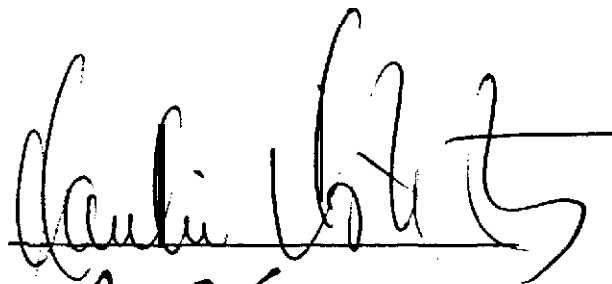
CLARINDO ALDO LOPES

APROVADO EM 20/Janeiro/1983

MANLIO SILVESTRE FERNANDES

LUIZ RODRIGUES FREIRE

REINALDO CALIXTO DE CAMPOS



RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR A DIFERENTES NÍVEIS
DE ZINCO, EM PRESENÇA DE FÓSFORO

T E S E

Apresentada ao Decanato de Pesquisa e
Pós-Graduação da Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro para obtenção do
Grau de Mestre

CLARINDO ALDO LOPES

1 9 8 3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR A DIFERENTES NÍ-
VEIS DE ZINCO, EM PRESENÇA DE FÓSFORO.

CLARINDO ALDO LOPES

SOB A ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR

MANLIO SILVESTRE FERNANDES

Tese, submetida como requisito
parcial para a obtenção do grau
de mestre em Agronomia.
Área de concentração em Ciên-
cia do Solo.

Itaguaí, Rio de Janeiro

20 de Janeiro, 1983.

A minha mãe e irmão,
A minha esposa,
Aos meus filhos Peterson
e Rafael
dedico este trabalho.

Ao meu pai

In Memoriam

AGRADECIMENTOS

Aos Professores MANLIO SILVESTRE FERNANDES e DEO LAURO MARZOLA, pela orientação prestada durante a execução do presente trabalho;

ao corpo docente do Departamento de Solos, do Instituto de Agronomia e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela formação profissional que possibilitou a execução do presente trabalho;

a Usina São João, por proporcionar toda infraestrutura necessária para instalação e execução deste trabalho:

ao Dr. NAPOLEÓN MURO ARBULU, Agrônomo da Usina São João, Campos, RJ, pelo apoio e sugestões na realização deste trabalho;

aos colegas do PLANALSUCAR, Estação de Campos, RJ, por colocar à disposição as facilidades de equipamentos e laboratório;

ao aluno JOSE NILTON FOREMAN JUNIOR, pelo auxílio na condução do experimento e obtenção dos dados analíticos;

ao Professor REINALDO CALIXTO DE CAMPOS e ao Departamento de Química da PUC-RJ, pelo apoio imprescindível na determinação de Zn nos laboratórios da PUC/RJ, o qual muito contribuiu para efetivação deste trabalho;

ao meu colega de turma e amigo MAURÍCIO BALLESTEIRO PEREIRA, pelo incentivo e valiosa ajuda na interpretação dos resultados;

ao Professor JORGE PALADINO CORREIA DE LIMA e à Dra. NELI DO AMARAL MENEGUELLI, pela programação e processamento da análise estatística dos dados experimentais;

ao Professor OSWALDO DUARTE GONCALVES, pela revisão literária e normativa do manuscrito;

às Srtas. DIVA MONTEIRO DA SILVA e MARIA DAS GRAÇAS ALVES PASSOS, pelo trabalho datilográfico;

ao Sr. GILBERTO DA SILVA REIS, pela confecção dos gráficos ilustrativos;

aos colegas do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, especialmente RICARDO MOTTA MIRANDA, pelo estímulo e apoio constantes;

a minha esposa, pelo incentivo, compreensão e valiosa ajuda nos trabalhos de laboratório;

manifesto, aqui, meu agradecimento muito sincero.

BIOGRAFIA

CLARINDO ALDO LOPES, nascido a 25 de outubro de 1953, no Rio de Janeiro, filho de LUZIA ALDA LOPES e CLARINDO FERREIRA LOPES, cursou Engenharia Agrônômica de 1973 a julho de 1976 na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Trabalhou no Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos da HOKKO DO BRASIL, de julho de 1976 a maio de 1977. A partir desse mesmo mês, passou a exercer atividades de Auxiliar de Ensino na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde atualmente exerce o cargo de Professor Assistente.

Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), na categoria de pós-graduação, de 1980 a 1981 e, atualmente, na categoria de pesquisador.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO -----	04
2. REVISÃO DE LITERATURA -----	05
3. MATERIAL E MÉTODOS -----	12
3.1. Análise do Solo -----	14
3.1.1. Determinação de Zn -----	15
3.1.2. Determinação de P -----	15
3.2. Análise da Planta -----	16
3.2.1. Determinação de Zn -----	16
3.2.2. Determinação de P -----	17
3.3. Cálculos Estatísticos -----	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	19
4.1. Determinação de Zn no Solo -----	19
4.2. Determinação de Zn na Planta -----	31
4.2.1. Determinações de Zn em meristema -----	31
4.2.2. Determinação de Zn no entrenó verde-----	50
4.2.3. Determinação de Zn na folha +3 -----	50
4.2.4. Determinação de Zn nas folhas 3, 4, 5 e 6 -----	51

	Página
4.2.5. Determinação de Zn nas bainhas das folhas 3, 4, 5 e 6 -----	52
4.2.6. Determinação de Zn no entrenó ma- duro-----	53
4.2.7. Determinação de Zn na parte aérea total -----	54
4.3. Determinação de P na Planta -----	54
4.3.1. Determinação de P na folha +3 -----	54
4.3.2. Determinação de P na parte aérea total -----	57
4.4. Produção -----	62
5. CONCLUSÕES -----	64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	66
7. APÊNDICE -----	78

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura		Página
1	Efeito da adubação fosfatada na concentração de Zn extraído por HCl 0,05 N + H ₂ SO ₄ 0,025 N, em diferentes épocas de amostragens -----	32
2	Efeito da adubação fosfatada na concentração de Zn extraído por HCl 0,01 N, em diferentes épocas de amostragens -----	33
3	Determinação de Zn no meristema aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	37
4	Determinação de Zn no meristema aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	38
5	Determinação de Zn no entrenó verde aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	40
6	Determinação de Zn no entrenó verde aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	41

Figura		Página
7	Determinação de Zn na folha +3 aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	42
8	Determinação de Zn na folha +3 aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	43
9	Determinação de Zn nas folhas 3, 4, 5 e 6 aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado	44
10	Determinação de Zn nas folhas 3, 4, 5 e 6 aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado	45
11	Determinação de Zn nas bainhas 3, 4, 5 e 6 aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado	46
12	Determinação de Zn nas bainhas 3, 4, 5 e 6 aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado	47
13	Determinação de Zn no entrenó maduro aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	48
14	Determinação de Zn no entrenó maduro aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	49
15	Determinação de P na folha +3 aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	58
16	Determinação de P na folha +3 aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado -----	59
17	Determinação de P na planta total, por oca- sião da colheita, para cada nível de Zn apli- cado -----	61

ÍNDICE DOS QUADROS

Quadros		Página
1	Características Químicas e Físicas do Solo	12
2	Concentrações de Zn no solo obtidas por extração com solução de HCl 0,05 + H ₂ SO ₄ 0,25 N em diferentes épocas de amostragem, à profundidade de 20 cm, para as diversas concentrações de Zn e P aplicados -----	20
3	Concentrações de Zn no solo obtidas por extração com solução de HCl 0,1 N, em diferentes épocas de amostragem, à profundidade de 20 cm, para as diversas concentrações de Zn e P aplicados -----	21
4	Correlações entre os valores de Zn determinados com o HCl 0,05 N + H ₂ SO ₄ 0,025 N (extrator A), HCl 0,1 N (extrator B) ,P extraído pelo Método Carolina do Norte (extrator C) e Zn aplicado -----	22

Quadro		Página
5	Correlações entre os teores de Zn extraído por HCl 0,05N + H ₂ SO ₄ 0,025N (extrator A) e HCl 0,1N (extrator B) e os teores de Zn nos diferentes tecidos da planta aos 4 e 9 meses ----	23
6	Correlações entre os diferentes níveis de Zn determinados no solo, pelos extratores HCl 0,05N + H ₂ SO ₄ 0,025N (extrator A) e HCl 0,1N (extrator B), com a produção de colmos em diferentes épocas de amostragem -----	25
7	Concentrações de P no solo, obtidas por extração com solução Carolina do Norte, à profundidade de 0-20 cm em diferentes épocas de amostragem -----	28
8	Teores de Zn no solo na segunda e na quinta épocas de amostragem nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm (médias de P ₁ e P ₂) -----	29
9	Resultados da determinação de Zn nos diferentes tecidos da planta aos 4 e 9 meses (valores médios dos dois níveis de P) -----	34
10	Correlações entre Zn determinado em diferentes partes da planta aos 4 e 9 meses, com a produção de colmos -----	36
11	Efeito da adubação fosfatada sobre os teores de Zn nos diferentes tecidos da planta aos 4 e 9 meses -----	39

Quadro		Página
12	Resultados da determinação de Zn na parte aérea total por ocasião da colheita, correspondentes aos níveis de Zn aplicados -----	55
13	Resultados da determinação de P na folha +3 aos 4 e aos 9 meses, correspondentes aos níveis de P e de Zn aplicados -----	56
14	Resultados da determinação de P na parte aérea total por ocasião da colheita, correspondente aos níveis de P de Zn aplicados -----	60
15	Dados de produção por ocasião da colheita (médias dos dois níveis de P, com quatro repetições) -----	63

RESUMO

Foi estudado o efeito do P sobre o Zn no solo e na planta pela aplicação de dois níveis de P ($P_1 = 180 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ e $P_2 = 360 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$), combinados fatorialmente com cinco níveis de Zn (0, 10, 20, 40 e 80 kg Zn/ha), fazendo-se análise química do solo com dois extratores (HCl 0,1N e HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N) em diferentes épocas de amostragem e análise química de diversos tecidos da planta aos 4 e 9 meses e na colheita.

Observou-se que o extrator HCl 0,1N extraiu maiores quantidades de Zn que o extrator HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N, no entanto, as correlações obtidas com os diferentes tecidos da planta aos 4 meses foram maiores para o extrator HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N, apesar disso os dados obtidos por ambos os extratores se correlacionaram significativamente com os dados da produção.

No solo foi observado aumento da concentração de Zn extraído pelos dois extratores, para maior nível de P aplica-

do, enquanto que na planta, para o maior nível de P aplicado, a quantidade de Zn nos diferentes tecidos analisados foi menor, indicando que o efeito antagônico do P sobre o Zn ocorre na planta.

A melhor época de amostragem foi em torno dos 4 meses e o melhor tecido para determinação do estado nutricional de Zn foi a folha +3.

Não houve diferenças significativas entre os níveis de P para a produção, entretanto, encontraram-se diferenças significativas na produção entre os tratamentos que não os que receberam Zn em diversos níveis.

ABSTPACT

It was studied the effect of phosphorus on zinc content in the soil and in the plant, through the aplioation of two P levels (180 and 360 kg P $_2$ O $_5$ /ha), combined in a factorial experiment with five Zn levels (0, 10, 20, 40 and 80 kg Zn/ha). The soil chemical analysis was done with two extractors (0.1N HCl and 0.05N HCl + 0.025N H $_2$ SO $_4$) at several different sampling time; it was also performed the chemical analysis of different plant tissues at 4 and 9 months after planting and at harvest time.

It was observed that 0,1N HCl extracted larger Zn quantities than the 0,05N HCl + 0.025N H $_2$ SO $_4$ extractor; however, the correlations with the different plant tissue at 4 months were greater for the double extractor, eventhough the results with both extractors correlated significantly with the production data.

In the soil, it was observed and increase in Zn concentration, regardless the extractor used, for the highest P

level applied. However, in the plant, the highest P level corresponded to the lowest Zn content in the tissues analysed, indicating that the antagonistic effect of P on Zn occurs in the plant.

The best sampling time was around 4 months after planting and the best tissue for zinc determination was the leaf +3.

There was no significant differences in production between P levels; however, the production was significantly lower in the non zinc treatment than the treatments with increasing zinc levels.

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos do fósforo sobre as respostas das plantas ao zinco são bastante complexos, envolvendo diversos fenômenos distintos, os quais operam separadamente ou em conjunto, dependendo da espécie e condições ambientais. Um aspecto controverso é a localização da interação P-Zn e a natureza do mecanismo responsável por esta interação.

A deficiência de Zn, como fator limitante da produção tem sido freqüentemente constatada nas principais regiões produtoras do Brasil e do mundo, em diferentes culturas, inclusive cana-de-açúcar. Daí a necessidade de se pesquisar o balanço de nutrientes em conexão com o problema de interação de P-Zn e em relação à nutrição das plantas.

Este trabalho teve como objetivo: a) avaliar o efeito do P sobre o Zn no solo e na planta; b) avaliar os tecidos da planta quanto à capacidade de indicar o estado nutricional de Zn; c) avaliar extratores (ácidos diluídos) para Zn no solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Inúmeras pesquisas têm mostrado que a aplicação de fertilizantes fosfatados nos solos causa deficiência de Zn em diversas culturas, reduzindo o crescimento e a produção (Langin et al., 1962; Ward et al., 1963; Martin et al., 1965; Brown et al., 1970 e Grant et al., 1972).

Quando esta desordem nutricional pode ser prevenida ou corrigida pelo fornecimento de Zn, o fenômeno é conhecido na literatura como "deficiência de Zn induzida pelo P" (Terman et al., 1972; Lopes et al., 1974; Safaya, 1976 e Loneragan et al., 1979)

Burleson et al. (1961) concluíram que P reduz a absorção de Zn por algum processo externo à planta, enquanto outros autores observaram que P aumenta a absorção de Zn (Watanabe et al., 1965 e Wallace et al., 1974).

A formação de precipitados insolúveis de fosfatos de Zn no solo, devido a altos níveis de aplicação de fertilizantes fosfatados, é uma das teorias propostas para explicar a ra-

ção pela qual a deficiência de Zn é induzida pelo P (Reddy et al., 1973). Entretanto, Lindsay (1972) constatou que $Zn_3(PO_4)_2$ apresenta alta solubilidade, não podendo ser, deste modo, uma justificativa para o problema.

Binghan et al. (1960) observaram que o aumento da concentração de P no solo não afetou a extração de Zn. Segundo Smilde (1974), resultados de análise de solo indicam que o antagonismo entre P e Zn não pode ser explicado satisfatoriamente com base em reações químicas envolvendo mútua imobilização.

Ao contrário de Burleson et al. (1961), Langin et al. (1962) sugeriram que a interação entre P e Zn ocorre nas plantas e não nos solos. Millikan et al. (1963) mostraram que o efeito negativo de P sobre a absorção de Zn pelas plantas não é um fenômeno externo de formação do complexo P-Zn no solo, mas sim um fenômeno de natureza fisiológica.

Boawn e Brown (1968) atribuem a interação P-Zn a uma desordem metabólica causada pelo desequilíbrio entre os dois elementos no interior das plantas.

Sharma et al. (1968) observaram que o sítio de interação de P-Zn está localizado no interior da raiz e que a deficiência de Zn é devida à imobilização de Zn pelo aumento da concentração de P na raiz.

Dwivedi (1975), estudando a interação P-Zn em milho, verificou que as plantas deficientes em Zn apresentavam acúmulo de Zn nas raízes e nos nós e baixa concentração deste nutriente nas folhas e entrenós.

Tiwari e Pathak (1976) mostraram que a aplicação de P acentua os sintomas de deficiência de Zn em plantas, da mesma forma que a fertilização com Zn tende a acentuar os sintomas de deficiência de P, em solos com baixa concentração deste elemento. Correlação negativa entre a concentração de Zn e de P em tecido de planta foi verificada por Melton et al. (1970).

Considera-se que em geral a diminuição da concentração de elementos minerais em tecidos vegetais é devido ao efeito de "diluição" desses elementos em relação ao crescimento das plantas (Giordano e Mortvedt, 1978, Peck et al., 1980). Em relação à interação P x Zn, foi sugerido que o P reduz o transporte ascendente do Zn absorvido, tendo sido observado que a adubação fosfatada foi mais eficiente na redução da concentração de Zn no caule e nas folhas do que nas raízes (Stukenholtz et al., 1966, Paulsen e Rotini, 1968).

Ragab (1980) observou, entretanto, que não está claro se a translocação de Zn e P das raízes para a parte aérea é influenciada por um ou outro elemento.

Alguns trabalhos concluem que Zn não reduz a mobilidade de P no interior da planta (Warnock, J-970 e Khan e Zend, 1976) e Ragab (1980) sugere que o efeito do P sobre Zn no interior da planta seja causado pela inibição fisiológica da translocação de Zn da raiz para a parte aérea, provavelmente porque um efeito indireto do aumento da concentração de sais no meio radicular poderá despolarizar o potencial do xilema, resultando da redução das cargas negativas neste, o aumento da entrada de

ânions e o decréscimo da entrada de cátions nos vasos do xilema.

Keefer (1968), citado por Ragab (1980, mostrou que a aplicação de P determina um decréscimo na taxa de mobilidade de Zn, provavelmente devido à precipitação deste nutriente dentro dos vasos condutores da raiz,

Outros trabalhos sugerem que P pode induzir deficiência de Zn sem decréscimo do nível de Zn nas folhas, devido a uma possível coprecipitação de Zn e P (Boawn e Brown, 1968).

Segundo Terman et al. (1972), a redução do fluxo de Zn ou P na parte aérea era devido a fertilização de P ou Zn, promovendo decréscimo na absorção de um ou outro nutriente.

Ganiron (1969) concluiu que a fertilização com Zn pode aumentar os níveis de P em folhas; no entanto, Terman et al. (1972) verificaram que a concentração de P em plantas não foi afetada pela adição de Zn. Por outro lado, Loneragan et al. (1982) observaram que deficiência de Zn aumenta a absorção de P pelas raízes e o transporte de P para a parte aérea, assim como o acúmulo de P nas folhas.

Kaefer (1969), citado por Reddy et al. (1973), sugere a alteração da permeabilidade da parede celular, ou outro fenômeno associado, como responsável pela interação de natureza fisiológica entre P e Zn.

Safaya (1976) observou que Zn tem alguma habilidade de controlar a absorção de P, possivelmente através de alguma associação funcional com as membranas celulares. Ele

observou também que um excesso de P inibe a absorção de Zn, restringindo a exigência funcional de Zn pelas plantas, primeiro pelo impedimento da translocação através da endoderme até o xilema radicular, e finalmente, mais importante, pelo abaixamento da taxa de absorção através da epiderme ou da camada celular superficial da raiz, e que o incremento ou decréscimo na concentração e absorção total de Zn com fertilização de P é altamente controlado pelo tipo de resposta do crescimento da parte aérea e pelas dimensões da superfície de absorção das raízes. Loneragan et al. (1979) sugerem que maior concentração de P diminui o tamanho relativo das raízes em relação à parte aérea, reduzindo o total de Zn a ser absorvido por unidade de peso da raiz. Terman et al. (1966) concluíram que a taxa de crescimento da raiz é um fator predominante na absorção de nutrientes, especialmente dos elementos com mobilidade reduzida no solo.

Segundo Loneragan et al. (1979), inúmeros trabalhos têm mostrado que a fertilização com P aumenta os sintomas de deficiência de zinco sem reduzir a concentração de Zn na parte aérea das plantas, e que os sintomas de deficiência são correlacionados com a relação P/Zn e não com a concentração absoluta de Zn. Estas observações têm levado à sugestão de que o aumento da concentração de P no tecido da planta induz uma alta necessidade fisiológica de Zn, sugerindo que o conceito "P induz deficiência de Zn" é errôneo, e que na verdade "P aumenta a necessidade de Zn".

Millikan et al. (1963), em experimentos com milho, ob-

servaram que uma relação P/Zn = 150 resultou em crescimento normal, e que a deficiência de Zn está associada com alta relação P/Zn (=300). Entretanto, os valores de P/Zn variam numa ampla faixa, sugerindo não ser este um bom critério para determinação de deficiência de Zn (Lopes et al., 1974).

Vários extratores químicos têm sido recomendados para determinar a disponibilidade de Zn nos solos (Takkar e Mann, 1975).

Estes extratores podem ser agrupados nas seguintes classes:

- a) agentes complexantes: ditizona (Shaw e Dean, 1952);
- b) ácidos diluídos: HCl 0,1N (Wear e Sommer, 1948);
HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (Wear e Evans, 1968);
- c) agentes quelatantes; EDTA (Viro, 1955);
- d) sais neutros: MgCl₂ 2N (Martens, 1967).

Wear e Sommer (1948) encontraram uma relação direta entre Zn extraído com HCl 0,1N e a disponibilidade de Zn em 15 diferentes solos levemente ácidos e de similar textura. Por outro lado, Nelson et al. (1959) encontraram pouca ou nenhuma relação entre os teores de Zn extraídos por HCl 0,1N e a disponibilidade de Zn para as plantas em 51 solos com diferentes pH, textura e conteúdo de matéria orgânica.

Segundo Trierweiller e Lindsay (1969) e Alley et al.

(1972), HCl 0,1N é o extrator mais usado para determinar disponibilidade de Zn, embora este não seja um indicador eficiente de Zn em solos com pH próximo à neutralidade ou alcalino. Em pH próximo da neutralidade ou alcalino, o Zn passa a uma forma não disponível para as plantas e não extraível pelo HCl 0,1N (Boawn et al., 1960).

Diferentes níveis críticos de Zn no solo têm sido determinados através do extrator HCl 0,1N: 1,0 ppm (Wear e Sommer, 1948); 0,55 ppm (Brown et al., 1964); 1,0 a 2,0 ppm (Kanehiro e Sherman, 1967); 0,5 - 1,0 ppm (Viets et al., 1973), citado por Leece (1978); 1,3 ppm (Facchinetti et al., 1973). Segundo Takkar e Mann (1975), as variações de nível crítico de Zn nos solos podem ser devidas às diferenças de propriedades do solo e da cultura em teste.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, na Usina São João, em Campos, no Estado do Rio de Janeiro, num solo aluvial. Algumas propriedades físicas e químicas do solo encontram-se no Quadro 1 e foram determinadas em laboratório conforme a metodologia descrita no manual de análise de solo da EMBRAPA (1979).

O preparo do solo constituiu em sobsolagem e aração a uma profundidade variando entre 40 a 50 cm e 25 a 30 cm respectivamente e uma gradagem para promover o destorroamento. A seguir marcaram-se as parcelas e fez-se uma calagem em cobertura aplicando-se 2T/ha de calcáreo dolomítico, que foi incorporado com uma gradagem a 15 cm de profundidade, dois meses antes do plantio da cana.

A área experimental foi sistematizada para fins de irrigação por sulco e infiltração.

Utilizaram-se 2 níveis de P; P₁ (180 kg P₂O₅/ha) e P₂ (360 kg P₂O₅/ha) correspondendo respectivamente a 78, 60 e

Quadro 1. Características químicas e físicas do solo.

ANÁLISES QUÍMICAS												
Hori- zontes	pH ¹ (H ₂ O)	Bases extraíveis				Valor	Acidez extraível ³			Valor	Valor Carbono ⁴	Matéria
		Ca ⁺⁺²	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	V%	orgânico	orgânica
		(mE/100g TFSA)				(mE/100g TFSA)	(mE/100g TFSA)			(%)		(%)
AP1	5,0	7,0	3,7	0,10	0,02	10,82	0,50	9,07	20,39	53	1,58	2,72
AP,	4,6	4,4	7,3	0,03	0,02	11,75	1,40	5,20	18,35	64	0,42	0,72
Análise Granulométrica (%) ⁵					Densidade(g/cm ³)			Porosidade total (%)	Umidade ⁸ a 1/3 atm (%)			
Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina		Real ⁶	Aparente ⁷						
AP ₁	54	33	03	10	2,48	1,53		38	35,21			
AP ₂	52	34	04	10	2,58	1,61		38	31,14			

1 - Método potenciométrico

2 - Ca⁺⁺; Mg⁺⁺; Al⁺⁺⁺ - KCl 1N

3 - acetato de cálcio normal - pH 7,0

4 - dicromato de potássio

5 - método de pipeta

6 - método do picnômetro

7 - método da parafina

8 - método da "panela de pressão".

157,12 kg P/ha na forma de superfosfato simples. Estes níveis foram estabelecidos em função do nível médio de P determinado na área experimental (14 ppm) e comparando-o com a curva de calibração (Anexo 1). Esta curva de calibração é utilizada para todos os solos destinados ao cultivo de cana-de-açúcar no Hawaii, os quais apresentam textura variando de média a pesada. As quantidades de P_2O_5 recomendadas pela presente curvas são calculadas como suficiente para a cana planta e mais três socas consecutivas. Assim sendo, esses níveis foram classificados como adequados e excessivos, respectivamente, para o desenvolvimento da cana, tendo sido escolhidos com o objetivo de minimizar a resposta da produção ao P e assim melhor estudar a intereção P x Zn.

Os níveis de P foram combinados fatorialmente com 5 níveis de Zn; 0, 10, 20, 40 e 80 kg de $ZnSO_4$ /ha, correspondendo respectivamente a 0; 2,3; 4,6; 9,2; 18,4 kg de Zn/ha. O superfosfato simples e o $ZnSO_4$ foram misturados e adicionados à lanco no solo e incorporados através de gradagem a 15 cm de profundidade.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 10 tratamentos e 4 repetições, compondo-se cada parcela de 4 linhas com 6,0 m de comprimento e 1,5 m de distância entre elas. As duas linhas externas e 1,5 m em cada extremidade das linhas centrais foram consideradas como bordadura.

O plantio da cana-de-açúcar foi efetuado em 10/10/80, sendo CB 45.3 a variedade usada, na densidade de 12 gramas por metro linear.

Aplicou-se N e K parceladamente em cobertura aos 45 e 90 dias após o plantio, totalizando 140 kg/ha de N na forma de uréia e 200 kg/ha de K_2O na forma de cloreto de potássio.

O manejo da irrigação, foi baseado em leituras de tensiômetros em conjunto com a taxa de evaporação medida em tanque de evaporação Classe A. A irrigação era iniciada sempre que a tensão da água do solo era igual a 2 atm. O volume de água aplicado era equivalente a 1,5 vezes a leitura de evaporação.

Foram feitas 4 capinas manuais durante o decorrer do experimento.

A colheita foi efetuada em 27/11/81, conforme o procedimento usual nas usinas sem a prática da queima.

3.1. Análise de Solo

Foram feitas várias amostragens de solo para se determinar P e Zn: 1ª amostragem imediatamente antes do plantio e da aplicação desses nutrientes; 2ª amostragem, 1 mês após o plantio; 3ª amostragem, 4 meses após o plantio; 4ª amostragem, 6 meses após o plantio; 5ª amostragem, 9 meses após o plantio.

As amostragens foram feitas a 30 cm da linha de plantio. A 2ª e a 5ª amostragens foram feitas em duas profundidades, 0-20 e 20-40 cm; as demais a 0-20 cm e consistiram: na coleta de 4 amostras simples por parcela, que foram cuidadosamente homogeneizadas.

As amostras de solo foram secadas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de 2 mm e homogeneizadas para posterior análise.

3.1.1. Determinação de Zn

Utilizaram-se dois extratores:

a) H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N: a 10 g de solo (TFSA) foram adicionados 100 ml de solução e agitou-se por 5 minutos; a suspensão foi filtrada em papel Whatman nº 1 e no filtrado fez-se a leitura de Zn em espectrofotômetro de absorção atômica (Wear e Evans, 1968);

b) HCl 0,1N: a 10 g de solo (TFSA) foram adicionados 100 ml de HCl 0,1N e agitou-se por 45 minutos; a suspensão foi filtrada em papel Whatman nº 1, sendo a leitura de Zn feita por absorção atômica, na solução filtrada (Wear e Sommer, 1948).

3.1.2. Determinação de P

Determinou-se P pelo método Carolina do Norte (Vetori, 1969), 10 g de solo secado ao ar foram agitados com 100ml de HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N durante 5 minutos, deixando-se a

suspensão em repouso até o dia seguinte (16 h). Do sobrenadante retirou-se uma alíquota e determinou-se o fósforo colorimetricamente usando-se ácido ascórbico como redutor, na presença de molibdato de amônio.

3.2. Análise da Planta

3.2.1. Determinação de Zn

Várias partes da planta foram usadas para se determinar a que melhor represente o estado nutricional de Zn. As amostragens foram feitas aos 4 e 9 meses após o plantio, correspondendo respectivamente a 3ª e 5ª amostragem de solo, e na colheita. Foram usadas as seguintes partes da planta: a) meristema apical; b) entrenó verde; c) folha +3; d) folhas 3,4, 5 e 6; e) bainhas das folhas 3, 4, 5 e 6 e f) entrenó maduro, aos 4 e 9 meses; e g) a parte aérea total na colheita.

Consideraram-se os 5 mm terminais do colmo como sendo o meristema, a folha 1 como sendo a do cartucho e como entrenó 1, o entrenó localizado imediatamente abaixo da inserção da bainha da folha 1. Os entrenós 1, 2, 3, 4, 5 e 6 foram considerados entrenós verdes e os entrenós 8, 9 e 10 como entrenós maduros.

Colheram-se folhas das posições 3, 4, 5 e 6, das quais se separaram-se as bainhas. As amostras das folhas 3, 4, 5 e 6 constituíram-se de 20 cm centrais do limbo foliar sem a nervu-

ra. Este mesmo critério foi utilizado na abtenção da amostra de folha +3. Considerou-se como folha +1 aquela que apresentava o 19 colarinho visível (Gallo, 1962).

Os diferentes tecidos analisados eram representativos de quatro plantas por parcela.

Por ocasião da colheita, foram retiradas de cada parcela quatro canas inteiras, que foram moídas num triturador de forragem e, após homogeneização do material triturado, retirou-se uma amostra para se determinar Zn e P na parte aérea total.

Para determinação de Zn, 500 mg de matéria seca de cada uma das partes da planta acima relacionadas foram digeridos com 5 ml de uma solução nítrico-perclórico na proporção 2:1. O volume foi completado para 25 ml com água e posteriormente efetuou-se a leitura de Zn em um espectrofotômetro de absorção atômica de marca "Varian techtron", modelo AA-5 (Marzola, 1978).

3.2.2. Determinação de fósforo

Utilizaram-se os seguintes tecidos para determinação de P:

- a) folhas +3 (4 e 9 meses) e
- b) parte aérea total (colheita).

Após a digestão com mistura nítrico-perclórico e completado o volume a 25 ml com água, retirou-se uma alíquota de 5 ml do extrato, à qual adicionaram-se 10 ml de uma solução de molibdato de amônio diluída, mais cerca de 5 mg de ácido ascórbico para o desenvolvimento de cor. Fez-se então a leitura de P no espectrofotômetro B 29511, marca "Micronal", conforme John (1970).

3.3. Cálculos Estatísticos

A análise estatística dos resultados foi feita por computação no Departamento de Métodos Quantitativos da EMBRAPA. Fez-se análise de variância para todos os parâmetros analisados neste trabalho, e a significância foi determinada pelo teste F.

As diferenças mínimas significativas (DMS) entre as médias observadas foram determinadas pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade. Empregaram-se também técnicas de correlação entre os parâmetros pesquisados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Determinação de Zn no solo

Os processos químicos utilizados na determinação de Zn demonstraram ser sensíveis para detectar Zn disponível no solo em diferentes níveis (Quadros 2 e 3). Verificou-se também alta correlação entre o Zn aplicado e o Zn extraído por ambos os extratores (Quadro 4).

Os teores de Zn extraídos pelo extrator HCl 0,1N foram consistentemente maiores que os teores de Zn extraídos pelo extrator HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (compare-se o Quadro 2 com o Quadro 3). Embora o extrator HCl 0,1N tenha extraído mais Zn, obteve-se uma alta correlação entre os teores de Zn extraídos pelos dois métodos (Quadro 4). O teste de correlação entre os teores de Zn extraídos do solo pelos dois extratores e os teores de Zn determinados em diferentes partes da planta aos quatro e nove meses (Quadro 5) indica que o Zn extraído com HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N apresentou melhor correlação que aquele extraído com HCl 0,1N aos 4 meses. Aos quatro

Quadro 2. Concentrações de Zn no solo obtidas por extração com solução de HCl 0,05 + H₂SO₄ 0,025N em diferentes épocas de amostragem, à profundidade de 20 cm, para as diversas concentrações de Zn e P aplicados.

Efeitos	Teores de Zn no solo - ppm				
	1 ^a época ^a	2 ^a época	3 ^a época	4 ^a época	5 ^a época
Zn 0	2,16	2,13	1,82	1,90	1,24
Zn 10	2,62	3,89	3,21	2,72	2,30
Zn 20	2,54	5,21	3,89	3,92	2,86
Zn 40	2,39	6,25	5,05	4,69	2,80
Zn 80	2,29	8,10	7,05	6,26	3,79
Média	2,40	5,12	4,20	3,90	2,60
DMS	n.s. ^b	2,12	1,45	1,54	1,00
C.V. (%)	24,99	28,32	23,70	27,08	26,32
P ₁ (180kg P ₂ O ₅ /ha)	2,34	4,80	4,02	3,75	2,38
P ₂ (360kg P ₂ O ₅ /ha)	2,46	5,44	4,48	4,04	2,81
DMS	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,28

3 - antes da aplicação dos fertilizantes

^b n.s. - não significativo

Quadro 3. Concentrações de Zn no solo obtidas por extração com solução de HCl 0,1N, em diferentes épocas de amostragem, à profundidade de 20 cm, para as diversas concentrações de Zn e P aplicados

Efeitos	Teores de Zn no solo - ppm				
	1ª época ^a	2ª época	3ª época	4ª época	5ª época
Zn 0	2,91	2,98	2,66	1,84	1,83
Zn 10	3,29	5,09	4,24	2,50	2,38
Zn 20	3,66	5,76	4,74	3,58	3,32
Zn 40	2,97	7,90	5,52	5,12	3,48
Zn 80	2,91	8,49	7,76	7,26	4,73
Média	3,15	6,04	5,18	4,22	3,15
DMS _{Zn}	1,42	1,55	1,92	2,17	0,86
C.V. (%)	30,84	17,54	26,46	36,68	10,80
P ₁ (180kg P ₂ O ₅ /ha)	2,98	5,84	4,57	3,81	3,07
P ₂ (360kg P ₂ O ₅ /ha)	3,31	6,24	5,61	4,21	3,23
DMS _P	n-s. ^b	n.s.	0,85	n.s.	n.s.

a - antes da aplicação dos fertilizantes

^bn.s - não significativo

Quadro 4. Correlações entre os valores de Zn extraído com o HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (extrator A), HCl 0,1N (extrator B), e P extraído pelo Método Carolina do Norte (extrator C) e Zn aplicado.

	Zn extraído pelo extrator B	P extraído pelo extrator C	Zn aplicado
Zn extraído pelo extrator A	0,83 ^{a**}	0,16 ^b 0,53 ^{c**}	0,78 ^{c**}
Zn extraído pelo extrator B		0,37 ^b 0,56 ^{c**}	0,76 ^{c**}

a - Todas as amostragens (n= 50 variáveis)

b - Apenas a 1^a amostragem (n= 10 variáveis)

c - 2^a 3^a 4^a e 5^a amostragens (n= 40 variáveis)

** - significativo a nível de 1%

Quadro 5. Correlações entre os teores de Zn extraído por HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (extrator A) e HCl 0,1N (extrator B) e os teores de Zn nos diferentes tecidos da planta aos 4 e 9 meses.

Época de amostragem	Extra- tores	Extra- tor B	Meris- tema	Entrenó verde	Folha ⁺³	Folhas 3,4,5,6	bainhas 3,4,5,6	Entrenó maduro
4 MESES	A	0,95**	0,65*	0,67*	0,78**	0,75**	0,70*	0,40 n.s.
	B		0,54 n.s.	0,51 n.s.	0,67*	0,49 n.s.	0,49 n.s.	0,21 n.s.
9 MESES	A	0,87**	-0,04 n.s.	-0,15 n.s.	0,49 n.s.	0,28 n.s.	-0,07 n.s.	0,41 n.s.
	B		-0,23 n.s.	-0,03 n.s.	0,71*	0,44 n.s.	-0,15 n.s.	0,54 n.s.

* - significância a nível de 5%

** - significância a nível de 1%

n.s. - não significativo

n - 10 variáveis

meses, o extrator $\text{HCl } 0,05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025\text{N}$ só não apresentou correlação significativa com o tecido do entrenó maduro. Aos 9 meses somente o extrator $\text{HCl } 0,1\text{N}$ apresentou correlação significativa com folha +3. Estes dados sugerem que por volta de 4 meses seja a melhor época para se determinar Zn no solo e correlacioná-lo com o Zn obtido na planta. Por outro lado a análise de correlação entre os teores de Zn determinados no solo por ambos extratores com a produção de colmos (Quadro 6) revelou-se que o extrator $\text{HCl } 0,1\text{N}$ apresentou menores coeficientes de correlações que o extrator $\text{HCl } 0,05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025\text{N}$, no entanto, o comportamento de ambos pode ser considerado semelhante uma vez que estes não apresentaram correlação significativa na primeira época de amostragem enquanto que a correlação foi significativa ao nível de 1% nas demais. Esses dados sugerem que para efeito de produção os valores obtidos pelos dois extratores são equivalentes, no entanto para determinação de Zn nos diversos tecidos da planta o extrator $\text{HCl } 0,05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025\text{N}$ apresenta maior número de correlações significativas, sendo portanto mais indicado.

Este resultados concordam com os de Weare Evans (1968), que trabalhando com 12 solos de textura variando de arenosa a média, observaram que os teores de Zn extraídos por $\text{HCl } 0,05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025\text{N}$ apresentaram maior correlação com os teores de Zn extraídos por plantas de milho e sorgo que com os teores de Zn extraídos no solo por $\text{HCl } 0,1\text{N}$. Entretanto Evans et al (1974)

Quadro 6. Correlações entre os diferentes níveis de Zn determinados no solo pelos extratores HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (Extrator A) e HCl 0,1N (Extrator B), com a produção de colmos em diferentes épocas de amostragem.

	1 ^a época	2 ^a época	3 ^a época	4 ^a época	5 ^a época
Extrator A	0,45 ns	0,89**	0,87**	0,84**	0,94**
Extrator B	0,22 ns	0,88**	0,88**	0,78**	0,76**

** = significativo a 1%

n = 10 variáveis

trabalhando com 11 solos de textura variando de média à argilosa observaram que os teores de Zn extraídos do solo tanto por HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N como por HCl 0,1N igualmente apresentaram correlação altamente significativa com 05 teores de Zn extraídos por plantas de milho e sorgo. Esses resultados reforçam a importância das propriedades físicas do solo na determinação de Zn conforme observado por Takkar e Mann, (1975).

O fato do HCl 0,1N ter extraído maiores teores de Zn que o extrator HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (Quadros 2 e 3) e apresentado coeficientes de correlação com o Zn na planta inferiores aos do extrator HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N aos 4 meses (Quadro 5) sugere que o extrator HCl 0,1N extraiu Zn não disponível para as plantas, conforme demonstrado por Martens et al (1966), Tiwari e Kumar (1974) e Lyengar e Deb (1976). Esta hipótese pode ser reforçada observando-se os quadros 2 e 3 no que diz respeito a determinação de Zn na 1ª época. Nota-se no quadro 2 (determinação de Zn no solo com HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N), como era esperado, não houve significância para efeito de Zn nesta época, uma vez que havia sido feita a fertilização com esse nutriente. No entanto para HCl 0,1N (Quadro 3), houve significância, indicando que esse extrator extrai Zn não extraível pelo HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N e de forma não reprodutiva ou seja, as diferenças não são constantes entre eles. Este fato sugere ainda que o solo usado não é homogêneo para Zn.

Na 1ª amostragem não houve correlação significativa entre os níveis de P extraídos do solo e os níveis de Zn extraídos pelos dois métodos (Quadro 4). Por outro lado, esta correlação foi significativa nas 2ª, 3ª, 4ª e 5ª amostragens (Quadro 4), devido ao fato de que os níveis de P e Zn no solo decresceram (Quadros 2, 3 e 7), a partir da aplicação destes nutrientes ao solo após a 1ª amostragem. Observou-se também (Quadros 2 e 3), que os teores de Zn extraídos do solo para o nível P₂ (360 kg P₂O₅/ha) foram sempre superiores aos obtidos para o nível P₁ (180 kg P₂O₅/ha) apesar das diferenças não serem significativas conforme será discutido posteriormente. Este fato pode ter contribuído para o aumento da correlação entre Zn e P no solo.

A redução da concentração de P no solo ao longo das épocas de amostragens pode ser explicada pela adsorção do fosfato na superfície das partículas (Larsen, 1967) e pela fixação do P por óxidos de Fe e Al (Fassbender, 1966), além da absorção deste nutriente pelas plantas.

O decréscimo da concentração de Zn no solo ao longo das épocas de amostragem, verificado a partir da 2ª amostragem, foi provavelmente devido a lixiviação de Zn no solo (Quadro 8), e à absorção de Zn pelas plantas, como será discutido no item 4.2.

Quadro 7. Concentrações de P no solo, obtidas por extração com solução Carolina do Norte, à profundidade de 0-20 cm em diferentes épocas de amostragem.

Efeito	Teores de P no solo em ppm				
	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época	5ª época
Zn 0	17.84	28.72	18.18	16.67	15.59
Zn 10	20.70	32.73	20.39	17.09	13.72
Zn 20	19.04	34.74	23.49	17.74	16.00
Zn 40	18.80	29.61	20.94	16.32	14.14
Zn 80	19.67	31.89	22.34	20.28	14.79
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
p ₁	19.14	30.26	20.95	17.77	14.58
p ₂	19.48	32.81	21.18	17.47	15.11
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	15.93	16.58	31.28	34.06	28.64

Quadro 8. Teores de Zn no solo na segunda e na quinta épocas de amostragem nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm (médias de P e iz)

Extrator	Época	Profundidade (cm)	Teores de Zn no solo - ppm				
			Zn 0	Zn 10	Zn 20	Zn 40	Zn 80
HCl 0,05 N + H ₂ SO ₄ 0,025 N	2 ^a	0 a 20	2,14	3,87	5,21	6,26	8,15
		20 a 40	0,36	0,59	0,59	0,71	0,70
	5 ^a	0 a 20	1,24	2,30	2,86	2,80	3,79
		20 a 40	0,78	1,10	1,67	1,79	1,90
HCl 0,1 N	2 ^a	0 a 20	2,98	5,09	5,76	7,90	8,50
		20 a 40	0,54	0,72	0,71	0,77	0,72
	5 ^a	0 a 20	2,17	2,38	3,32	3,48	4,73
		20 a 40	0,71	0,97	1,96	2,52	3,07

Comparando os teores de Zn no solo determinados nas 2ª e 5ª amostragens (Quadro 8), nota-se um decréscimo na concentração de Zn no solo da camada superficial (0-20 cm) e seu incremento nas camadas mais profundas do solo.

A lixiviação de Zn pode ter sido causada pelo baixo teor de matéria orgânica em razão da intensa mobilização feita neste solo para prática de irrigação por sulco. Segundo Hodgson (1963), os micronutrientes contidos na maioria dos solos estão diariamente relacionados com o seu teor de matéria orgânica. A matéria orgânica pode reter Zn na forma de complexos orgânicos através da quelação ou complexação do Zn presente na solução do solo. Além disso é possível que a disponibilidade de Zn seja reduzida pela adsorção por óxidos de Fe e Al (Kalbasi et al., 1977).

Com excessão da terceira época de amostragem de Zn com extrator HCl 0,1N os níveis de P não afetaram os teores Zn no solo nas diferentes épocas de amostragem (Quadros 2 e 3). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Stukenholtz et al., 1966, segundo esses autores a adubação fosfatada não afeta a fração do Zn solúvel no solo.

Apesar do efeito da adubação fosfatada sobre a determinação do Zn no solo só ter sido significativa na terceira época de amostragem com extrator HCl 0,1N (Quadros 2 e 3) nota-se que a partir da segunda amostragem, e para ambos os extratores, as determinações de Zn no solo foram consistentemen-

maiores para o maior nível de P aplicado (Figuras 1 e 2).

Shukla (1972) e Marinho e Igue (1972) observaram que o incremento da adubação implica no aumento da concentração de Zn solúvel no solo. Segundo esses autores isto acontece não necessariamente como uma resposta direta do aumento do Zn disponível, e sim por ocorrer contaminação de Zn fertilizante fosfatado. Entretanto esta hipótese pode ser descartada como explicação no presente trabalho, pois a análise do adubo fosfatado empregado mostrou uma contaminação de Zn da ordem de 28 ppm, que não poderia justificar o acréscimo de Zn observado.

4.2. Determinação de Zn na planta.

A análise para Zn foi feita em diferentes partes da planta, aos 4 e 9 meses de idade, tendo sido observado um aumento significativo da concentração de Zn, entre uma época e outra para todos os tecidos, com exceção da bainha (Quadro 9). O aumento da concentração de Zn com a idade também foi observado em cana-de-açúcar por Pellegrino et al. (1962), Gallo et al. (1968) e Clements (1980), que atribuíram este aumento ao maior desenvolvimento da planta.

4.2.1. Determinação de Zn em meristema

Os diversos níveis de Zn aplicados no solo não se refletiram em diferenças significativas no Zn determinado no me-

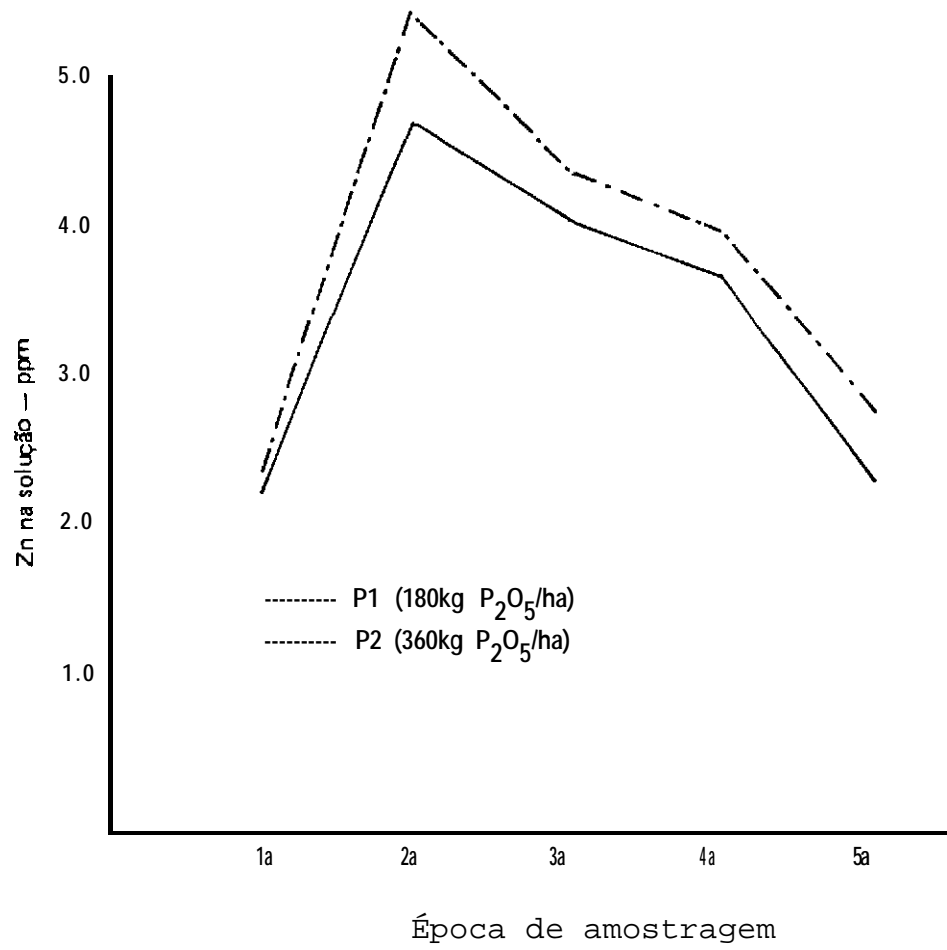


Fig. 1- Efeito da adubação fosfatada na concentração de Zn extraído por HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N, em diferentes épocas de amostragens.

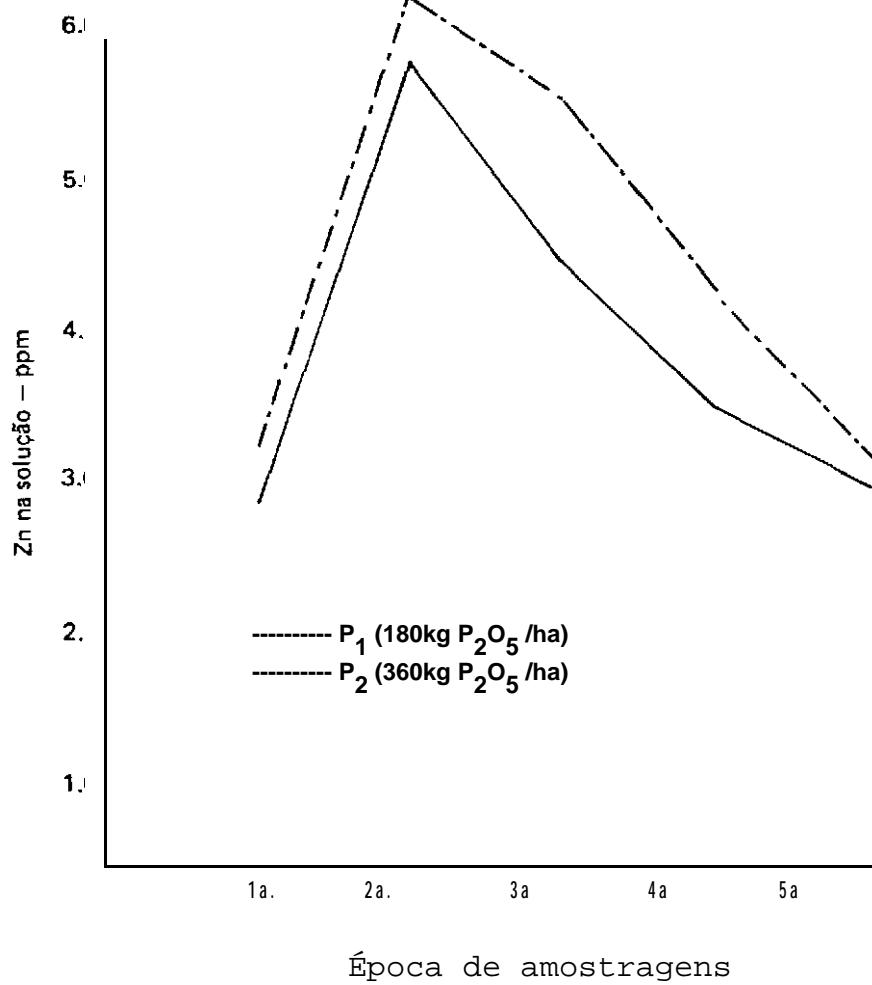


Fig. 2 - Efeito da adubação fosfatada na concentração de zn extraído por HCl 0,1N, em diferentes épocas de amostragens.

Quadro 9. Resultados da determinação de Zn nos diferentes tecidos da planta aos 4 e 9 meses (valores médios dos dois níveis de P)

Época	Tratamento	Teores de Zn na planta - ppm					
		Meristema	Entrenó verde	Folha +3	Folhas 3, 4, 5, 6	Bainha das folhas 3, 4, 5, 6	Entrenó maduro
4 meses (Época 1)	Zn 0	466,23	133,31	11,74	13,62	22,25	36,25
	Zn 10	445,70	130,81	12,03	14,06	23,75	32,56
	Zn 20	453,02	133,00	13,48	15,06	24,68	35,00
	Zn 40	459,51	144,56	15,78	15,93	24,75	36,68
	Zn 80	516,36	160,37	18,05	16,43	25,50	41,25
	DMS	n.s. ^a	n.s.	3,17	2,73	n.s.	n.s.
9 meses (Época 2)	Zn 0	595,37	191,97	23,60	22,31	24,56	38,76
	Zn 10	598,05	179,98	23,63	22,25	25,06	39,34
	Zn 20	565,53	181,16	25,19	21,55	25,30	41,47
	Zn 40	619,94	178,79	27,45	23,46	25,30	43,91
	Zn 80	624,83	194,87	28,50	24,63	26,28	46,47
	DMS	n.s.	n.s.	2,92	n.s.	n.s.	n.s.
	C.V. (%)	9,22	12,89	7,80	16,97	9,76	17,12

a = não significativo

ristema (Quadro 9), bem como não houve correlação significativa do Zn no, meristema final (Quadro 10), apesar deste tecido ser apontado como um dos mais sensíveis para indicar o "Status" de Zn na planta (Bowen, 1972, citado por Marzola, 1978).

Entre os tecidos pesquisados, o meristema foi o que apresentou maior concentração de Zn. Esta observação está de acordo com Clements (1980), que observou ser o meristema o tecido da cana mais rico em Zn. A alta concentração de Zn no meristema se deve ao fato do Zn desempenhar um importante papel na produção de auxinas e a concentração de auxinas ser alta no meristema (Marzola, 1978).

Em geral, menor quantidade de Zn foi extraída do meristema para maior nível de P aplicado no solo (Figuras 3 e 4), tendo sido significativa a diferença aos 9 meses (Quadro 11). Esses dados sugerem que a elevação de P no solo pode causar redução no nível de Zn no tecido meristemático. Marzola (1978) também observou decréscimo da concentração de Zn no meristema, como consequência do aumento da concentração de P no solo.

A tendência de aumento da concentração de Zn no solo para o maior nível de P, discutida anteriormente foi o oposto do efeito de P na concentração de Zn no tecido meristemático, bem como nos demais tecidos estudados (Figuras 3 a 14). Isto sugere que o efeito do F reduzindo a concentra-

Quadro 10. Correlação entre Zn determinado em diferentes partes da planta aos 4 e 9 meses, com a produção de colmos.

Época de Amostragem	Meristema	Entrenó verde	Folha ⁺³	Folhas 3, 4, 5 e 6	Bainhas 3, 4, 5 e 6	Entrenó maduro
4 MESES	0.30 ns	0.40 ns	0.73*	0.66*	0.66*	0.16 ns
9 MESES	0.05 ns	-0.25 ns	0.70*	0.33 ns	0.08 ns	0.44 ns

Legenda

ns - não significativo

* - significativo a 5%

n - 10 variáveis

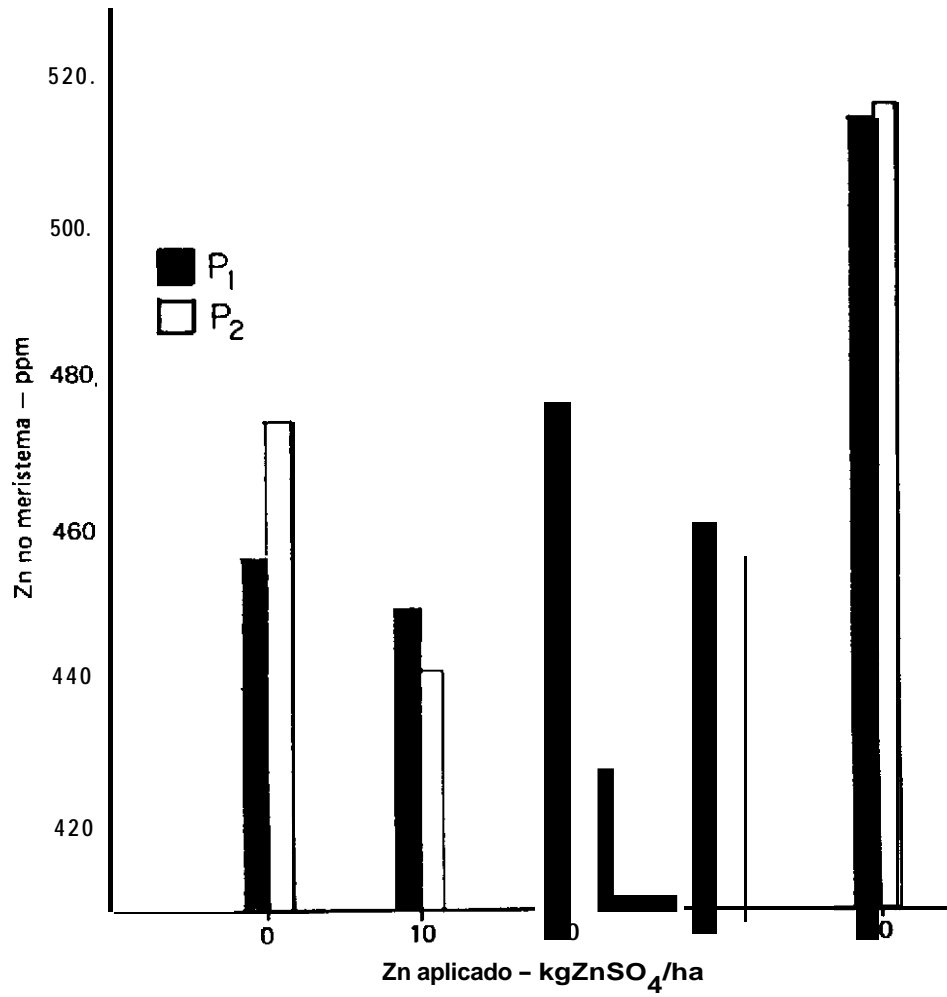


Fig. 3 - Determinação de Zn no meristema aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado.

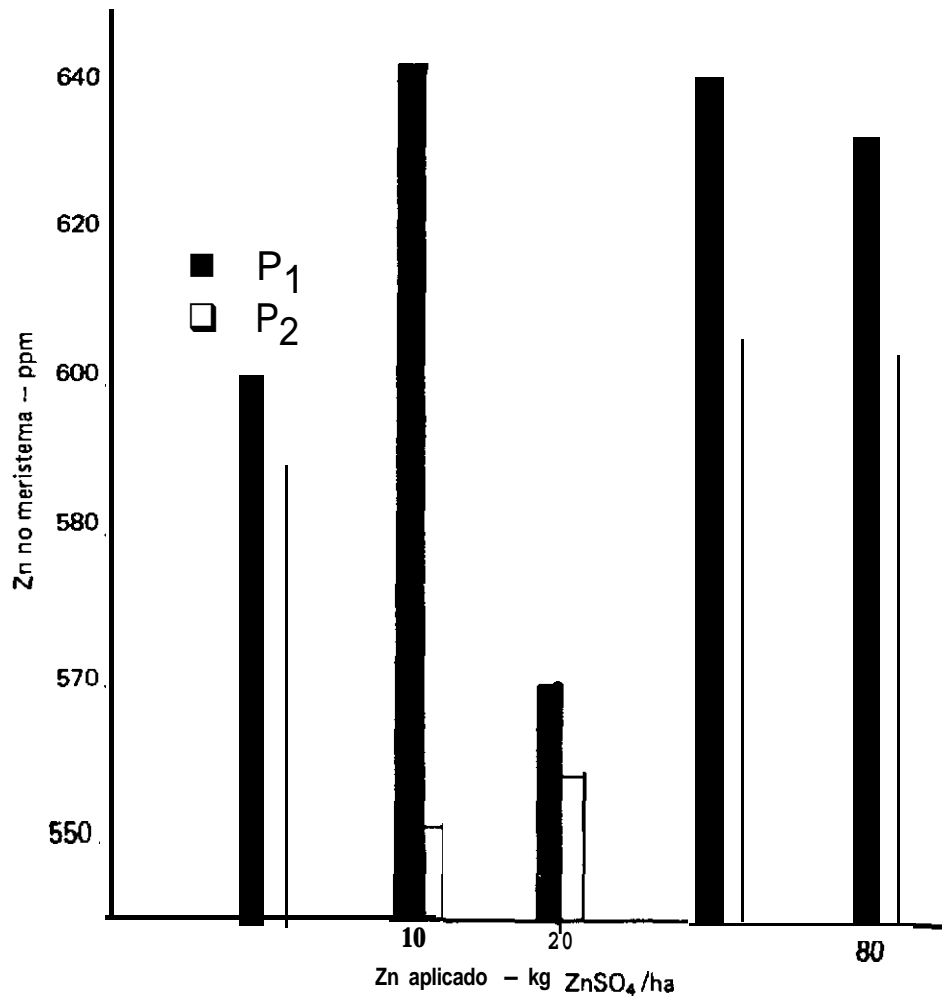


Fig. 4 - Determinação de Zn no meristema aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado.

Quadro 11. Efeito da adubação fosfatada sobre os teores de Zn nos diferentes tecidos da planta aos 4 e 9 meses

Epoca	Teores de Znnaphnta-ppm						
	Trata- mento	Meris- tema	Entrenó verde	Folha +3	Folhas 3, 4, 5, 6	Bainhadas folhas 3, 4, 5, 6	Entrenó madum
4 meses	P ₁	472,11	148,15	14,45	15,45	24,92	39,10
	P ₂	464,23	132,67	-13,99	15,50	23,45	33,60
	DMS	n.s. ^a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	4,53
9 meses	P ₁	615,19	192,50	25,32	23,58	25,77	44,74
	P ₂	567,65	177,97	26,22	21,14	24,20	39,25
	DMS	35,94	ns.	n.s.	n.s.	n.s.	4,68

a = não significativo

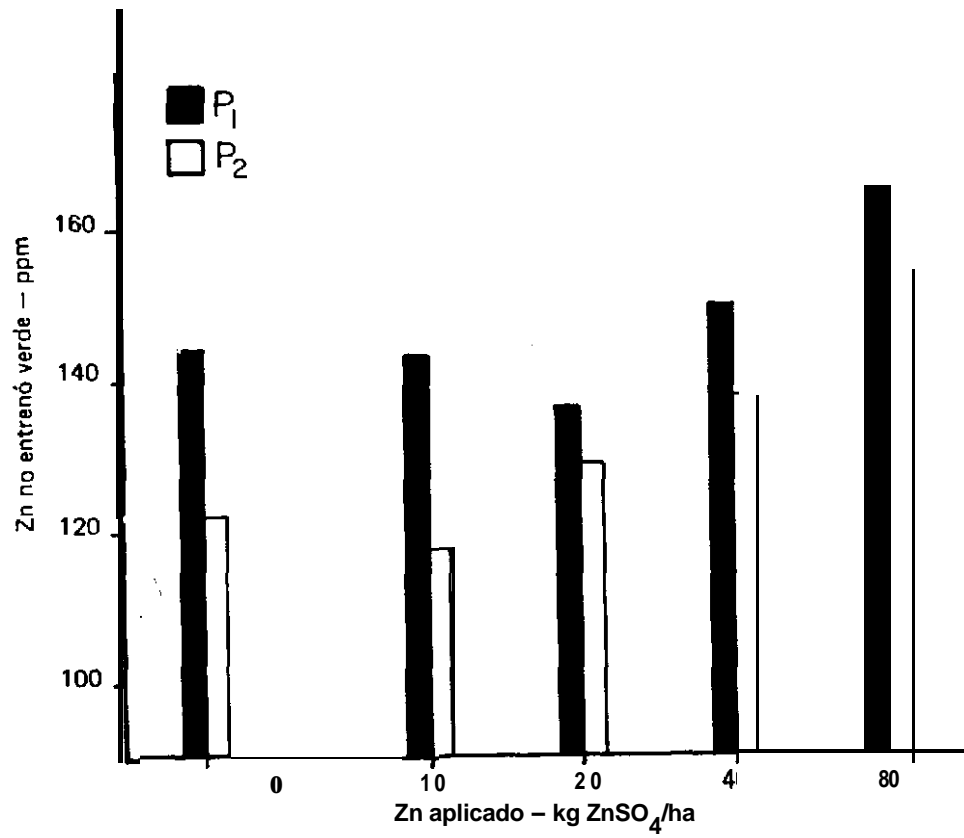


Fig. 5 - Determinação de Zn no entrenó verde aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado.

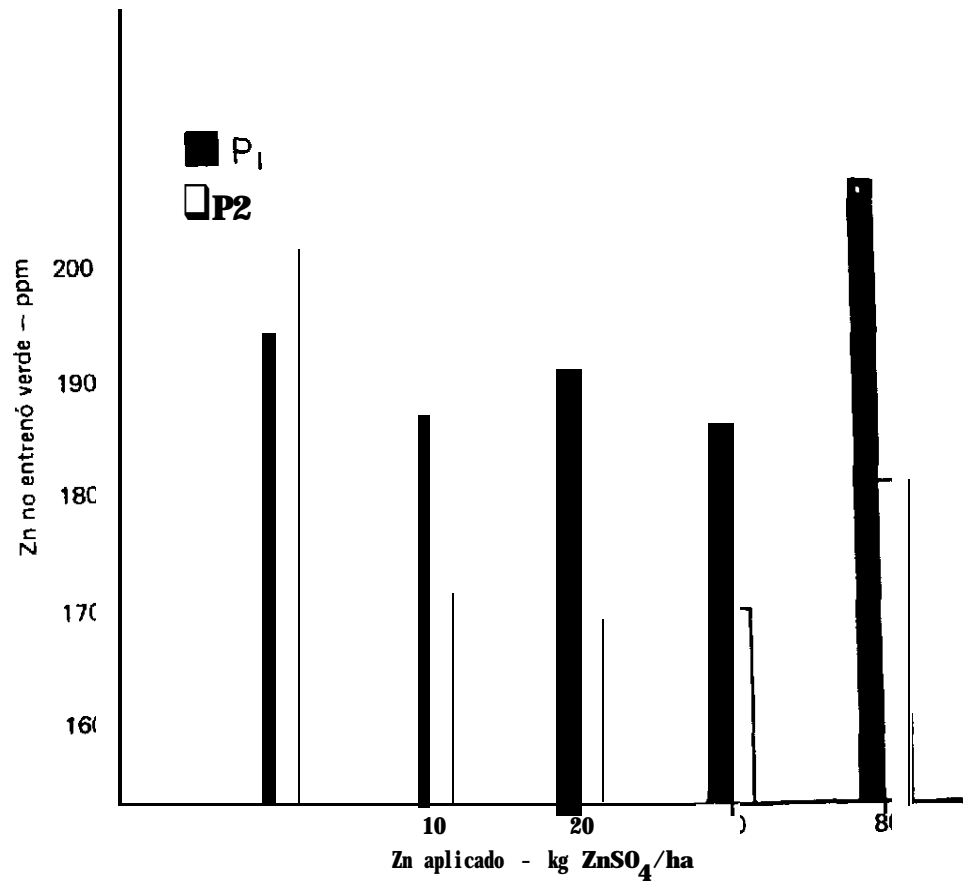


Fig. 6 - Determinação de Zn no entrenó verde aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado.

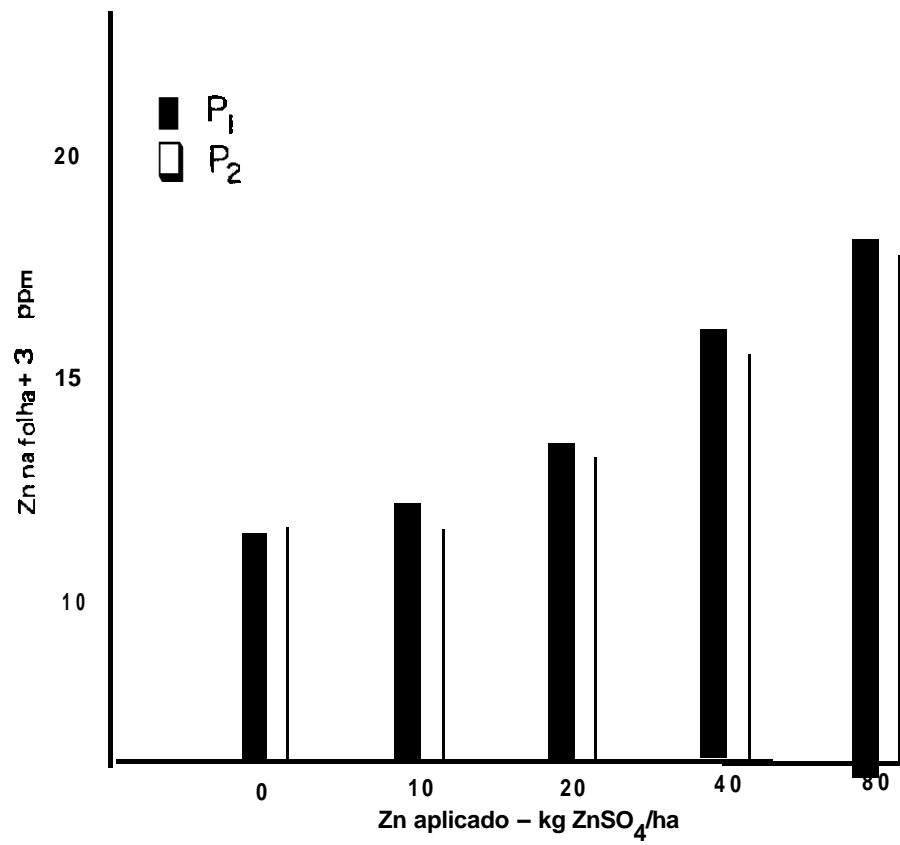


Fig. 7 - Determinação de Zn na folha+ 3 aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicação.

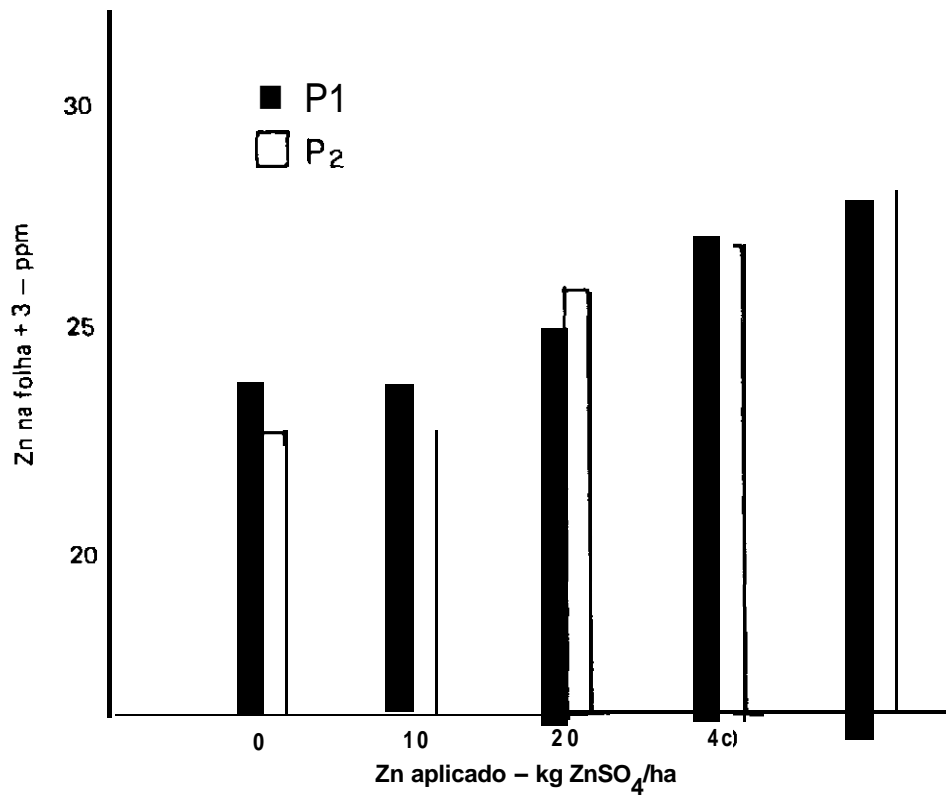


Fig. 8 - Determinação de Zn na folha +3 aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado.

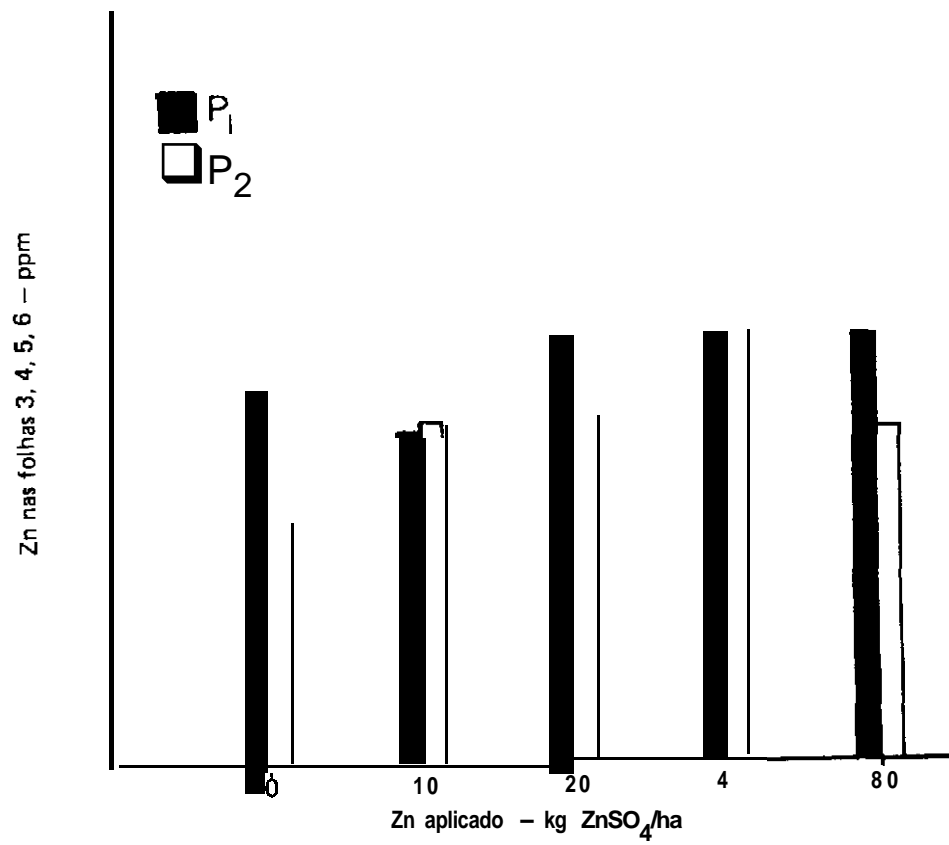


Fig.9- Determinação de Zn nas folhas 3,4,5 e 6 aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado.

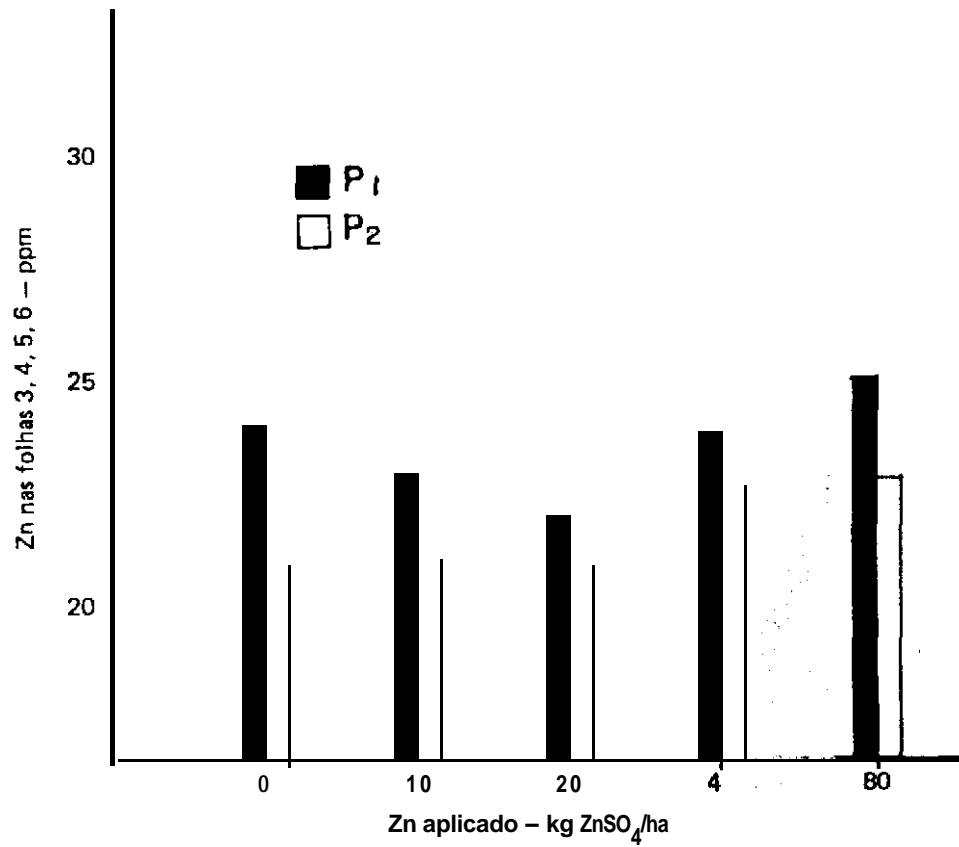


Fig. 10 - Determinação de Zn nas folhas 3, 4, 5 e 6 aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado.

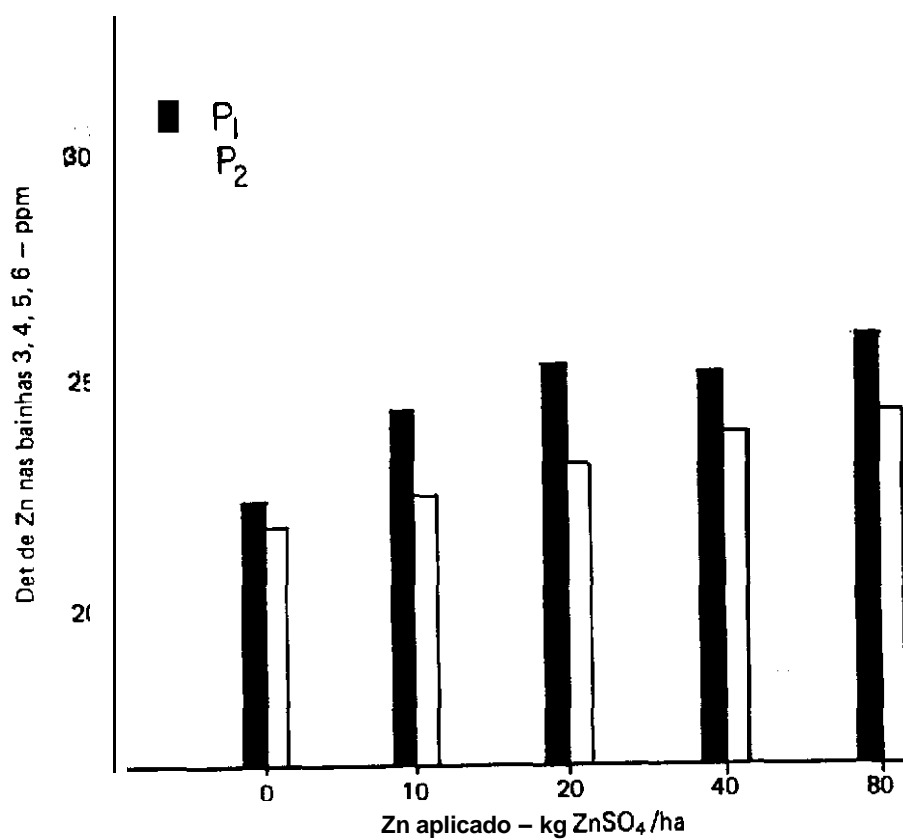


Fig. 11- Determinação de Zn nas baidhas 3, 4, 5 e 6 aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado.

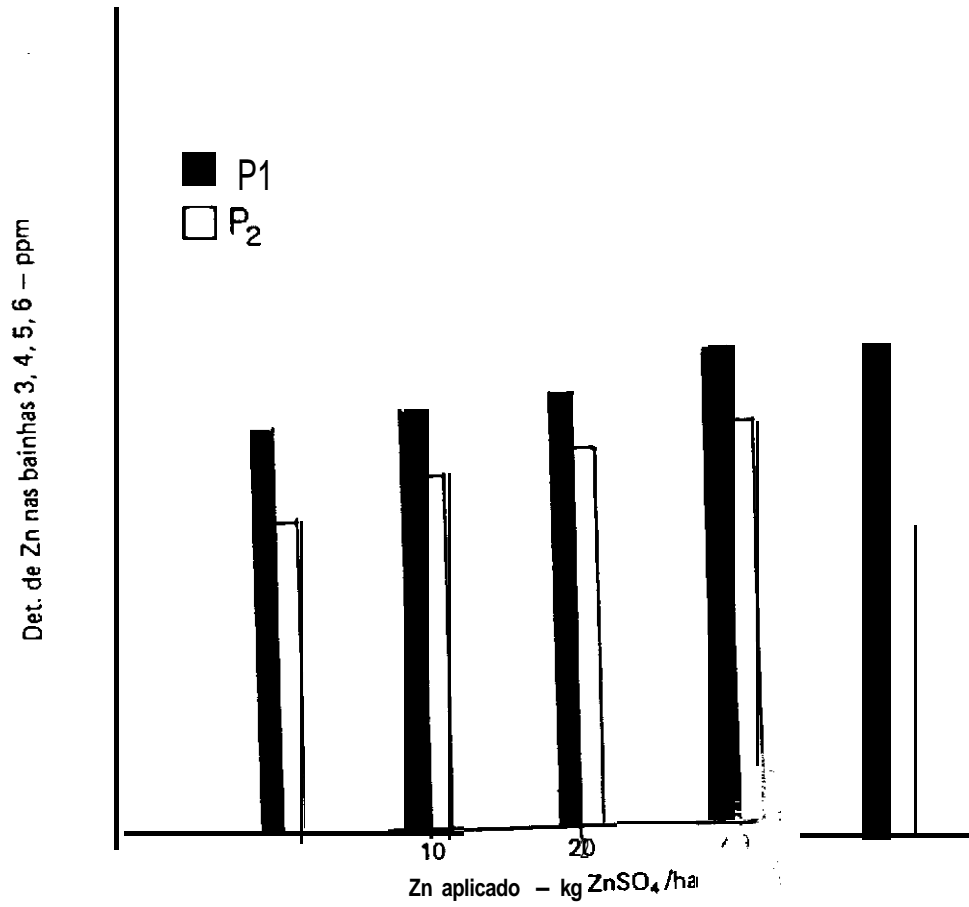


Fig. 12- Determinação de Zn nas bainhas 3, 4, 5 e 6 aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado.

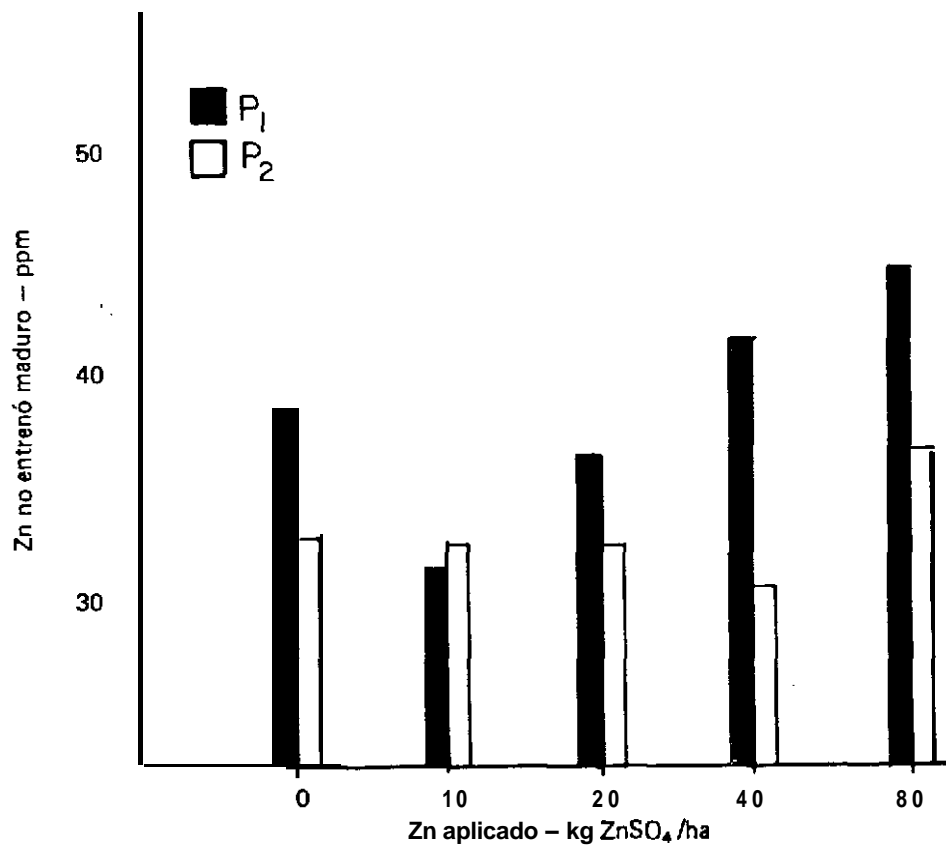


fig. 13 - Determinação de Zn no entrenó maduro aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado.

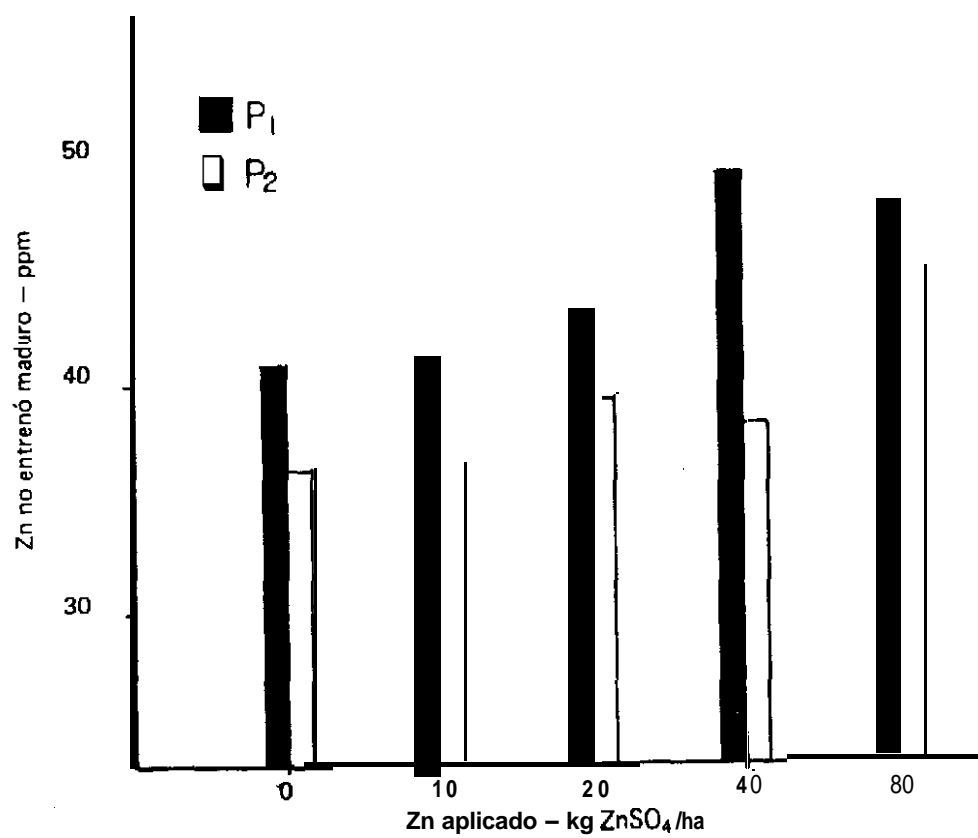


Fig.14 - Determinação de Zn no entrenó maduro aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado.

ção de Zn ocorre na planta, conforme observaram Stukenholtz et al. (1966), Sharma et al. (1968) e Paulsen e Rotimi (1968). Segundo Baumgastner (1974), o efeito da adubação fosfatada sobre a absorção de Zn, parece estar mais ligada ao metabolismo vegetal do que a solubilidade do micronutriente no solo.

4.2.2. Determinação de Zn no entrenó verde

Depois do meristema, o entrenó verde foi o tecido que apresentou maior concentração de Zn (Quadro 9). O entrenó verde não mostrou diferenças entre os tratamentos de Zn aplicados no solo, nem correlação com a produção (Quadro 10), embora Marzola e Silva (1978) tenham sugerido o entrenó verde como um tecido sensível para indicar o "Status" de Zn na cana.

Não foram detectados efeitos significativos de P sobre os teores de Zn extraídos do entrenó verde aos 4 e 9 meses (Quadro 11). No entanto, observou-se que os teores de Zn extraídos foram frequentemente maiores para o menor nível de P aplicado no solo (Figuras 5 e 6).

4.2.3. Determinação de Zn na folha +3

A folha +3 parece ser o tecido que melhor reflete os tratamentos de Zn, uma vez que apresentou resultados altamente significativos para diferentes doses de Zn aos 4 e 9 meses (Quadro 9). Gallo (1962), em um ensaio de adubação

com NPK, verificou-se ser a folha +3 o melhor tecido da cana para determinação de N, P, K, Ca e Mg aos 4, 8, 9 meses de idade. Gallo et al. (1968), realizando um levantamento do estado nutricional de cana pela diagnose foliar em São Paulo, observaram que, aos 4 meses, a faixa de maior frequência da concentração de Zn na folha +3 era de 12 a 14 ppm, com o que estão de acordo os resultados deste estudo (Quadro 9), e que, aos 9 meses, era de 16 a 18 ppm, inferior, portanto, a faixa de maior frequência obtida no presente trabalho (Quadro 9).

Além da maior discriminação entre os níveis de Zn aplicado ao solo, a folha +3 foi também o tecido que melhor se correlacionou com o Zn extraído do solo por ambos os extratores (Quadro 5), e com a produção de colmos (Quadro 10), observando-se que foi o único tecido que apresentou correlação significativa do Zn determinado aos 4 e 9 meses com os dados da produção.

Esses fatos sugerem que a folha +3 seja o tecido mais indicado para se avaliar o estado nutricional de Zn na cana de açúcar.

4.2.4. Determinação de Zn nas folhas 3, 4, 5 e 6

A determinação de Zn nas folhas 3, 4, 5 e 6 mostrou significância para os níveis de Zn somente aos quatro meses (Quadro 9). O Zn determinado neste tecido apresentou correlação significativa com o Zn extraído pelos dois extratores (Qua-

dro 5), bem como com a produção (Quadro 10) também aos 4 meses. Estes fatos reforçam a idéia que a melhor época de se determinar Zn no solo e correlacioná-lo com Zn presente em tecidos de cana seja em torno dos 4 meses. Pode-se dizer ainda que nesta época as folhas 3, 4, 5 e 6 podem também serem usadas para avaliar o estado nutricional de Zn na planta.

4.2.5. Determinação de Zn nas bainhas das folhas 3, 4, 5 e 6

A determinação de Zn nas bainhas das folhas 3, 4, 5 e 6 não apresentou diferenças significativas para os tratamentos de Zn nas duas épocas estudadas (Quadro 9). Entre os tecidos pesquisados, a bainha (bainhas das folhas 3, 4, 5 e 6) foi o único tecido que não apresentou diferenças significativas entre diferentes níveis de Zn dos 4 para os 9 meses (Quadro 9). Estes dados concordam com os de Bowen (1975), que concluiu haver poucas variações nos teores de Zn nas bainhas das folhas 3, 4, 5 e 6 ao longo do ciclo da cana.

Apesar de não haver diferenças significativas entre os níveis de Zn determinados nas bainhas das folhas 3, 4, 5 e 6, obteve-se correlações significativas dos dados obtidos aos 4 meses com o Zn extraído pelo extrator $\text{HCl } 0,05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4$ $0,25\text{N}$ (Quadro 5), bem como com os dados de produção (Quadro 10). Estas correlações podem ser explicadas pela tendência dos valores obtidos para Zn nas bainhas aos 4 meses se

apresentarem de maneira crescente, do nível mais baixo de Zn aplicado no solo para o nível mais alto. Esta tendência é também observada no Zn extraído do solo e na produção.

Clements et al (1945), citado por Marzola (1978), concluíram serem as bainhas das folhas 3, 4, 5 e 6 o melhor tecido para indicar o estado nutricional de Zn da cana do Hawaii. De certo esta observação está de acordo com os nossos resultados, uma vez que se determinou uma correlação significativa dos níveis de Zn determinados nas bainhas 3, 4, 5 e 6 aos 4 meses com a produção.

4.2.6. Determinação de Zn no entrenó maduro

Como se observa no Quadro 9, a determinação de Zn neste tecido aos 4 e 9 meses não mostrou diferenças significativas entre os níveis de Zn aplicados no solo, assim como não foi observada correlação significativa entre o Zn extraído do solo (Quadro 5) e com a produção (Quadro 10).

O entrenó maduro mostrou-se o mais eficiente, entre os tecidos pesquisados, para a determinação do efeito do P sobre a concentração de Zn na planta, uma vez que se encontrou valor significativo para P aos 4 e 9 meses (Quadro 11). Este fato sugere que o efeito do P sobre a concentração de Zn é melhor observado nos tecidos mais velhos da planta.

Como mostram as Figuras 13 e 14, obteve-se maior concentração de Zn nos tratamentos que receberam 180 kg P_2O_5 /ha. Estes fatos reforçam a hipótese de que, para um nível mais alto de P aplicado, resulta uma redução na concentração de Zn na parte aérea da planta. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Bahia (1973), Chahal e Ahluwalia (1977), segundo os quais, maior concentração de P no solo diminui a concentração de Zn em todas as partes aéreas da planta.

4.2.7. Determinação de Zn na parte aérea total

O Quadro 1.2 mostra que não houve diferenças significativas entre níveis de Zn determinados na parte aérea total da cana, embora se tenha encontrado uma tendência de aumento da concentração de Zn à medida que se aumenta o nível de Zn no solo.

A análise de Zn na parte aérea total não revelou nenhum efeito significativo de P (Quadro 12).

4.3. Determinação de P na planta

4.3.1. Determinação de P na folha +3

A adição de diferentes níveis de Zn ao solo não teve influência na concentração de P na folha +3 (Quadro 13). Observação semelhante foi relatada por Terman et al. (1972). Estes autores observaram que a concentração de P nas plantas jovens de milho não foi afetada pela aplicação de Zn no solo.

Quadro 12. Resultados da determinação de Zn na parte aérea total por ocasião da colheita, correspondentes aos níveis de Zn aplicados

Níveis de P	Teores de Zn na planta-ppm					Médias de P (n.s. ^a)
	Zn 0	Zn 10	Zn 20	Zn 40	Zn 80	
P ₁ (180kg P ₂ O ₅ /ha)	17,01	20,24	17,69	20,55	20,49	19,20
P ₂ (360kg P ₂ O ₅ /ha)	18,13	17,39	19,37	21,36	21,74	19,60
Médias de Zn (n.s.)	17,57	18,81	18,53	20,55	21,11	

a = n.s. = não significativo

Quadro 13. Resultados da determinação de P na folha +3 aos 4 e aos 9 meses, correspondentes aos níveis de P e de Zn aplicados

Época	Níveis de P	Teores de P na folha +3 (%)					Médias de P (n.s. ^a)
		Zn 0	Zn 10	Zn 20	Zn 40	Zn 80	
4 MESES	P ₁ (180kg P ₂ O ₅ /ha)	0,10	0,13	0,15	0,12	0,13	0,13
	P ₂ (360kg P ₂ O ₅ /ha)	0,14	0,15	0,17	0,12	0,16	0,15
	Média de Zn (ns.) C.V.(%)=33.46	0,12	0,14	0,16	0,12	0,14	(DMS = 0,02)
9 MESES	P ₁ (180kg P ₂ O ₅ /ha)	0,25	0,26	0,24	0,25	0,26	0,25
	P ₂ (360kg P ₂ O ₅ /ha)	0,28	0,29	0,27	0,27	0,27	0,28
	média de Zn (n.s.) C.V. (%)=11.07	0,26	0,25	0,25	0,26	0,26	

^an.s. = não significativo

Foram encontradas diferenças significativas entre os níveis de P aos 9 meses, (Quadro 13), indicando maior concentração de P na folha +3, em resposta ao incremento da adubação fosfatada (Figuras 15 e 16).

Leece (1978) e Loneragan et al. (1982) também observaram aumento da concentração de P em tecidos de planta em resposta ao aumento da concentração de P no solo.

Observa-se também no Quadro 13 um aumento da concentração de P aos 4 para os 9 meses.

Uma análise de correlação entre os teores de P e Zn determinados na folha +3 aos 4 e 9 meses apresentou valores significativos. Apesar disso, observou-se uma tendência desses valores no sentido de serem negativos, provavelmente porque o nível P_2 (360 kg P_2O_5 /ha) esteja associado a menores concentrações de Zn neste tecido. Estes resultados discordam dos observados por Loneragan et al (1982), segundo os quais maior concentração de P na solução do solo não afeta a absorção de Zn.

4.3.2. Determinação de P na parte aérea total

Os valores de P obtidos na planta total não apresentam diferenças significativas tanto para os níveis de P como para os níveis de Zn (Quadro 14). Entretanto, observou-se uma tendência do nível P_2 para apresentar maior concentração de P que o nível P_1 (Figura 17).

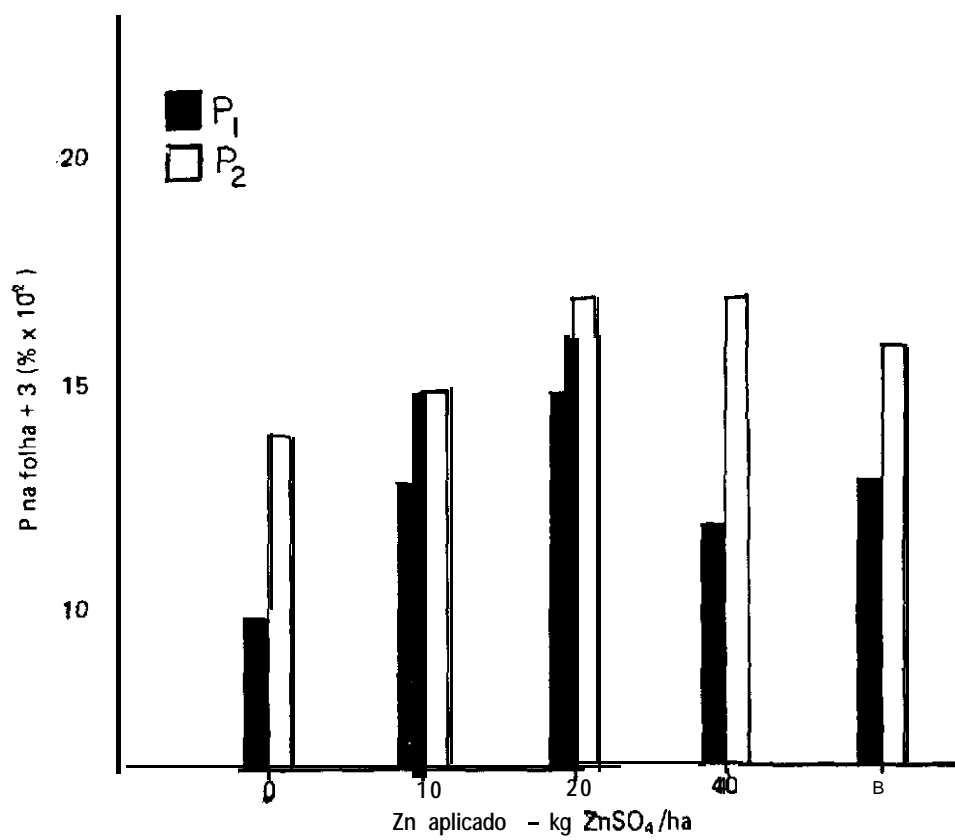


Fig. 15 - Determinação de P na folha +3 aos 4 meses, para cada nível de Zn aplicado.

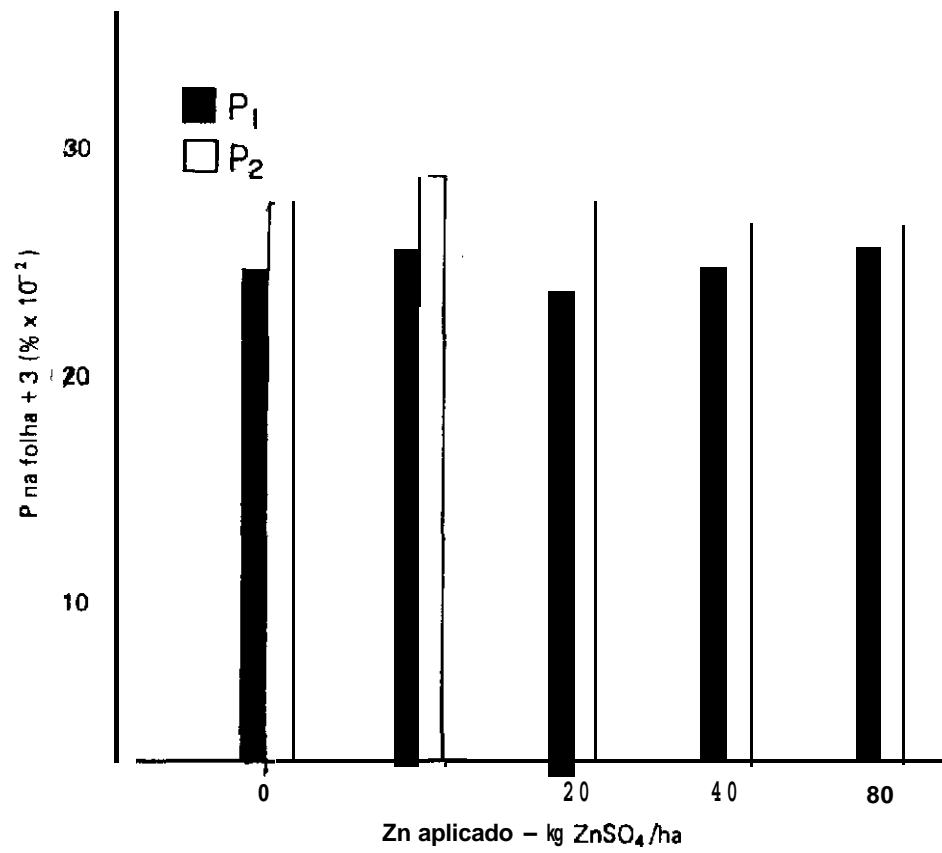


Fig.16- Determinação de P na folha +3 aos 9 meses, para cada nível de Zn aplicado.

Quadro 14. Resultados da determinação de P na parte aérea total pòr ocasião da colheita, correspondentes aos níveis de P e de Zn aplicados

Níveis de P	Teores de P na planta total (%)					Médias de P (n.s. ^a)
	Zn 0	Zn 10	Zn 20	Zn 40	Zn 80	
P ₁ (180 kg P ₂ O ₅ /ha)	0,35	0,39	0,37	0,40	0,40	0,38
P ₂ (360 kg P ₂ O ₅ /ha)	0,39	0,48	0,40	0,38	0,44	0,41
Média de Zn (n.s.)	0,37	0,43	0,38	0,39	0,42	
C.V. (%) = 22,27						

^an.s. = não significativo

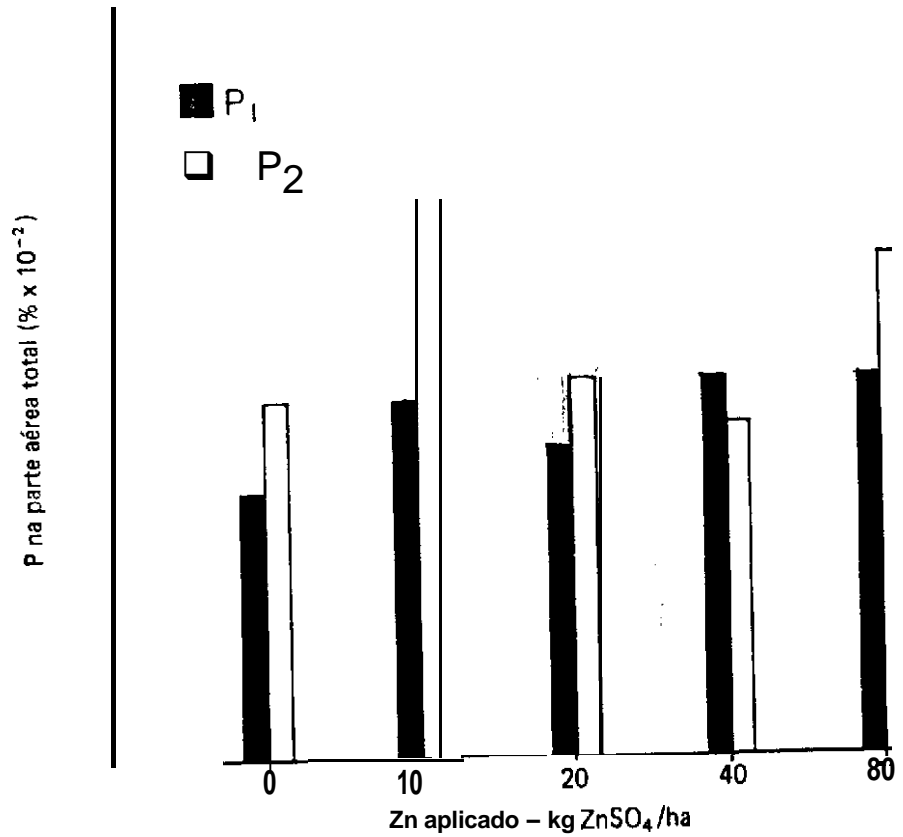


Fig. 17 - Determinação de P na parte aérea total, por ocasião da colheita, para cada nível de Zn aplicado.

A análise de correlação entre os teores de P e Zn na parte aérea total apresentou valor não significativo, indicando que não houve influência do teor de Zn sobre o teor de P na parte aérea total. Essas observações são contrárias as de Lorenagan et al (1982), segundo as quais, menor concentração de Zn no solo propiciam um acúmulo de P na planta.

4.4. Produção

A análise de variância para os dados de produção (Quadro 15) não apresentou diferenças significativas tanto para os níveis de P como para os níveis de Zn. Entretanto, fazendo-se uma decomposição dos graus de liberdade para os níveis de Zn e comparando-se o tratamento ZnO com os demais, encontrou-se diferença significativa entre estes (Quadro 15), o que é explicado pelas médias obtidas dos dados de produção, as quais apontam uma diferença de 10 a 14 t/ha entre as produções obtidas no tratamento ZnO e nos demais níveis de Zn.

A não ocorrência de significância para os níveis de P (Quadro 15) pode ser explicada pelo fato de que o nível P_1 (180 kg P_2O_5 /ha) já era a quantidade de P ideal para o perfeito desenvolvimento da planta, nas condições deste experimento, sendo o nível P_2 (360 kg P_2O_5 /ha) uma quantidade além das necessidades da planta.

Quadro 15. Dados de produção de colmos por ocasião da colheita (médias dos dois níveis de P, com quatro repetições)

Níveis de Zn ^a	Níveis de P ^b	Níveis de Zn ^c	Produção ^d (t/ha)
Zn 0			114,09
Zn 10			124,94
Zn 20			125,29
Zn 40			126,05
Zn 80			128,89
			n.s. ^e
C.V. (%)			11,65
	P ₁		122,89
	P ₂		124,82
			n.s.
		Zn 0	114,09 ^a
		Médias dos demais níveis	126,30^b
		DMS	11,74

a = Efeito dos diversos níveis de Zn

b = Efeito dos níveis de P

c = Comparação entre Zn 0 e demais níveis de Zn

d = Separação das médias pelo teste Tuckey (DMS) a 5%; se as diferenças não foram significativas não foram usadas letras

e = n.s. = não significativo

CONCLUSÕES

1. Os valores de Zn obtidos com o extrator HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N, apresentaram maiores coeficientes de correlação com os teores de Zn determinados nos diferentes tecidos pesquisados em comparação com o extrator HCl 0,1N, no entanto, ambos apresentaram altas correlações com os dados de produção, apesar do extrator HCl 0,1N ter apresentado maior capacidade de extração que o extrator HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N;

2. No solo foi observado urna tendência de aumento da concentração de Zn para o maior nível de P aplicado, enquanto que na análise dos diferentes tecidos da planta, observou-se uma tendência de decréscimo da concentração de Zn para o maior nível de P aplicado no solo, sugerindo que o efeito depressivo do P sobre o Zn ocorra na planta.

3. A melhor época de amostragem para avaliar o estado nutricional de Zn na planta é, aparentemente em torno de 4 meses após o plantio;

4. considerando que os melhores tecidos para determinação da resposta ao Zn aplicado e os que apresentaram maiores correlações com os dados de produção foram a folha +3 e as folhas 3, 4, 5 e 6, pode-se então utilizar a folha +3 para determinar Zn, uma vez que ela é utilizada também para análise de outros nutrientes;

5. os tecidos que apresentaram maior concentração de Zn, apesar de não terem revelado sensibilidade para os diferentes níveis de Zn no solo, foram o meristema e o entrenó verde;

6. a concentração de Zn e P nos diferentes tecidos da planta geralmente aumentou com a idade;

7. em relação à do nível Zn, a produção aumentou de 10 a 14 t/ha, com os demais níveis de Zn aplicados (10, 20, 40 e 80 kg Zn SO₄/ha).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEY, M.M., MARTENS, D.C., SCHNAPRINGER, M.G. & HAWKINS, G.W.
1972. Field calibration of soil test for available zinc.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36: 621-624.

BINGHAN, F.T. & GARBER, M.J. 1960. Solubility and availability of micronutrients in relation to P fertilization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24: 209-213.

BAHIA, F.G.T.C. 1973. Absorção de zinco em relação à adubação fosfatada e à calagem em dois solos de Minas Gerais. Diss. de Mestrado. Univ. Federal de Viçosa, Viçosa.

BAUMGARTNER, J.G. 1974. Influência da calagem e da adubação fosfatada sobre a solubilidade e o aproveitamento do zinco adicionado ao solo. Diss. de Mestrado. E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba.

- BOAWN, L.C., VIETS Jr., F.G., GRAWFORD, L.C. & NELSON, J.L. 1960. Effect of nitrogen carrier, nitrogen rate, zinc rate and soil pH on zinc uptake by sorghum, potatoes and sugar beets. *Soil Sci.* 90: 329-337.
- BOAWN, L.C. & BROWN, J.C. 1968. Phosphorus - zinc imbalance in plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 94-97.
- BOWEN, E.J. 1975. Micronutrient composition of sugarcane sheaths as affected by age. *Trop. Agr., Trinidad*, 52 (2): 131-137.
- BROWN, A.L., KRANTZ, B.A. & MARTIN, P.E. 1964. The residual effects of Zn applied to soil. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 28:236-238.
- BROWN, A.L., KRANTZ, B.A. & EDDINGS, J.L. 1970. Zinc - phosphorus interactions as measured by plant response and soil analysis. *Soil Sci.* 110(6): 415-420.
- BURLESON, C.A., DACUS, A.D. & GERAD, C.J. 1961. The effect of phosphorus fertilization on the zinc nutrition of seven irrigated crops. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25: 365-366.

CHAHAL, R.S. & AHLUWALIA, S.P.S. 1977. Neutroperiodism in different varieties of groundmet with respect to zinc and its uptake as affected by phosphorus application. Plant and soil 47: 541-546.

CLEMENTS, H.F. 1980. Sugarcane crop logging and crop control principles and practices. The University Press of Hawaii-Honolulu, 520p.

Curva de calibração para recomendação de adubação fosfatada utilizada pela estação experimental dos produtores de cana do Hawaii. (SOIL ANALYSIS AND FERTILIZEN RECOMENDATIOS Agronomy Chart nº 58-1, HSPA Experiment Station).

DWIVEDI, S.R., RANDHAWA, N.S. & BANSAL, R.L. 1975. Phosphorus-zinc interaction. I Sites of immobilization of zinc in maize at a high level of phosphorus. Plant and soil 43: 639-648.

ELLIS, R., DAVIS, J.F. & THURZOW, D.L. 1964. Zinc availability in calcareous Michigan soils as influenced by phosphorus level and temperature. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28: 83-86.

EMBRAPA. 1979. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro.

- EVANS, C.E., WEAR, J.I., HAJEK, B.F. & COPE, J.T, Jr. 1974
The relationship of soil zinc removed by there extractants
to zinc uptake by corn and sorghum in medium-to fine-tex-
tured soils. comm. in Soil Science and Plant Analysis 5
(2) : 105-113.
- FACCINETTI, M., GRASSI, R.L. & DIEZ, A.L. 1973. Cobre, Zinc,
manganeze y hierro extractables in suelos per espectrofo-
tometria de absorcion atomica. Agrochimica 17(5): 413-423.
- FASSBENDER, H.W. 1966. La adsorcion de fosfatos en suelos
fuertemente ácidos y su evolucion usando la isotherma de
langmis. Fitotecnia Latinoamericana 3(1,2): 203-216.
- GALLO, J.R. 1962. Amostragem em cana-de-açúcar para fins de
análise foliar. Bragantia 21(54): 899-921.
- GALLO, J.R., HIROCE, R. & ALVAREZ, R. 1968. Levantamento do
estado nutricional de canaviais de São Paulo pela análise
foliar. Bragantia 27(3): 365-382.
- GANIRON, R.B., ADRIANO, D.C., PAULSEN, G.M. & MURPAY, L.S.
1969. Effect of phosphorus carreirs and zinc sources on
phosphorus-zinc interaction in com. Soil Sci. Soc. Amer.
Proc. 33: 306-309.

- GIORDANO, P.M. & MORTVEDT, J.J. 1978. Response of corn to Zn in ortho-and pyrophosphate fertilizers, as affected by soil temperature and moisture. *Agron.J.* 70: 531-534.
- GRANT, E.A., MACLEAN, A.A. & GUPTA, U.C. 1972. Effects of rate and placements of phosphorus, pH, and temperature on the early growth, phosphorus, boron, and zinc content of corn. *Can. J. Plant Sci* 52: 35-40.
- HODGSON, J.F. 1963. Chemistry of the micronutrient elements in soils. *Ad. Agron.* 15: 119-159.
- IYENGAR, B.R.V. & DEB, D.L. 1976. Evaluation of some chemical extractants for determination of available zinc in soil. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 24(4): 396-402.
- JOHN, M.K. 1970. Colorimetric determination of phosphorus in soil and plant materials with ascorbic acid. *Soil Sci.* 100(4): 214-220.
- KALBASI, M., RACZ, G.J. & LOEWEN-RUDGERS, L.A. 1977. Mechanism of zinc adsorption by iron and aluminum oxides. *Soil Sci.* 125(3): 146-150.

- KANEHIRO, Y. & SHERMAN, G.D. 1967. Distribution of total and 0,1 Normal hydrochloric acid-extractable zinc in Hawaii- an soil profiles. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31(3): 394-399.
- XHAN, A.A. & ZENDE, G.K. 1976. Correlation of soil-test values with the response of maize and sorghum to available Zn and P. Indian J. Agric. Sci. 46(6): 259-265.
- LANGIN, E.J., WARD, R.C., OLSON, R.A. & ROADES, H.F. 1962. Factores responsible for poor response of corn and grain sorghum to phoephorus fertilization: II. Lime and P placement effects on P - Zn relatione. Soil Sci..Soc. Amer.Proc. 26: 574-578.
- LARSEN, S. 1967. Soil phosphorus. Advances in Agronomy 19: 151-209.
- LEECE, D.R. 1978. Distribution of physiologically inactive zinc in maize growing on a black earth soil. Aust. J. Agric. Res. 29: 749-758.
- LINDSAY, W.L. 1972. Zinc in soils and plant nuérition. Adv. Agron. 24: 147-186.

- LONERAGRAN, J.F., GROVE, T.S., ROBSON, A.D. & SNOWBALL, K. 1979. Phosphorus toxicity as a factors in zinc-phosphorus interactions in plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 43: 966-972 .
- LONERAGRAN, J.F., GRUNES, D.L., WELCH, R.M., ADUAYI, E.A., TENGAH, A., LAZAR, V.A. & CARY, E.E. 1972. Phosphorus accumulation and toxicity in leaves in relation to zinc suply. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46: 345-352.
- LOPES, G.O.E. & MALAVOLTA, E. 1974. Estudos sobre as relações entre zinco e fósforo na nutrição da planta. Anais da Escola Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba 26: 467-483.
- MARINHO, M.L. & IGUE, K. 1972. Factors affecting zinc absorption by corn from volcanic ash soils. Agron. J. 64: 3-a.
- MARTENS, D.C., CHESTERS, G. & PETERSON, L.A. 1966. Factors controlling the extractability of soil zinc. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30: 67-69.

- MARTIN, W.E., McLEAN, J.G. & QUICK, J. 1965. Effect of temperature on the occurrence of phosphate-induced zinc deficiency. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 411-413.
- MARZOLA, D.L. 1978. Effect of soil pH, phosphorus and zinc fertilization on corn and sugar cane and evaluation of extractants for available soil zinc. M.S. Thesis University of Hawaii-Honolulu - Hawaii - U.S.A.
- MARZOLA, D.L. & SILVA, J.A. 1978. Sugarcane response to Zn Fertilization. Hawaii an sugar technologists reports 1978, 37 th. Annual conference, November- 1978.
- MELTON, J.R., ELLIS, B.G. & DOLL, E.C. 1970. zinc, phosphorus, and lime interations with yield and zinc uptake by *Phaseolus vulgaris*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 91-93,
- MILLIKAN, C.R. 1963. Effects of differents levels of zinc and phosphorus on the growth of subterranean clover (*Thi-folium subterraneum* L.). Aust. J. Agric. Res. 14: 180-205.
- NELSON, J.L., BOAWN, L.C. & VIETS, F.G. 1959. A method for assessing zinc status of soils using acid-extractable zinc and titratable alkalinity values. Soil Sci. 88: 275-283.

- PAULSEN - G.M. & ROTIMI, O.A. 1968. Phosphorus - Zinc interaction in two soybean varieties differing in sensitivity to phosphorus nutrition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 73-76.
- PECE, N.H., GRUNES, D.L., NELCH, R.M. & MacDONAL, G.E. 1980. Nutritional quality of vegetable crops as affected by phosphorus and zinc fertilizers. Agron. J. 72: 528-534.
- PELEGRINO, D., CATANI, R.A., BERGAMIN, M.F. & GMRIA, N.A. 1962. Absorção de manganês pela cana-de-acúcar, CO 419, em função da idade. Anais da ESALQ 19: 245-261.
- RAGAB, S.M. 1980. Phosphorus effects on zinc translocation in maize. comm. in soil science and plant analysis 11 (11): 1105-1127.
- REDDY, G.D., VENKATASUBBAIAH, V. & VENKATESWARLU, J. 1973. Zinc - phosphate interaction in maize. J. Indian Soc. Soil Sci. 21(4): 423-445.
- SAFAYA, N.M. 1976. Phosphorus - zinc interaction in relation to absorption rates of phosphorus, zinc, Copper, manganese, and iron in corn. Soil Sci. Am. Soc. of Am. J. 40(6): 719-722.

SHARMA, K.L., KRANTZ, B.A., BROWN, A.L. & QUICK, J. 1968. Interactions of Zn and P in top and root of corn and tomato. Agron. J. 60: 453-456.

SHAW, E. & DEAN, L.A. 1952. Use of dithizone as an extractant to estimate the zinc nutrient status of soils. Soil Sci. 73: 341-347.

SHUKLA, U.C. 1972. Effect to various phosphatic fertilizers on zinc availability in soils of southern United States. Agronchimica 16(6): 562-569.

SMILDE, X.W., XOULOULAXIS, P. & VAN LUIT, B. 1974. Crop response to phosphate and lime on acid sandy soils high in zinc. Plant and Soil 41: 445-457.

STUKENHOLTZ, D.D., OLSEN, R.J., GOGAN, G. & OLSON, R.A. 1966. On the mechanism of phosphorus - zinc interaction in corn nutrition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30: 759-762.

TAKKAR, P.N. & MANN, M.S. 1975. Evaluation of analytical methods for estimating available zinc and response of maize to applied zinc in major soil series of Ludhiana, Punjab (India). Agrochimica 19(5): 420-429.

TAKKAR P.N., MANN, M.S., BANSAL, R.L., RANDHAWA, N.S. & SINGH, H 1976. Yield and uptake response of corn to zinc, as influenced by phosphorus fertilization. Agron. J. 68(6): 942-946.

TERMAN, G.L., ALLEN, S.E. & BRADFORD, B.N. 1966. Response of corn to Zn affected by N and P fertilizers. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30: 119-124.

TERMAN, G.L., GIORDANO, P.M. & ALLEN, S.E. 1972. Relationships between dry matter yields and concentrations of Zn and P in young corn plants. Agron. J. 64: 684-687.

TIWARI, R.C. & KUMAR, M. 1974. A common chemical extractant for estimating plant available zinc in different soil types (peaty, red and alluvial) - Short communication. Plant and Soil 41: 689-693.

TIWARI, K.N. & PATBAK, A.N. 1976. Effect of phosphate fertilization on zinc nutrition of rice crop in an alluvial soil of Uttar Pradesh. Indian J. Agric. Sci. 46 (6): 269 - 273.

TRIERWEILER, J.F. & LINDSAY, W.L. 1969. EDTA - ammonium carbonate soil test for Zn. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:49-54.

VETORI, L. 1969. Métodos de análise de solo. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Boletim Técnico nº 7, 24p.

VIRO, P.J. 1955. Use of ethylenediaminetetracetic acid in soil analysis: 1. Experimental, Soil Sci. 79: 459-465.

7. APÊNDICE

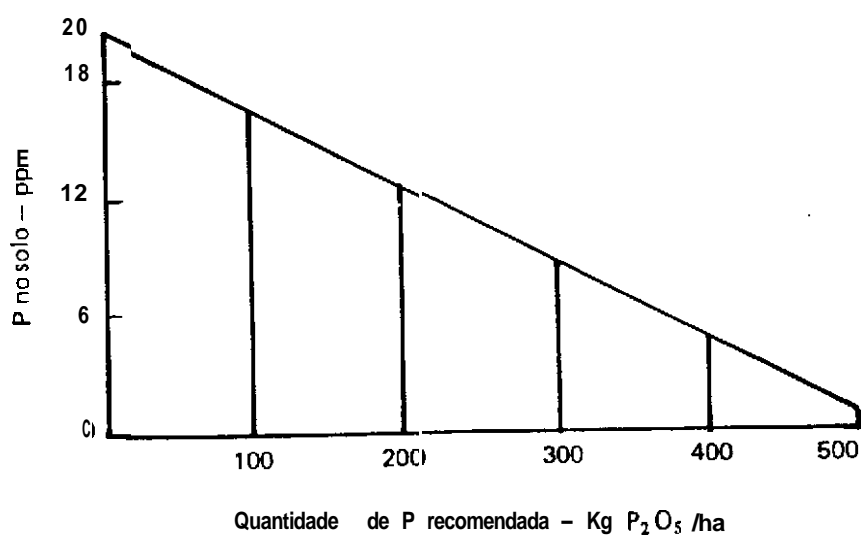


Fig. 18 - Curva de calibração para recomendação de adubação fosfatada utilizada pela Estação Experimental dos Produtores de cana do Hawaii.