

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
MESTRADO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

FABRÍCIO FERREIRA LIMA

**INTERAÇÃO FÓSFORO E ZINCO NO MAMOEIRO 'TAINUNG 01', EM
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO**

**FORTALEZA
2009**

FABRÍCIO FERREIRA LIMA

**INTERAÇÃO FÓSFORO E ZINCO NO MAMOEIRO ‘TAINUNG 01’, EM
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO**

Dissertação submetida à coordenação do curso de pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Fruticultura

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa

**FORTALEZA
2009**

L698f Lima, Fabrício Ferreira
Interação fósforo e zinco no mamoeiro “Tainung 01”, em Neossolo
Quartzarênico / Fabrício Ferreira Lima, 2009.
46 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa
Co-orientador: Prof. Ph. D. Lindemberg Araújo Crisóstomo
Área de Concentração: Fruticultura
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências Agrárias. Depto. de Fitotecnia, Fortaleza, 2009.

1. *Carica papaya* 2. Adubação 3. Interação 4. Fósforo 5. Zinco
I. Corrêa, Márcio Cleber de Medeiros (orient.) II. Crisóstomo, Lindemberg
Araújo (co-orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Pós-Graduação em
Agronomia/Fitotecnia IV. Título

CDD 632

FABRÍCIO FERREIRA LIMA

INTERAÇÃO FÓSFORO E ZINCO NO MAMOEIRO 'TAINUNG 01', EM
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração em Fruticultura.

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará-UFC

PhD Lindbergue Araujo Crisostomo (Co-orientador)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA

Prof. PhD José Tarciso Alves Costa (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Dr. Luiz Antonio Junqueira Texeira (Conselheiro)
Instituto Agrônomo de Campinas-IAC

Ao meu pai que me ensinou a ser um homem honesto e responsável e que deve estar muito contente lá de cima.

Muito obrigado, pai.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Márcio Cleber, pela orientação e pelo grande exemplo de profissional e pessoa.

Ao doutor Lindbergue, pelo imprescindível apoio nas análises em laboratório de solo e planta.

Ao professor Tarciso e doutor Luiz Texeira por terem aceitado o convite de participação da banca e pela contribuição na melhoria do trabalho.

Ao professor Ismail, pela contribuição das análises estatística.

Ao João Paulo, Lucivânia, Lucas, George, João Filho, Carlos, Vânia, Robson, Renato Cesar, Renato Texeira, Rousilene, Caliane e Romulo, que ajudaram na realização desse trabalho.

Aos colegas de curso, pelo prazer da convivência.

Aos meus irmãos Idalécio, Joelson e Flavio Junior pelo apoio e compreensão.

Aos meus pais Flávio e Zêlda pelo amor e carinho.

À minha esposa Daniely Dyeimy pelo amor, cumplicidade e dedicação.

À empresa FRUTACOR e o João Teixeira, pela confiança em nosso trabalho e pela disponibilidade financeira e técnica.

Ao Banco do Nordeste do Brasil, BNB, pelo recurso financeiro do projeto de pesquisa.

À CAPES, pela bolsa de estudo durante o curso.

RESUMO

Realizou-se um experimento em condições de campo, em Russas, CE, com o objetivo de avaliar a resposta do mamoeiro sob irrigação (*Carica Papaya L.*) à adubação com fósforo e zinco, durante um ano de cultivo em solo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em um esquema fatorial 5 x 5 (105; 157,5; 210; 315; e 420 kg de P₂O₅/ha) e (0; 3,12; 6,24; 12,48 e 18,72 kg de Zn/ha), com quatro repetições. As variáveis avaliadas foram: conteúdos de P e Zn no solo nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, teor de P e Zn na folha (pecíolo), altura da planta, circunferência do caule e produtividade. Os teores dos nutrientes no solo e na folha, altura de planta e diâmetro do caule foram avaliados após seis meses do plantio. A produtividade avaliada foi referente aos seis primeiros meses de produção (1º ano de cultivo). Com exceção do diâmetro do caule, todas as outras variáveis foram influenciadas P (P₂O₅) e Zn, havendo interação entre os dois nutrientes no seu efeito sobre a altura da planta, concentração de P e Zn no solo, teor de P na folha e produtividade. A altura da planta aumentou linearmente com o incremento da adubação com fósforo e zinco. O fósforo diminuiu a disponibilidade de Zn no solo, porém não influenciou os teores de Zn na planta. Já o Zn influenciou os conteúdos de P tanto no solo como na folha. A máxima produtividade foi relacionada às doses de 293 kg/ha de P (P₂O₅) e 9,83 kg/ha de Zn.

Palavras-chave: *Carica papaya*, adubação, interação, P, Zn

ABSTRACT

Carried out an experiment under field conditions, in Russas, CE, in order to evaluate the response of papaya (*Carica papaya* L.) to phosphorus and zinc fertilization under irrigation for one year of cultivation. The experiment was a NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, using a randomized block design in a factorial design with five doses of P₂O₅ (105, 157.5, 210, 315 and 420 kg / ha) and five Zn (0, 3.12, 6.24, 12.48 and 18.72 kilograms / ha), with four replications, totaling 25 treatments and 100 plots. The variables were: P and Zn in soil from 0 to 20 and 20 to 40 cm depth, content of P and Zn in the leaf (petiole), plant height, girth and productivity. The nutrient content in soil and leaf, plant height and stem diameter were evaluated after six months of planting. Productivity was assessed on the first six months of production (1 st year of cultivation). Aside from stem diameter, all other variables were influenced by the levels of P₂O₅ and Zn, with interaction between the two nutrients in their effect on plant height, concentration of P and Zn in the soil, P concentration in leaves and productivity. The plant height increased linearly with increasing fertilizer with phosphorus and zinc. Phosphorus decreased availability of soil Zn, but did not influence the levels of Zn in the plant. Since the Zn influenced the content of P in the soil and the leaf. The highest yield was related to doses of 293 kg / ha P₂O₅ and 9.83 kg / ha of Zn.

Keywords: *Carica papaya*, fertilization, interaction, P, Zn

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Origem, classificação taxonômica e cultivares	11
2.2 Aspectos econômicos da cultura	12
2.3 Tipo de solo, nutrição mineral e adubação no mamoeiro	12
2.3.1 Tipo de solo	12
2.3.2 Nutrição mineral	12
2.3.3 Adubação e teores de nutrientes adequados na folha	13
2.3.4 Funções do fósforo e zinco na planta	15
2.3.5 Interação entre Fósforo e Zinco	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Caracterização do local, clima e solo	20
3.2 Caracterização do experimento	21
3.2.1 Material vegetal	21
3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	21
3.3 Instalação e duração do experimento	23
3.4 Condução do experimento	23
3.4.1 Tratos culturais	23
3.4.2 Pragas, doenças e deformações	24
3.4.3 Adubação	24
3.5 Características analisadas	25
3.5.1 Concentração de P e Zn no solo	25
3.5.2 Teor de P e Zn no pecíolo foliar	25
3.5.3 Crescimento da planta	26
3.5.4 Produtividade	26
3.6 Análise dos dados	26
3.7 Estimativa de doses para máxima eficiência física (MEF) e máxima eficiência	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Concentração de P e Zn no solo	29
4.2 Teor de P e Zn no pecíolo da folha	34
4.3 Avaliação de crescimento e produção	36
5 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é originário da América tropical, de onde se disseminou por várias regiões do mundo. No Brasil é uma cultura de grande importância social, pois gera empregos e absorve mão-de-obra durante todo o ano, por ser uma cultura que necessita de renovação dos pomares de três em três anos, no máximo, e que produz o ano inteiro (SOUZA, 2000).

O Brasil é o principal país produtor de mamão, com uma produção em 2005 de 1.650.000 toneladas, correspondentes a aproximadamente 25 % do total mundial. Em seguida, vêm o México, a Nigéria, a Índia e a Indonésia (FAO, 2006). Os principais estados produtores do Brasil são: Bahia, Espírito Santo, Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba, nos quais em 2007, as produções foram respectivamente, de 48%, 36 %, 5%, 4% e 2% (SIDRA-IBGE, 2009). O Ceará, quarto maior produtor de mamão do país, tem grande potencial para a produção dessa fruta, pois tem sol o ano todo, mão-de-obra abundante e disponibilidade de água, nos perímetros irrigados do estado.

No Brasil, o cultivo do mamoeiro destina-se basicamente à produção de frutos, visando seu consumo como fruta fresca, no mercado interno e externo. Entretanto, vários produtos ou subprodutos podem ser obtidos a partir dos frutos ou da planta, como por exemplo, doces, compotas, geléias, néctar, papaína e carpaína, os quais são poucos explorados.

O mamoeiro tem dois grandes grupos de cultivares, Formosa e Solo. No Brasil as do grupo Formosa se destacam no mercado interno, devido ao menor preço de comercialização de seus frutos.

O mamoeiro é uma planta de crescimento, florescimento e frutificação contínuos, por isso necessita constantemente de água e nutrientes. A obtenção de boa produtividade e qualidade de frutos está relacionada com uma nutrição balanceada. Uma planta bem nutrida pode expressar o seu potencial produtivo e apresentar-se mais resistente a doenças e pragas. Porém, no Ceará não se conhece o comportamento e as exigências nutricionais das principais cultivares de mamoeiro.

Estudos têm ressaltado a importância do balanço nutricional nas culturas, é de difícil determinação devido a interação entre nutrientes, como o P e Zn.

O P acelera a formação das raízes, promove maior pegamento da florada, age como regulador na maturação dos frutos, aumenta a viabilidade das sementes e aumenta o teor de

carboidratos. O Zn, por sua vez, interfere na síntese de auxinas e participa do metabolismo das plantas como ativador de diversas enzimas (MALAVOLTA, 2006).

No País, a maior parte da cultura do mamão encontra-se implantada em solos de baixa fertilidade, principalmente no que se refere aos níveis de fósforo, o que leva à utilização de altas doses de fertilizantes (OLIVEIRA et al., 2004). Além disso, o Zn dentre os micronutrientes encontra-se normalmente em níveis baixos no solo, ficando o seu suprimento para as plantas dependentes da adubação, que normalmente não é dada a importância. Devido a isso, a elevada aplicação de fertilizantes fosfatados, e a baixa quantidade de Zn presente no solo, têm ocasionado deficiências de Zn nas plantas. Essa interação existente entre o P e Zn pode ocorrer tanto no solo como na planta, o que torna essa relação bastante complexa. Além disso, nenhum estudo tem sido feito para estudar dose mais adequada de P e Zn, em plantas adultas de mamoeiro.

O objetivo desse trabalho foi estudar dose mais adequada de P e Zn para o cultivo do mamoeiro híbrido ‘Tainung 01’, no primeiro ano de cultivo, nas condições edafoclimáticas do Perímetro Irrigado “Tabuleiro de Russas”, em Russas, CE.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem, classificação taxonômica e cultivares

O mamoeiro cultivado comercialmente pertence à família Caricaceae, do gênero *Carica* e espécie *Carica papaya* L. Essa espécie é a mais importante do gênero tendo sido descoberta pelos espanhóis no Panamá. As outras 22 espécies válidas do gênero, não têm importância comercial, muito embora algumas espécies tenham uso local restrito e outras possuem caracteres valiosos que seriam úteis para incorporar ao germoplasma de *C. papaya*, como o da resistência ao vírus do mosaico (MEDINA, 1995). É uma planta herbácea, tipicamente tropical, cujo centro de origem é, provavelmente, o noroeste da América do Sul, vertente oriental dos Andes, ou, mais precisamente, a bacia amazônica superior, onde sua diversidade genética é máxima (DANTAS, 2000).

Após a descoberta do Novo Mundo, o mamoeiro foi amplamente distribuído nos trópicos, inicialmente por navegadores espanhóis e portugueses e, posteriormente, por mercadores árabes. Sua distribuição estende-se a 32° de latitude norte e sul (DANTAS, 2000).

As cultivares de mamoeiro mais cultivadas são basicamente oriundas de dois grupos: grupo Solo e grupo Formosa. As variedades do grupo Formosa são mais aceitas e comercializadas no mercado interno, dado seu preço, enquanto que as do grupo Solo são bem comercializadas nos mercados interno e externo, devido ao seu menor tamanho, coloração da polpa e maior doçura do fruto. Hoje, o mamão do grupo Formosa também está ganhando espaço no mercado internacional, principalmente no mercado europeu.

As principais cultivares de mamoeiro do tipo formosa são: ‘Betina’, ‘Blue Solo’, ‘Blue Stem’, ‘Cariflora’, ‘Calvite Special’, ‘Coorg Honey Dew’, ‘Honey Dew’, ‘Hortus Gold’, ‘Improved Peterson’, ‘Maradol’, ‘Pauna 1’, ‘PR 7-65’, ‘Ranchi’, ‘Singapore’, ‘Tailândia’, ‘Tainung 01’, ‘Tainung 02’, ‘Tainung 03’, ‘Tocaimera’, ‘Waimanalo’, ‘Washington’ e ‘Zapote’ (MANICA, 2006). No Brasil, os pomares de mamoeiro ‘Formosa’ são feitos quase que exclusivamente com os híbridos ‘Tainung 01’ e ‘Tainung 02’, ficando o Brasil totalmente dependente da importação de sementes de Taiwan. A produtividade média brasileira no primeiro ano de colheita para o grupo Formosa é de 60 t/ha. Porém produtores do Extremo Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo, em cultivos irrigados, vêm obtendo produtividades médias de 80 t/ha/ano (OLIVEIRA et al., 2004).

2.2 Aspectos econômicos da cultura

Em 2007, a área total colhida foi de 377.802 ha com uma produção de 7.207.534 t. O Brasil é o principal produtor dessa fruta, com aproximadamente um quarto (25%) do volume produzido no mundo, ou 1.811.540 t, seguido por México, Nigéria, Índia e Indonésia, com participações aproximadas de 13%, 11%, 10% e 9%, respectivamente. Entretanto, em relação à área colhida, o Brasil (34.779 ha) ocupa a terceira posição, sendo superado por Nigéria (92.500 ha) e Índia (80.000 ha). Esses dois últimos têm produtividades baixas, de 8,27 e 8,75 t/ha/ano, respectivamente, enquanto no Brasil, chega-se à média de 52,09 t/ha/ano (FAO, 2006).

No ano de 2007, os principais estados produtores do Brasil foram: Bahia, Espírito Santo, Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba com produções relativas de 48%, 36 %, 5%, 4% e 2%, respectivamente. A região Nordeste é responsável por 62,3% da área plantada no país, com 21.663 ha e produção de 1.093.838 t. Em seguida, posiciona-se o Sudeste, com 26,2% da área plantada, perfazendo 9.123 ha e uma produção de 673.316 t, seguido da regiões Norte, Sul e Centro-Oeste com produções de 27.863 t, 4.687 t, 11.831 t e áreas colhidas de 3.172 ha, 418 ha e 369 ha, respectivamente (SIDRA-IBGE, 2008).

A cultura do mamoeiro é migratória, sendo a virose o fator preponderante. Com isso, cada vez mais os pomares estão saindo do Norte e Sudeste para o Nordeste do Brasil, principalmente para o Ceará e Rio Grande do Norte. De 1995 até 2007 o Ceará pulou de décimo lugar para o quarto lugar, devido ao grande potencial que o estado tem para produzir frutas nos perímetros irrigados (SIDRA-IBGE, 2008).

2.3 Tipo de solo, nutrição mineral e adubação no mamoeiro

2.3.1 Tipo de solo

O mamoeiro se desenvolve bem nos solos com baixo teor de argila, bem drenados e ricos em matéria orgânica. Considera-se adequado para o seu cultivo solos com textura areno-argilosa e com pH de 5,5 a 6,7 (OLIVEIRA et al., 2004).

2.3.2 Nutrição mineral

O mamoeiro é uma planta de crescimento, florescimento e frutificação contínuos, por isso, necessita constantemente de água e nutrientes. Em alguns cultivos a produtividade atinge 80 t/ha/ano com as cultivares do grupo Formosa, retirando assim uma quantidade considerável de nutrientes do solo (OLIVEIRA et al., 2004). As quantidades dos nutrientes absorvidos pela

planta e acumulados nas flores e frutos para a cultura do mamoeiro estão apresentadas na Tabela 1. Os nutrientes mais absorvidos em ordem são: $K > N > Ca > P = Mg = S > Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo$ (CUNHA, 1979).

O fósforo e o zinco estão diretamente envolvidos na floração e na frutificação do mamoeiro, pois apesar de não estarem entre os macronutrientes e micronutrientes mais absorvidos pela planta (0,67 kg/t de frutos e 6,70 g/t de frutos, respectivamente), têm um grande valor percentual de acumulação nas flores e nos frutos (CUNHA, 1979). Cerca de 30% do fósforo (0,20 kg/t de frutos) e 20% do zinco (22 g/t de frutos) absorvidos são acumulados nas flores e nos frutos (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidades totais de macronutrientes e micronutrientes absorvidos (AB) pelo mamoeiro e acumulados nas flores e frutos (AC).

Macronutriente (kg/t de frutos)											
N		P		K		Ca		Mg		S	
AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC
7,36	1,77	0,67	0,20	8,48	2,12	2,59	0,35	1,44	0,18	0,80	0,20
Micronutrientes (g/t de frutos)											
B		Cu		Fe		Mn		Mo		Zn	
AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC
5,05	0,99	1,65	0,33	22,78	3,36	13,90	1,85	0,05	0,01	6,70	1,39

Fonte: Adaptado de CUNHA, 1979.

*AB - absorção; AC - acumulação.

2.3.3 Adubação e teores de nutrientes adequados na folha

As recomendações de adubação em mamoeiro são atualmente, definidas de forma pouco precisa ou mesmo empírica, variando em função do local e do autor. As recomendações de adubação de P para o estado da Bahia (OLIVEIRA et al., 2004), Tabelas 2, 3 e 4, diferem da recomendação para o estado do Espírito Santo (COSTA et al., 2003), Tabela 5, e do Ceará (UFC, 1993), Tabela 6. Para o Zn, Costa et al. (2003) recomendam 5 kg de Zn/ha, via solo. Já Oliveira et al. (2004) recomendam de 3,5 a 7,0 g de Zn por cova, utilizando FTE Br 8 (7% de Zn e 2,5 % de B) ou FTE Br 9 (6% de Zn e 2% de B) sempre se baseando na concentração de B do produto (de 1 a 2 g de B/cova). Essas recomendações de adubação servem como um referencial, porém as adubações devem ser ajustadas com as características de cada tipo de solo e variedade de planta.

Tabela 2. Recomendação de adubação de P para o mamoeiro, com base na análise química de solo, do plantio aos 120 dias pós-plantio para o estado da Bahia.

Fase	P resina, mg/dm ³		
	0-12	13-30	>30
Plantio	P ₂ O ₅ , kg/ha		
	60	40	20
Pós-Plantio	P resina, mg/dm ³		
	0-12	13-30	>30
Dias	P ₂ O ₅ , kg/ha		
	30	-	-
	60	20	15
	90	-	-
	120	20	15

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2004).

Tabela 3. Recomendação de adubação de P para o mamoeiro, com base na análise química de solo, da floração até os 360 dias pós-plantio para o estado da Bahia.

Produtividade Esperada	P resina, mg/dm ³		
	0-12	13-30	>30
30-50	P ₂ O ₅ , kg/ha		
	60	40	20
	70	50	30
	80	60	40

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2004).

Tabela 4. Recomendação de adubação de P para o mamoeiro, com base na análise química de solo, no segundo ano pós-plantio para o estado da Bahia.

Produtividade Esperada	P resina, mg/dm ³		
	0-12	13-30	>30
30-50	P ₂ O ₅ , kg/ha		
	130	80	40
	150	100	50
	170	120	60

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al. (2004).

Tabela 5. Recomendação de adubação do mamoeiro, com base na análise química de solo para o estado do Espírito Santo.

Época	P (mg/dm ³)		
	<10	11 até 30	>30
1° Ano	P ₂ O ₅ (kg/ha)		
	100	80	40
	120	100	60

Fonte: Adaptado de COSTA et al. (2003).

Tabela 6. Recomendação de adubação do mamoeiro, com base na análise química de solo para o estado do Ceará.

Época	P ₂ O ₅		
	P no solo (ug/cm ³)		
	0-10	11-20	>20
Plantio	g/planta		
	60	40	20
	1° ano	-	-
2° ano em diante	40	20	10

Fonte: Adaptado de UFC (1993).

A análise foliar é útil para o produtor confirmar deficiências diagnosticadas por sintomas visuais, observar a intensidade de absorção dos nutrientes aplicados no solo e conhecer o estado nutricional de sua cultura. No mamoeiro, o tecido que melhor representa seu estado nutricional, para a maioria dos nutrientes, é o pecíolo da folha que tem em sua axila uma flor prestes a se abrir ou recentemente aberta (OLIVEIRA et al., 2004).

Em estudos desenvolvidos no norte do Espírito Santo, foram determinados os teores padrões de nutrientes na folha para cultura do mamoeiro, tendo sido observado que na época seca os índices nutricionais são mais ajustados. Os teores de fósforo e zinco na folha variaram de 1,6 a 1,7 g/kg e 10,5 a 15,3 mg/kg, respectivamente (COSTA, 1995).

2.3.4 Funções do fósforo e zinco na planta

No Brasil, a maior parte da cultura do mamoeiro encontra-se implantada em solos de baixa fertilidade, principalmente no que se refere aos níveis de fósforo, o que leva à utilização de altas doses de fertilizantes (OLIVEIRA et al., 2004).

A principal forma do fósforo absorvido pela planta é o íon $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$. Após ser absorvido ele pode permanecer como fósforo inorgânico (Pi) ou ser incorporado a cadeias carbônicas (MALAVOLTA, 2006). É um elemento com funções estrutural e metabólica, fazendo parte das moléculas de DNA e RNA; participa das reações de transferência de energia como ATP; entra na composição de enzimas catalíticas como a fosfatoquinase; participa como regulador da síntese de amido e no transporte de carboidratos nas células foliares e pode também ser utilizado como nutriente de reserva em sementes na forma de polifosfatos e de fitatos (MARSCHNER, 1997).

A participação de P no processo de formação de colheita tem os seguintes aspectos principais: acelera a formação das raízes, aumenta o pegamento da florada, regula a maturação dos frutos, e aumenta a viabilidade das sementes e do teor de carboidratos (MALAVOLTA, 2006).

O primeiro sintoma de deficiência de fósforo se manifesta através do aparecimento de manchas púrpuras no limbo das folhas maduras. O centro de cada mancha torna-se necrótico com o tempo, com tonalidade tendendo para o marrom. Os sintomas de deficiência se espalham das folhas mais velhas para as mais novas (COSTA et al., 2003).

O zinco, ao lado do boro, é provavelmente o micronutriente cuja deficiência é mais comum no Brasil, tanto em culturas temporárias como nas perenes (MALAVOLTA, 2006).

O zinco atua na planta como elemento funcional, estrutural e regulador de um largo número de enzimas. O zinco estrutural é encontrado em complexos de baixo peso molecular como nos aminoácidos. Como regulador de enzimas, o zinco está presente em todas as seis classes: oxidoredutases, transferases, hidrolases, liases, isomerases e ligases (ALLOWAY, 2004). O zinco está envolvido no metabolismo dos carboidratos, proteínas e auxinas, na integridade das membranas e na reprodução. No metabolismo dos carboidratos, o zinco tem efeito na fotossíntese e na transformação do açúcar. No metabolismo das proteínas, o zinco regula a quantidade de RNA e a estruturação e formação dos ribossomos. Já no metabolismo das auxinas o zinco está envolvido na síntese do triptofano, que é o precursor do AIA (ácido indol-acético). Na integridade das membranas o zinco promove a orientação estrutural das macromoléculas e na manutenção dos sistemas de transporte de íons (ALLOWAY, 2004). O zinco favorece o florescimento e a produção de sementes, já que sua deficiência promove uma maior formação do ácido abscísico, que causa perda prematura de folhas e flores, além de provocar interrupção do desenvolvimento e fisiologia das anteras e dos grãos de pólen (ALLOWAY, 2004).

O zinco não apresenta redistribuição das folhas maduras para as folhas novas, razão pela qual os sintomas de deficiência aparecem primeiramente nas folhas mais novas (COSTA et al., 2003). O primeiro sinal de deficiência de Zn é o aparecimento de clorose entre as nervuras das folhas em expansão, que evolui para manchas púrpuras. Com a severidade da deficiência as folhas mais novas ficam menores, podendo manifestar também a necrose nas bordas e no limbo entre as nervuras principais, juntamente com o encurtamento dos internódios.

As causas de deficiência de Zn são: baixo conteúdo de zinco no solo, pH alto do solo, alta aplicação de fosfato, altas concentrações de sais, solo com baixo conteúdo de matéria orgânica, solo com restrições físicas no desenvolvimento das raízes, solos com alto teor de cálcio, espécies e variedades de planta ineficientes na absorção de zinco e adubação com adubos que não contém zinco (ALLOWAY, 2004).

2.3.5 Interação entre Fósforo e Zinco

A deficiência de zinco nas plantas, induzida por fósforo, ocorre em função da elevada disponibilidade de fósforo no solo, decorrentes das adubações. Segundo Olsen (1972), isto ocorre provavelmente devido a: 1) interação P e Zn no solo; 2) diminuição da taxa de translocação do zinco para a parte aérea; 3) simples “efeito de diluição” sobre a concentração

de Zn na parte aérea, causada pelo crescimento em resposta à adição de fósforo, principalmente quando o solo é pobre em fósforo e zinco; e 4) desordem metabólica no interior das células da planta, relacionada ao desequilíbrio entre fósforo e zinco, ou à excessiva concentração de fósforo, que interferiria na função metabólica do zinco em certos sítios celulares.

Os adubos fosfatados, dependendo do tipo de solo, podem aumentar ou diminuir a concentração do Zn no mesmo. Esses adubos normalmente vêm contaminados com micronutrientes, o que pode aumentar a concentração de Zn do solo. Porém, em solos com baixo pH e altas quantidades de óxidos de ferro e alumínio, o adubo fosfatado diminui a concentração de Zn disponível no solo, pela complexação do fósforo sorvido na superfície dos colóides com o zinco em solução e pela formação de precipitados de $ZnHPO_4$ (AGBENIN, 1998 e SAEED & FOX, 1979). Além do efeito da adsorção do Zn no solo, o aumento do fósforo diminui a colonização das raízes por micorrizas, podendo diminuir a absorção de Zn pela planta (LAMBERT et al, 1979).

A deficiência de Zn e suas conseqüências nas plantas ocorrem diferentemente entre as espécies vegetais. Em plantas de trigo e batata, a falta de Zn afeta a translocação do P da folha para as raízes e o crescimento da parte aérea da planta, fazendo com que o fósforo se concentre nos tecidos da folha e provoque toxidez (WEBB & LONERAGAN, 1988 e CHRISTENSEN & JACKSON, 1981). Além da toxidez, a alta concentração de P na folha aumenta o requerimento fisiológico do Zn na planta, tornando os níveis normais de Zn insuficientes. Já em milho e soja a deficiência de Zn foi provocada pelo efeito de diluição, que nas plantas bem adubadas com fósforo tiveram o seu crescimento aumentado, sem, contudo ter havido incremento na absorção de Zn (CHRISTENSEN & JACKSON, 1981 e LAMBERT et al., 1979).

Em alguns casos, como no trigo, o P pode aumentar a absorção e o transporte de Zn na planta quando a disponibilidade do micronutriente na solução do solo é alta. A maior absorção do Zn influenciado pelo aumento da adubação com fósforo é devida ao aumento maior do influxo do que o efluxo do Zn nas raízes. Esse aumento do influxo é ocasionado pelo íon $H_2PO_4^-$ que aumenta as cargas negativas presentes nas paredes celulares das raízes, favorecendo assim a absorção do cátion Zn^{+} . Já a influencia do P no transporte de Zn não está bem entendida (SANTA-MARIA et al., 1998).

Em algumas plantas, como no algodão, a relação P/Zn e a quantidade de Zn livre na planta (Zn fisiologicamente ativo) indicam melhor nutrição do que somente o teor de Zn na planta (CAKMAK & MARSCHNER, 1987). Esses mesmos autores verificaram que no

algodoeiro o aumento da adição do P aumenta o Zn total, porém, diminui Zn livre. Além disso, componentes e metabolismos da planta dependentes do Zn como: a quantidade de clorofila, atividade da enzima desmutase do superóxido e a permeabilidade da membrana das células da folha, diminuíram com o aumento da adubação fosfatada. A reação de decréscimo do zinco solúvel em água livre na planta com o aumento do P não é completamente entendida, porém o aumento na ligação do zinco nas paredes celulares da raiz em altas concentrações de P e formação de fosfato de zinco podem estar envolvidos.

O P diminui o teor de Zn nas folhas de alface apenas na concentração baixa de Zn na solução nutritiva (MOREIRA et al., 2001). Em mudas de feijão e plantas de trevo subterrâneo o P diminuiu o Zn independente mente da concentração deste (FERNANDES et al., 2007 e LONERAGAN et al., 1979). Em cupuaçuzeiro, as mudas que receberam doses médias de Zn e altas de P, apresentaram sintomas semelhantes àquelas que não receberam Zn, porém, em menor intensidade (FERNANDES et al., 2003).

O Zn aumentou o teor de P na folha em trevo subterrâneo e alface exceto quando a concentração do P é baixa (LONERAGAN et al., 1979 e MOREIRA et al., 2001). Em alface, as maiores produtividades e absorções de P são alcançadas quando a solução contém nível alto de P e nível normal de Zn. Já em feijão o aumento de Zn diminuiu o P foliar (FERNANDES et al., 2007).

Em milho os teores foliares de Zn foram reduzidos nos tratamentos envolvendo o superfosfato triplo, contudo, sem afetar a produção de matéria seca e de grãos do milho (CARNEIRO et al., 2008). Uma possível explicação para a redução do Zn na folha é que, primeiramente, as exigências das raízes são atendidas, e depois ocorre um significativo transporte para a parte aérea.

Em bananeira, as adubações com P diminuíram os teores de Zn nas folhas e aumentaram o número e o comprimento dos frutos. Já o Zn não teve efeito nas características avaliadas, fato atribuído à adubação de fundação com micronutrientes (FTE), que deve ter suprido a necessidade nutricional da planta, mascarando a influência dos tratamentos com Zn (SOUSA, 2002).

O P e Zn afetam o crescimento das plantas, estando o P envolvido na regulação da translocação de carboidratos no interior da planta e o Zn na síntese do triptofano e na ativação de enzimas chaves no metabolismo das plantas. Em mudas de mamoeiro e mangabeira a interação de fósforo e zinco, teve efeito sobre característica de crescimento: matéria seca da folha, diâmetro do caule e altura da muda (OLIVEIRA, 2000). Em mudas de cupuaçuzeiro e maracujazeiro-amarelo a interação foi significativa apenas para a altura. Já para o diâmetro do

caule houve influencia do Zn em mudas de cupuaçuzeiro e do P em mudas de aceroleira (OLIVEIRA, 2000, FERNANDES et al., 2003, LIMA et al., 2007 e CORRÊA et al., 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho consistiu de um experimento com a cultura do mamoeiro adubada com fósforo e zinco, no período de junho de 2008 a junho de 2009.

3.1 Caracterização do local, clima e solo

O experimento foi conduzido na Fazenda FRUTACOR, localizada no perímetro irrigado Tabuleiro de Russas, em Russas – Ceará. A sede do município está situada a 165 km de Fortaleza, na microrregião do Baixo Jaguaribe, tendo como coordenadas geográficas 4° 56' S de latitude e 37° 58' W de longitude e altitude de 20,5 m. A temperatura local média é de 27° C, caracterizando-se como uma região de semi-árido de clima quente do tipo BS'h', de acordo com a classificação de Köppen. Apresenta precipitações pluviométricas com médias anuais de 829,8 mm, distribuídas em duas estações, uma chuvosa, de janeiro a julho, com máximas precipitações ocorrendo de fevereiro a maio, e outra seca, de agosto a dezembro, quando ocorrem apenas chuvas leves e esparsas (WIKIMAPIA, 2009).

O solo da área experimental é um Neossolo Quartzarênico, RQ, (EMBRAPA, 1999), profundo e de baixa fertilidade natural.

A caracterização física e química do solo, nas camadas de 0 a 20 cm, 20 a 60 cm, 60 a 100 cm e 100 a 180 cm encontra-se nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7: Propriedades químicas iniciais do solo na área experimental.

Camada	C	M.O.	pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Al ³	H+Al	SB	CTC	V	PST	m	CE
cm	g/kg			mg/dm ³	mmol/dm ³							%		dS/m		
0-20	8,4	14,48	4,7	3	1,44	25	13	3,61	7	41,7	43,1	84,7	51	4	12	0,33
20-60	1,32	2,28	4,2	1	0,78	12	13	4,27	7,5	31,8	30,1	61,8	49	7	13	0,17
60-100	0,6	1,03	4,1	1	0,73	12	18	4,12	7,5	33	34,8	67,8	51	6	13	0,1
100-180	1,38	2,38	4,2	2	0,78	13	20	4,43	6	26	38,2	64,2	60	7	9	0,1

Extratores: P, Na e K – Mehlich; Ca, Mg e Al: KCl; H+Al: acetato de Cálcio. pH: água (1:2,5)

Tabela 8: Características físicas do solo na área experimental.

Camada	Composição Granulométrica					Classific. Textural	Grau de floculação	Densidade		Umidade		
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			Solo	Partíc.	0,03 MPa	1,5 MPa	Água Útil
cm	g/kg						g/kg	g/cm ³				
0-20	511	408	20	61	10	Areia	83	1,53	2,67	3,6	2,2	1,4
20-60	519	349	27	105	14	Areia	86	1,54	2,63	4,3	2,9	1,4
60-100	507	337	29	127	15	Areia franca	88	1,58	2,74	5,1	3,4	1,7
100-180	478	356	37	129	18	Areia franca	86	1,56	2,63	5,3	3,3	1,9

3.2 Caracterização do experimento

3.2.1 Material vegetal

A cultura utilizada foi o mamoeiro (*Carica papaya L.*) do grupo Formosa, cultivar ‘Tainung 1’ híbrido F1 desenvolvido na Estação Experimental de Fengshan, em Formosa, resultante do cruzamento de ‘Sunrise Solo’ com um tipo de mamão de polpa vermelha da Costa Rica. Frutos alongados nas plantas hermafroditas e arredondados nas plantas femininas, pesando em média 900g. Polpa vermelha-alaranjada de ótimo sabor (MEDINA, 1995). Os rendimentos têm variado de 58,5 a 122,4 toneladas por hectare em diferentes locais, climas, tratamentos culturais e idade da planta (MANICA, 2006).

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Foi empregado o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x5, com quatro repetições, totalizando 25 tratamentos e 100 parcelas. As parcelas foram constituídas de oito plantas, sendo quatro plantas de cada fileira da linha dupla (Figura 4), com área de 57,6 m², sendo 28,8 m² de área útil, correspondendo às duas plantas centrais de cada fileira da linha dupla (quatro plantas úteis no total), Figura 1. As duas plantas nas extremidades de cada fileira da linha dupla de cada parcela constituíram as bordaduras internas. Além disso, duas fileiras duplas localizadas nas extremidades constituíram a bordadura externa. Assim, a área do experimento totalizou 7.715 m² (cerca de 0,8 ha; 134,4 x 57,4 m) ou 1.072 plantas (400 plantas úteis).

Os tratamentos consistiram da combinação de cinco doses de P₂O₅ e cinco doses de Zn. Utilizando o superfosfato triplo (45 % de P₂O₅) e o sulfato de zinco (20 % de Zn) como fontes de P e Zn, respectivamente.

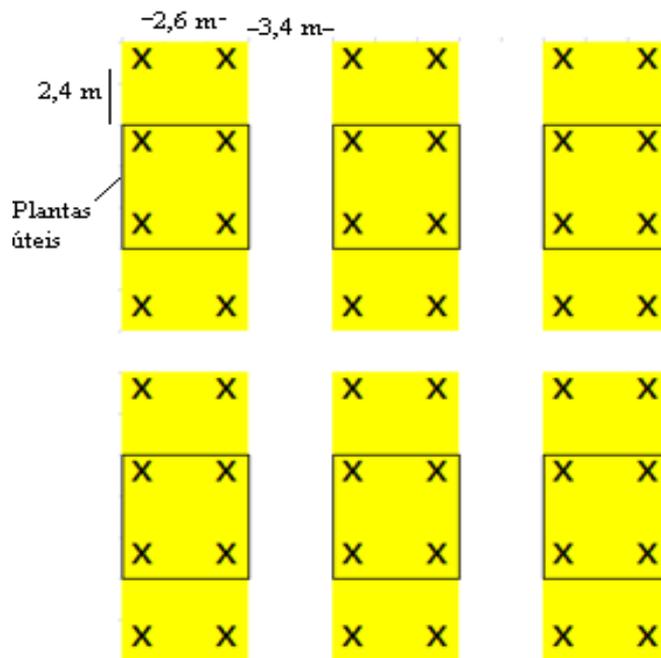


Figura 1 - Representação esquemática de seis parcelas divididas em três fileiras duplas.

As doses de fósforo, em fundação, consistiram de: 0; 21,6; 43,2; 86,4; 129,6 g de P_2O_5 por planta (correspondendo a 0, 30, 60, 120, 180 $kg \cdot ha^{-1}$ de P_2O_5), aplicados no sulco uma semana antes do plantio. Aos 180 dias após o plantio foi realizada uma nova aplicação de fósforo, referente à adubação de produção, correspondendo a 0,75 vezes as doses inicialmente aplicadas nos respectivos tratamentos, ou seja: 0; 16,2; 32,4; 64,8; 97,2 g de P_2O_5 por planta (correspondendo a 0, 22,5; 45; 90; 135 $kg \cdot ha^{-1}$ de P_2O_5). Foi feito um sulco na parte interna de cada linha da fileira dupla, com 5 cm de profundidade, 10 cm de largura e 20 cm de distância do colo da planta, na projeção das linhas de irrigação. A distribuição do fósforo foi feita manualmente e uniformemente por todo sulco, sendo coberto posteriormente. Além da adubação de fundação e de produção, houve também um incremento em todos os tratamentos de 26 kg/ha de P_2O_5 nos seis primeiros meses e mais 79 kg/ha de P_2O_5 nos seis últimos meses, referente ao ácido fosfórico utilizado na desobstrução dos gotejadores de irrigação (Tabela 9).

Por sua vez, as doses de zinco, do plantio aos 180 dias, consistiram de: 0; 1,5; 3,0; 6,0; 9,0 g de Zn por planta (correspondendo a 0; 2,08; 4,16; 8,32; 12,48 $kg \cdot ha^{-1}$ de Zn), aplicado todo aos 45 dias após o plantio, através da solução de sulfato de Zn com água (50g/L de $ZnSO_4$), na linha de irrigação. Aos 180 dias após o plantio foi realizada uma nova aplicação de zinco, referentes à metade das doses aplicadas anteriormente, ou seja: 0; 0,75; 1,5; 3,0; 4,5 g de Zn por planta (correspondendo a 0; 1,04; 2,08; 4,16; 6,24 $kg \cdot ha^{-1}$ de Zn). A distribuição

também foi feita com a solução de sulfato de Zn com água (25g/L de ZnSO₄), aplicado na área sobre o sulco utilizado para a adubação com P.

3.3 Instalação e duração do experimento

O pomar foi instalado em fileiras duplas com espaçamento de 3,4 x 2,6 x 2,4 m (1.389 plantas por hectare), sob condição irrigada. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com duas mangueiras por fileira de planta. Os gotejadores da mangueira de irrigação eram espaçados em 40 cm por toda a mangueira, sendo utilizados cinco gotejadores de cada mangueira por planta (dez no total). A irrigação diária iniciava-se 09h00min e terminava às 15h30min, sendo dividida em 14 parcelas com duração de 5 min, frequência de 22 min e vazão de 8,75 mm.

O experimento foi instalado em uma área recém desmatada, que se utilizou da aração e gradagem no preparo do terreno. Para correção do pH do solo foram feitas duas calagens antes do plantio, em abril de 2007 e fevereiro de 2008, com duas toneladas de calcário em cada aplicação. Considerou-se saturação por bases que se pretende atingir, de 80%, conforme de Soares & Quaggio, 1997 e utilizou-se calcário dolomítico com 85 % de PRNT, 29% de Ca e 12% de Mg.

Antes do plantio foram feitos sulcos de 30 cm de profundidade, onde foram colocados os tratamentos com fósforo e a adubação orgânica, 15 ton/ha,. Em seguida, os camalhões foram feitos mecanicamente, com uso de um implemento agrícola tracionado por um trator.

O experimento foi instalado em 17 de junho de 2008 com o plantio de quatro mudas/cova em cima dos camalhões, e foi conduzido até 24 de junho de 2009, correspondendo a doze meses de cultivo e seis meses de produção.

3.4 Condução do experimento

3.4.1 Tratos culturais

Uma vez por mês a área foi capinada, manualmente, até o quinto mês após o plantio das mudas no campo e depois as capinas foram feitas quimicamente até o final de cultivo.

A partir dos dois meses após o plantio com o início do florescimento, iniciou-se também a sexagem das plantas deixando-se uma planta por cova (preferencialmente hermafrodita). Ainda aos dois meses após o plantio, iniciou-se a desbrota com a retirada dos

brotos laterais, uma vez por mês, no total de quatro. A desfolha começou a ser feita a partir do quinto mês de cultivo e foi realizada quinzenalmente até o início da produção, a partir daí, passou a ser feita semanalmente por ocasião da colheita dos frutos. Foram feitos cinco raleios de frutos, uma vez por mês, eliminando-se os frutos defeituosos, com pedúnculo muito curto, deixando um a dois frutos por folha.

3.4.2 Pragas, doenças e deformações

A principal praga encontrada foi o ácaro rajado (*Tetranychus urticae*). Além do ácaro, o pulgão também é importante, como vetor de doenças viróticas, como a do amarelo letal e a do mosaico. Ambos controlados quimicamente.

O mosaico-do-mamoeiro (“Papaya ringspot vírus – type p” – PRSV-p), também conhecido como mancha-anelar foi a doença mais importante encontrado na área. O controle foi feito com vistorias periódicas no pomar, e eliminação das plantas infectadas, “rouging”. Outras doenças menos importantes que ocorreram na área foram a pinta preta (*Asperisporium caricae*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e podridão mole (*Phomopsis carica-papayae*), foram controlados com fungicidas

Ocorreram alguns frutos deformados na área, como frutos carpeloides e frutos tipo banana que foram descartados durante a operação de raleio dos frutos.

3.4.3 Adubação

As adubações com nitrogênio, potássio, enxofre e magnésio foram feitas via fertirrigação, utilizando as seguintes fontes e quantidades, como descrito na Tabela 10. O ácido fosfórico utilizado na desobstrução dos gotejadores de irrigação, incrementou 0,729 kg de P_2O_5 por litro de ácido fosfórico, ou seja, os 144 litros/ha de ácido fosfórico aplicado durante o experimento, contribuiu com 105 kg/ha de P_2O_5 .

Foram feitas duas adubações foliares por mês, no período de setembro a novembro, utilizando o equipamento Arbus para aplicação foliar, tracionado por um trator. O produto aplicado foi formulado para suprir a necessidade da planta pelos outros micronutrientes. O produto formulado foi feito com base no produto comercial Quimifol, que continha uma concentração de nutrientes de: 5% Mg, 13% S, 3% B, 2 % Cu, 0,5 % Fe, 3 % Mn e 1 % Mo. As quantidades utilizadas para a formulação desse produto foram: Bórax (220 g), Sulfato de Cobre (68 g), Sulfato de Manganês (78 g), Molibdato de Sódio (21 g), Fe-EDTA (68 g) e

Sulfato de Magnésio (403 g). Esses 858 g de adubos foram diluídos em 500 L de água e utilizado em um hectare.

Tabela 9: Fontes e quantidades de adubos utilizados na área experimental da empresa FRUTACOR, Russas – CE.

Época	Úreia	Cloreto de potássio	Sulfato de magnésio	Nitrato de potássio	Ácido Fosfórico
Dias	kg/ha				L/ha
30	-	-	-	-	-
60	100,484	133,970	95,329	9,774	-
90	51,472	64,421	36,261	-	-
120	53,053	76,864	50,766	143,312	25,579
150	180,062	190,018	137,549	21,316	-
180	11,574	16,922	12,043	19,968	10,618
210	55,247	177,834	84,810	-	85,537
240	96,677	54,332	54,332	-	13,798
270	90,297	233,436	36,736	-	3,116
300	40,950	82,136	17,033	-	4,451
330	97,270	20,000	40,682	0,594	0,920
360	1,929	66,973	-	-	-
TOTAL	779,015	1116,91	565,541	194,964	144,019

3.5 Características analisadas

Durante a condução do experimento foram analisadas as concentrações de P e Zn antes de realização das adubações de produção com P e Zn no solo e na folha, o crescimento da planta e a produção.

3.5.1 Concentração de P e Zn no solo

Para o monitoramento das alterações químicas nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, foram realizadas amostragens de solo aos seis meses após o plantio. A amostragem foi efetuada na faixa de solo onde foram realizadas as adubações de fundação e de produção, foram coletadas quatro (4) subamostras por planta útil, duas na linha de plantio e duas a 30 cm do caule, num total de dezesseis (16) subamostras, compondo uma amostra por parcela. O solo foi posto para secar à sombra na casa de vegetação. As análises de P e Zn foram realizadas no laboratório de solos, utilizando-se o extrator mehlich 1.

B

3.5.2 Teor de P e Zn no pecíolo foliar

Aos seis meses após o plantio foram coletadas folhas sadias (sem ataque de pragas e infestação de doenças), que em sua axila apresentavam uma flor recém aberta, conforme

Oliveira, 2004, coletando-se uma folha de cada planta útil quatro por parcela, acondicionando-as em sacos de papel e após lavagem com água destilada foram postas para secar, em uma estufa de circulação forçada de ar a 70 ° C. As folhas foram analisadas para o P e Zn, segundo a metodologia descrita por Silva, 1999.

3.5.3 Crescimento da planta

Para avaliar o crescimento da planta mediu-se a altura da planta e circunferência do caule. A altura da planta foi medida com uma fita métrica do colo da planta até a gema apical. A circunferência do caule foi obtida a partir do perímetro medido a 30 cm do solo, com auxílio de uma fita métrica, aos sete meses após o plantio das mudas no campo.

3.5.4 Produtividade

A produção iniciou-se em 28 janeiro de 2009 e foi avaliada até 24 de junho deste (seis meses de produção), sendo realizada uma colheita por semana, sempre que necessária. Nas duas primeiras semanas os frutos colhidos não foram contabilizados, pois no início da produção houve uma maior porcentagem de frutos do tipo fêmea, pois, de um modo geral as plantas femininas iniciam a produção um pouco mais cedo do que as plantas hermafroditas. Além disso, no início da produção ocorreu uma maior infestação de antracnose nos frutos, doença fúngica de pouca importância no campo mas, que deprecia a qualidade dos frutos. Na colheita, apenas os frutos que estavam no tamanho e formatos adequados para a comercialização e, que se apresentavam no estágio de maturação de um a três (de uma a três estrias amarelas no fruto), eram colhidos. A produção foi avaliada dentro de cada parcela fazendo-se uma estimativa da produção pelo volume de caixas e pelo peso médio dessas caixas, que foi determinado durante algumas colheitas. A caixa foi dividida em quatro partes, 1 caixa (10 a 12 frutos), 3/4 de caixa (7 a 9 frutos), 1/2 de caixa (4 a 6 frutos) e 1/4 de caixa (1 a 3 frutos).

3.6 Análise dos dados

Para todas as características estudadas foram realizadas análises de variância segundo o modelo de blocos ao acaso, avaliando-se os efeitos principais de cada variável e suas interações pelo teste F para todas as características estudadas. Quando o teste F foi

significativo, foram ajustadas equações de regressão relacionando doses de P_2O_5 e Zn com as diversas variáveis respostas.

Inicialmente, fez-se o ajuste de superfícies de resposta do tipo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1(P_2O_5) + \beta_2(P_2O_5)^2 + \beta_3(Zn) + \beta_4(Zn)^2 + \beta_5(P_2O_5)(Zn) + e$$

no qual Y é a variável resposta; P_2O_5 , dose de P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$ de P_2O_5); Zn, dose de Zn ($kg \cdot ha^{-1}$ de Zn), β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 e β_5 , parâmetros do modelo e e , o erro aleatório associado a cada observação. As superfícies de respostas foram estimadas por meio de análise de regressão, obtendo-se equações polinomiais de segundo grau:

$$y = b_0 + b_1(P_2O_5) + b_2(P_2O_5)^2 + b_3(Zn) + b_4(Zn)^2 + b_5(P_2O_5)(Zn)$$

nas quais, y é a estimativa da variável resposta; b_0 , b_1 , ... b_5 , estimadores dos parâmetros do modelo ou dos efeitos das variáveis independentes. Após este ajuste inicial, a significância de cada parâmetro foi testada, tendo-se como hipótese de nulidade (H_0) b_0 , b_1 , ... $b_5 = 0$ e empregando-se o teste t para contrastes. Aceitaram-se como significativos os efeitos com $p < 0,05$.

Nos gráficos das regressões em duas dimensões foram representadas as médias dos valores observados; os coeficientes de determinação (R^2) foram calculados a partir de todos os valores observados. Para os gráficos em três dimensões, optou-se por apresentar somente a superfície ajustada.

3.7 Estimativa de doses para máxima eficiência física (MEF) e máxima eficiência econômica (MEE)

A dose para MEF nas situações em que houve efeito quadrático de dose de apenas um fator (P_2O_5 ou Zn), foi estimada ao igualar-se a primeira derivada da função a zero. Quando ocorreram efeitos quadráticos significativos de P_2O_5 e Zn, a dose para MEF foi obtida ao igualar-se a zero as primeiras derivadas parciais.

O critério para definir a dose MEE foi o de otimizar o lucro por unidade de área sem limitação de capital, conforme método descrito por ALVAREZ (1985), o qual pode ser resumido nas seguintes funções:

$Y = f(X)$ Função de produção

$C = g(X) = C_0 + C_v = C_0 + P_x X$ Função de custos

$L = P_y Y - C = P_y Y - C_0 - P_x X$ Função de lucros

em que:

Y = produção

X = Doses de insumo

C = Custos de produção

Co = Custos fixos

Cv = PxX = Custos variáveis

Px = Preço do insumo

L = Lucro

Py = Preço de venda do produto,

Da função de lucros:

$L = PyY - Co - PxX$, iguala-se a zero a sua primeira derivada, obtendo-se:

$$\frac{\delta L}{\delta X} = Py \frac{\delta Y}{\delta X} - Px = 0$$

e, por fim,

$$\frac{\delta Y}{\delta X} = \frac{Px}{Py}$$

Ou seja, a dose para MEE depende da relação dos preços de venda do produto (Py) e do insumo (Px).

Os levantamentos de preço dos insumos (R\$ 1,40/kg de superfosfato triplo e R\$ 4,00/kg de sulfato de zinco) foram feitos com base no preço médio de atacado do mercado de Fortaleza, CE. Já o preço de frutos (R\$ 0,25/kg) foi com base no preço médio de venda da Empresa FRUTACOR, no ano de 2009.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Concentração de P e Zn no solo

As maiores concentrações de P e Zn, aos seis meses após o plantio, foram encontradas na camada de 0 a 20 cm (em média 18,51 e 6,98 mg/dm³, respectivamente) em relação a camada de 20 a 40 cm (em média 7,07 e 1,32 mg/dm³, respectivamente), apesar de não ter sido analisadas estatisticamente, evidenciam que os adubos superfosfato triplo e sulfato de zinco ficaram mais concentrados naquela camada (Tabela 10).

A interação entre as doses de fósforo e zinco foi significativa para a concentração de P no solo nas duas camadas (Tabela 10). Na camada de 0 a 20 cm, a adubação com superfosfato triplo aumentou linearmente a concentração de fósforo “disponível” no solo, a uma taxa de 0,13 mg/dm³ por quilograma de P₂O₅ adicionado pelo adubo (Figura 2). A adubação com zinco teve um efeito quadrático na concentração de fósforo no solo, inicialmente o fósforo diminuiu e depois aumentou com o incremento das doses de zinco (Figura 2). A maior concentração estimada de P no solo (38,27 mg/dm³) foi obtida na maior dose aplicada de P₂O₅ (206 kg/ha) combinado com a dose zero de Zn, enquanto a menor concentração estimada de P (3,61 mg/dm³ de P) foi obtida na dose 26 kg/ha de P₂O₅ e 6,41 kg/ha de Zn (Figura 2).

Na camada de 20 a 40 cm, o aumento da adubação com superfosfato triplo aumentou a concentração de P “disponível” no solo, com maiores taxas de elevação nos tratamentos que não receberam adubação com zinco nessa camada. Adubação com o sulfato de zinco promoveu uma redução no P “disponível” no solo (Figura 3). A maior concentração estimada de P no solo (7,60 mg/kg) foi obtida na maior dose de P₂O₅ (206 kg/ha) combinado à dose zero de Zn, por sua vez, a menor concentração de P no solo (3,61 mg/kg) foi obtida na dose de 26 kg/ha de P₂O₅ e 12,48 kg/há de Zn (Figura 3).

Na camada de 0 a 20 cm, o comportamento inicial da concentração de P no solo com o aumento da adubação com Zn foi semelhante ao da camada de 20 a 40 cm, que diminui a concentração de P com o incremento da adubação com Zn. Esse comportamento é bem entendido, no solo, o zinco diminui a concentração de fósforo pela reação dos dois nutrientes, formando o precipitado fosfato de zinco, ZnHPO₄, que é uma forma indisponível para as plantas, tanto com relação ao zinco como ao fósforo (AGBENIN, 1998).

Tabela 10: Concentrações de P e Zn nas camadas de 0-20 e 20-40 cm do solo (RQ) aos 6 meses após a instalação do experimento. Amostragem realizada em torno das plantas, a cerca de 20 cm do colo, em locais onde foram realizadas as adubações com P₂O₅ e Zn. Russas-CE. (Cada valor representa a média de quatro repetições e cada repetição correspondente a uma amostra composta por 16 sub-amostras).

Doses		P (mehlich)		Zn	
P ₂ O ₅	Zn	(0-20 cm)	(20-40 cm)	(0-20)	(20-40)
..... kg/hamg/dm ³			
0	0,00	6,30	3,03	2,20	0,63
0	2,08	6,03	5,68	4,05	0,50
0	4,16	11,43	4,67	4,03	0,85
0	8,32	11,63	4,83	4,83	1,45
0	12,48	5,53	4,00	8,00	2,70
30	0,00	14,15	6,30	1,55	0,48
30	2,08	9,43	5,63	4,33	1,13
30	4,16	10,48	5,97	9,37	1,13
30	8,32	10,78	5,63	8,63	1,13
30	12,48	9,70	6,60	9,53	2,40
60	0,00	39,98	7,67	1,80	0,75
60	2,08	23,05	7,63	3,27	0,63
60	4,16	14,28	5,00	5,90	1,07
60	8,32	11,68	5,17	12,40	2,50
60	12,48	15,40	5,07	10,17	3,13
120	0,00	28,73	7,03	1,43	0,43
120	2,08	20,60	9,50	3,13	0,73
120	4,16	16,13	11,37	4,40	1,13
120	8,32	18,40	8,10	13,13	1,06
120	12,48	47,83	9,57	15,48	1,77
180	0,00	37,83	11,88	1,67	0,60
180	2,08	26,80	8,85	3,53	1,10
180	4,16	31,10	8,13	14,75	1,83
180	8,32	20,08	7,43	12,47	1,07
180	12,48	40,48	6,33	18,03	1,20
Causas de Variação	G.L.Teste F.....			
Dose de P ₂ O ₅	4	14,731**	17,161**	5,991**	1,173ns
Dose de Zn	4	3,461*	1,105ns	26,347**	20,482**
P ₂ O ₅ vs. Zn	16	2,015*	2,109*	2,342**	2,611**
Blocos	3	0,788ns	1,393ns	4,833**	4,847**
Resíduo	72				
Média (mg/dm ³)		19,51	6,98	7,07	1,32
CV (%)		58,88	29,05	53,33	53,38

* - Significante ao nível de 5 %;

** - Significante ao nível de 1 %;

ns - Não Significativo.

$$P_2O_5 = 11,08121 + 0,13203(P_2O_5) - 3,40063(Zn) + 0,26514(Zn)^2$$

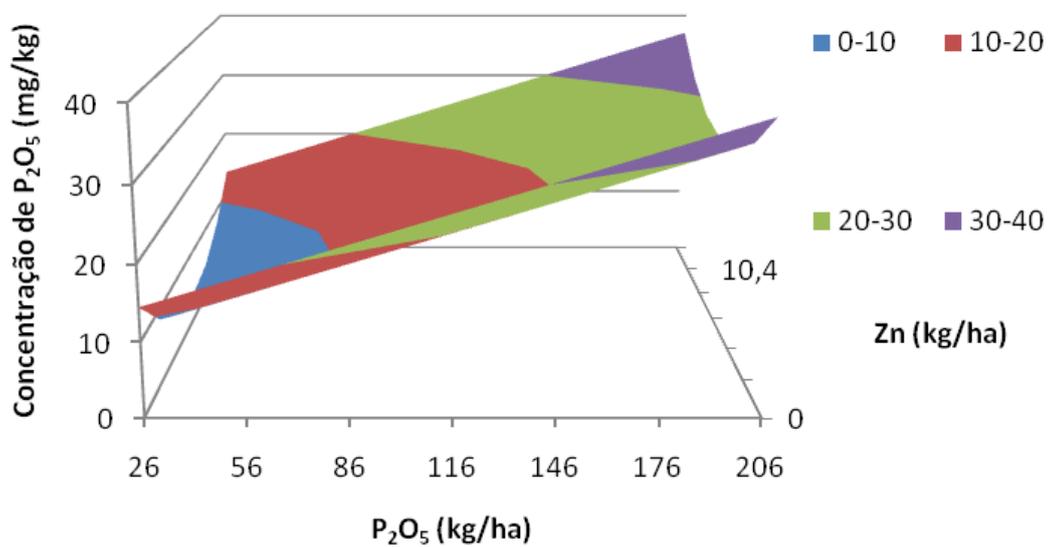


Figura 2 - Concentração de fósforo (P) na camada de 0-20 cm do solo (RQ) em função da adubação com P_2O_5 e Zn, aos 6 meses após a aplicação do adubo fosfatado e implantação do pomar de mamão e, 4,5 meses depois da adubação com sulfato de zinco. Russas-CE, 2008/2009.

$$P_2O_5 = 3,33349 + 0,061939(P_2O_5) - 0,00016(P_2O_5)^2 - 0,09581(P_2O_5)(Zn)$$

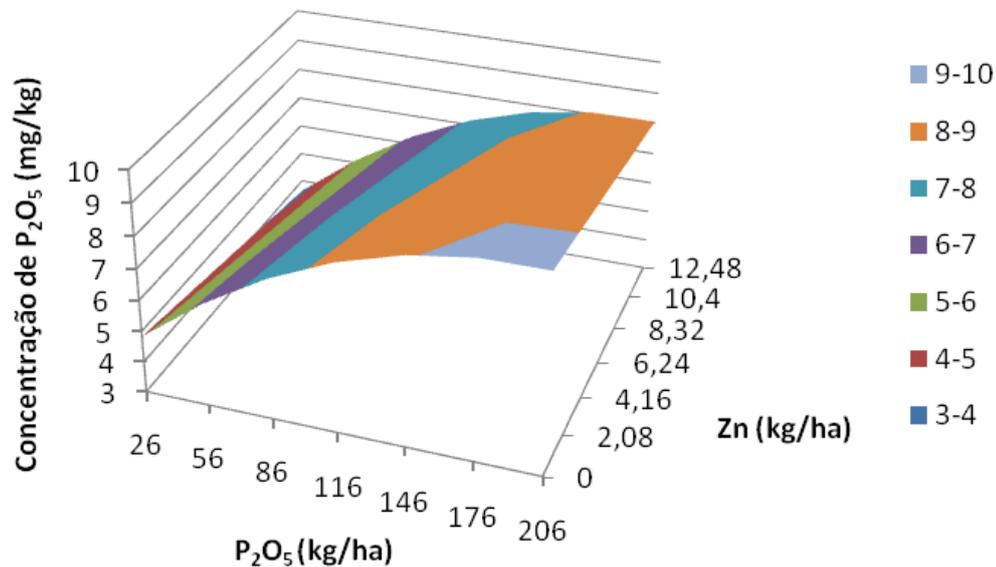


Figura 3 - Concentração de fósforo (P) na camada de 20-40 cm do solo (RQ) em função da adubação com P_2O_5 e Zn, aos 6 meses após a aplicação do adubo fosfatado e implantação do pomar de mamão e, 4,5 meses depois da adubação com sulfato de zinco. Russas-CE, 2008/2009.

A interação entre as doses de fósforo e zinco foi significativa para a concentração de Zn no solo nas duas camadas (Tabela 10). Na camada de 0-20 cm o aumento da adubação com fósforo e zinco aumentou a concentração de zinco no solo de forma linear, a taxas de

0,04 e 0,98 mg/kg, respectivamente (Figura 4). A maior concentração estimada de Zn nessa camada (18,07 mg/dm³) foi obtida com as doses máximas de P₂O₅ (206 kg/ha) e de Zn (12,48 kg/ha), enquanto que a menor concentração estimada de Zn no solo (0 mg/dm³) foi obtida nas doses 26 kg/ha de P₂O₅ e 0 kg/ha de Zn (Figura 4). Uma provável explicação para a adubações com o superfosfato triplo terem aumentado o teor de zinco no solo é a sua contaminação com este nutriente, quantificada analiticamente em 157 mg de zinco por kg de superfosfato triplo. Os tratamentos que receberam a maior dose de P₂O₅ (180 kg/ha) incrementaram 86 g de zinco por hectare. Essa quantidade é relativamente pequena para um hectare, porém como o superfosfato triplo é aplicado concentrado no sulco de plantio, e a amostragem foi feita na linha de adubação, o zinco adicionado pelo superfosfato triplo foi substancial.

Saeed & Fox (1979) consideram a quantidade de zinco existente nos adubos fosfatados um fator de quantidade importante no aumento da concentração desse elemento no solo. Porém, quando o solo tem alta quantidade de hidróxidos de ferro e alumínio, o Zn adsorvido com o fosfato é maior do que a quantidade de Zn adicionada pelo adubo.

Na camada de 20 a 40 cm, a adubação com P diminuiu a concentração de Zn no solo nos tratamentos que receberam zinco. Nos tratamentos que não receberam Zn, o P aumentou a concentração desse elemento. O aumento da adubação com sulfato de zinco aumentou o teor de zinco no solo, principalmente, nas dose menores de fósforo. O maior teor de Zn no solo (2,68 mg/dm³), foi obtido na dose 26 kg/ha de P₂O₅ combinada à maior dose de Zn (12,48 kg/ha) e, o menor teor de Zn no solo (0,32 mg/dm³) foi obtido na dose zero de Zn, e na dose de 26 kg/ha de P₂O₅ (Figura 5). Essa diminuição do Zn influenciado pelo o P, pode ter sido devido, à adsorção do Zn através da complexação desse nos coloides do solo e da formação de precipitados de fosfato de zinco (ZnHPO₄), forma indisponível às plantas, conforme indicação de AGBENIN, 1998.

O comportamento diferenciado nas duas camadas pode ser atribuído a diferenciação na concentração dos adubos. Na camada de 0 a 20 cm, onde os adubos com P e o Zn se concentraram mais, a concentração do Zn no solo foi aumentada pelo adubo fosfatado, que contém uma quantidade considerável de Zn. Na camada de 20 a 40 cm, onde os adubos se concentraram menos, o poder de adsorção do fósforo foi maior do que o incremento de Zn, pelo adubo fosfatado.

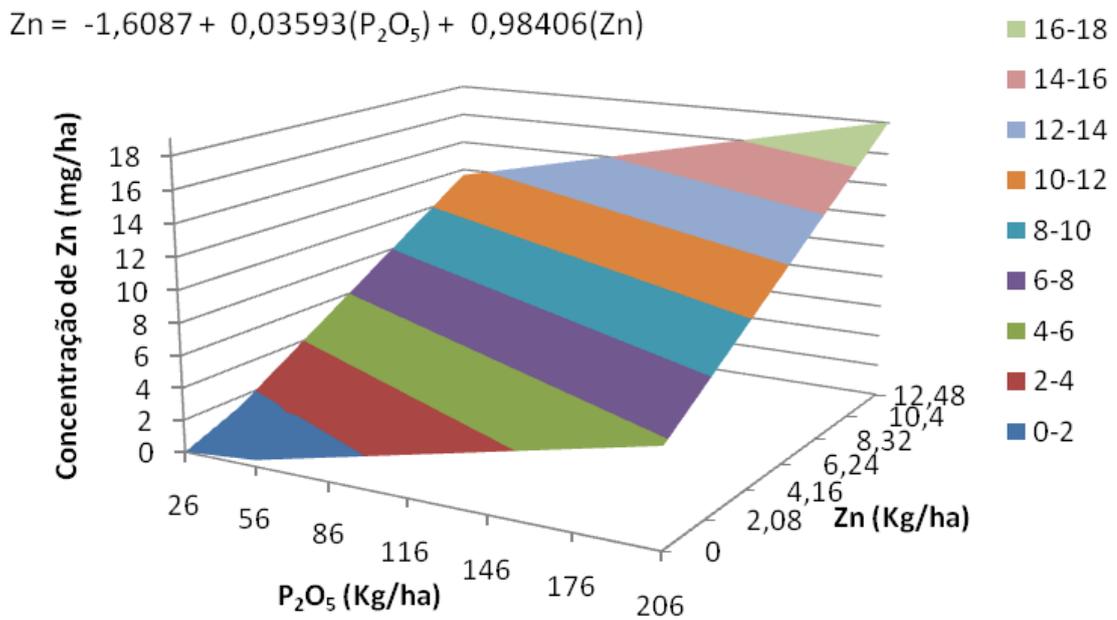


Figura 4: Concentração de zinco (Zn) na camada de 0-20 cm do solo (RQ) em função da adubação com P_2O_5 e Zn, aos 6 meses após a aplicação do adubo fosfatado e implantação do pomar de mamão e, 4,5 meses depois da adubação com sulfato de zinco. Russas-CE, 2008/2009.

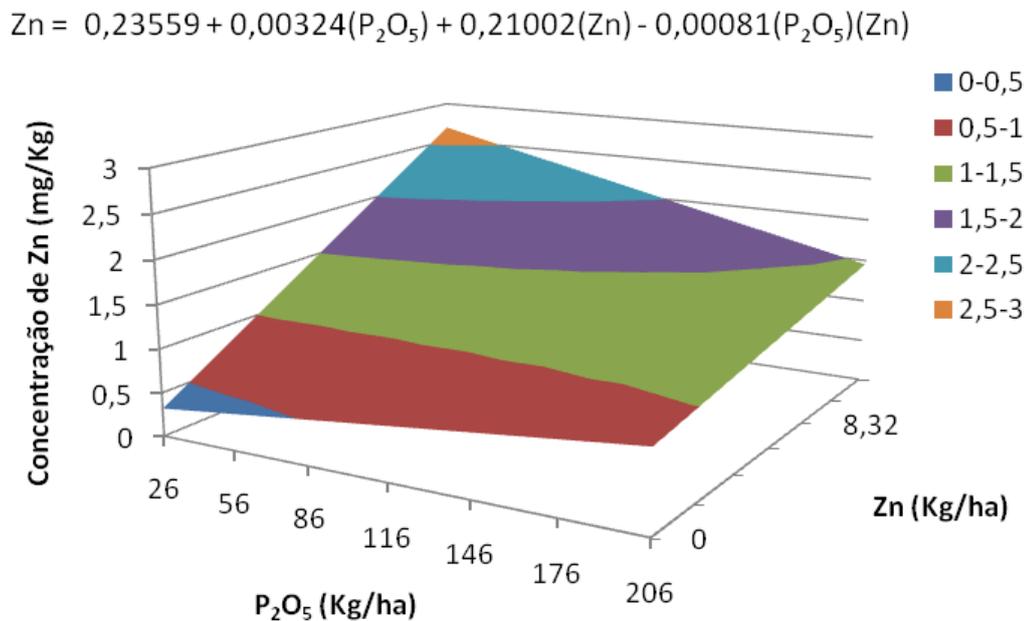


Figura 5 - Concentração de zinco (Zn) na camada de 20-40 cm do solo (RQ) em função da adubação com P_2O_5 e Zn, aos 6 meses após a aplicação do adubo fosfatado e implantação do pomar de mamão e, 4,5 meses depois da adubação com sulfato de zinco. Russas-CE, 2008/2009.

4.2 Teor de P e Zn no pecíolo da folha

Os teores de P observados no pecíolo das folhas variaram de 1,42 a 2,22 g/kg e os de Zn, de 11,07 a 22,48 mg/kg (Tabela 10), estes valores estão próximos aos teores padrões encontrados no estado de Espírito Santos, 1,6 a 1,7 g/kg para o P e 10,5 a 15,3 mg/kg para o Zn (COSTA, 1995).

A interação entre as doses de fósforo e zinco foi significativa para o teor de P no pecíolo da folha (Tabela 10). As adubações com P e Zn aumentaram e diminuíram, respectivamente o teor de P no pecíolo, de forma linear. O maior teor estimado de P no pecíolo (2,10 mg/kg), foi obtido na maior dose de P (206 kg/ha de P_2O_5) e com a dose zero de Zn e o menor teor de P na folha (1,56 mg/kg) foi obtido na menor dose de P_2O_5 (26 kg/ha), combinado com a maior dose de Zn (12,48 kg/ha), Figura 6. O comportamento do teor de P na folha em função do Zn foi semelhante ao da “disponibilidade” de P no solo, na camada de maior concentração desse nutriente (0-20 cm), onde o aumento da adubação com Zn diminuiu a disponibilidade de P no solo e conseqüentemente a sua absorção.

O teor de zinco na folha foi influenciado apenas pela adubação com sulfato de zinco e teve comportamento quadrático (Tabela 10). O maior teor de zinco na folha (18,37 mg/kg) foi alcançado na dose de 8,95 kg de Zn (Figura 7). A mudança na concentração de Zn no solo influenciado pela adubação fosfatada, não foi suficiente para afetar os teores de Zn no pecíolo foliar. Porém, essa adubação pode ter influenciado a concentração de Zn livre da planta (Zn fisiologicamente ativo), como ocorreu em algodão (CAKMAK & MARSCHNER, 1987).

Tabela 10: Teores de P e Zn nas folhas (pecíolos) de mamoeiro híbrido “Tainung 01”, cultivado sob condição irrigado em solo (RQ), aos 6 meses após o plantio no campo em dez/2008, coletou-se folhas com uma flor recém aberta em sua axila. Russas-CE, CCA/UFC. (Dados médios de quatro repetições).

Doses		P	Zn
P ₂ O ₅	Zn		
..... kg/ha		(g/kg)	(mg/kg)
0	0,00	1,64	16,50
0	2,08	1,68	15,53
0	4,16	1,42	16,00
0	8,32	1,65	17,79
0	12,48	1,48	16,43
30	0,00	1,55	11,07
30	2,08	1,50	14,60
30	4,16	1,36	19,05
30	8,32	1,61	22,48
30	12,48	1,96	15,93
60	0,00	1,85	13,23
60	2,08	2,10	17,03
60	4,16	1,75	17,33
60	8,32	1,75	19,45
60	12,48	1,89	16,23
120	0,00	2,22	11,67
120	2,08	1,83	13,63
120	4,16	2,20	15,80
120	8,32	1,91	18,43
120	12,48	1,79	21,23
180	0,00	2,11	13,40
180	2,08	2,05	12,65
180	4,16	2,21	14,65
180	8,32	1,57	15,98
180	12,48	2,05	16,88
Causa de Variação	G.L.Teste F.....	
Dose de (P ₂ O ₅)	4	20,961**	0,508ns
Dose de (Zn)	4	4,028**	3,843**
P ₂ O ₅ vs. Zn	16	4,012**	0,681ns
Blocos	3	0,202ns	20,570**
Resíduo	72		
Média (g/kg)		1,84	16,12
CV (%)		12,66	31,41

* - Significante ao nível de 5 %;

** - Significante ao nível de 1 %;

ns - Não Significativo.

$$P = 1,56396 + 0,00260(P_2O_5) - 0,00546(Zn)$$

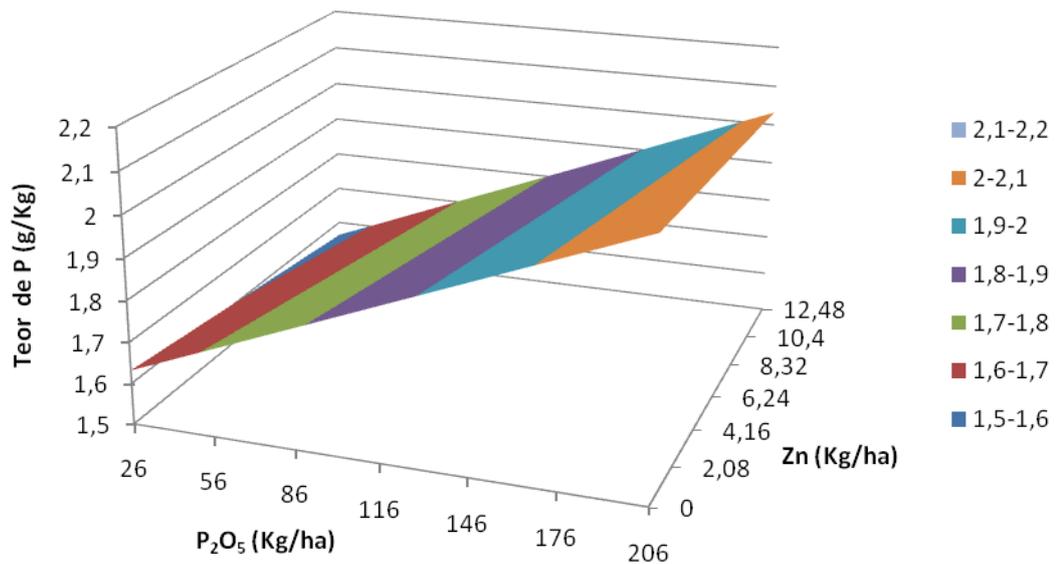


Figura 6 - Teores de P nas folhas (pecíolos) de mamoeiro híbrido “Tainung 01”, cultivado sob condição irrigado em (RQ), aos 6 meses após o plantio no campo em dez/2008, coletou-se folhas com uma flor recém aberta em sua axila. Russas-CE. (Dados médios de quatro repetições).

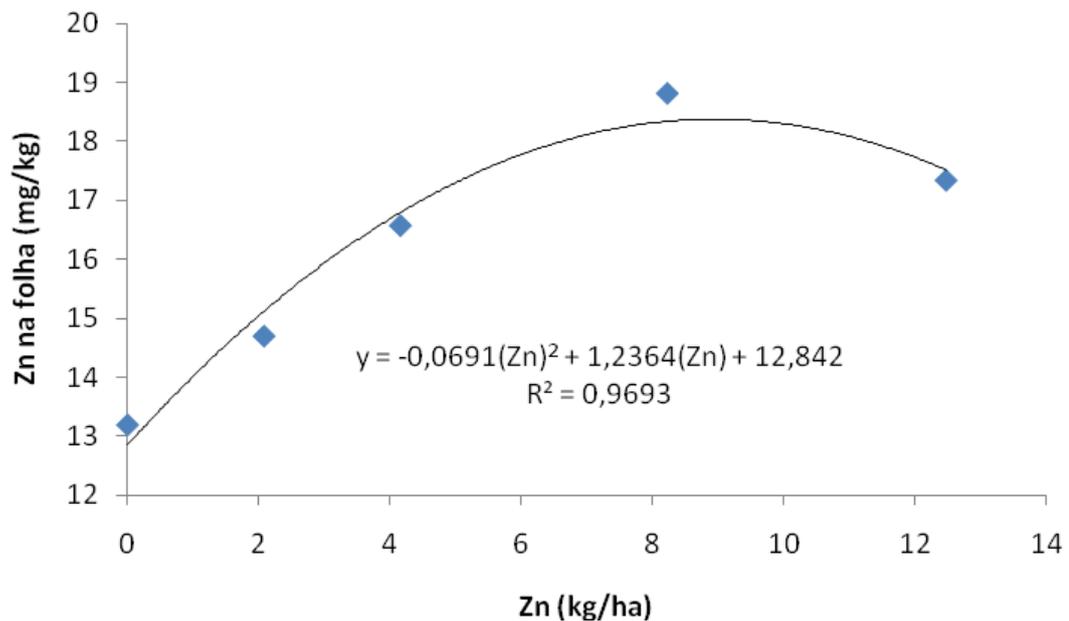


Figura 7 - Teores de Zn nas folhas (pecíolos) de mamoeiro híbrido “Tainung 01”, cultivado sob condição irrigado em (RQ), aos 6 meses após o plantio no campo em dez/2008, coletou-se folhas com uma flor recém aberta em sua axila. Russas-CE. (Dados médios de quatro repetições).

4.3 Avaliação de crescimento e produção

A interação entre adubação com Zn e fosfatada foi significativa para a altura da planta. Por sua vez, o perímetro do caule no colo da planta de mamoeiro não foi influenciado

por nenhum dos nutrientes estudados. A altura e circunferência observadas nas plantas variaram de 2,24 a 2,57 m e de 34,02 a 37,73 cm, respectivamente (Tabela 11).

A adubação com fósforo e zinco influenciou positivamente a altura das plantas de mamoeiro, aumentando linearmente com incremento da adubação com fósforo e zinco, a taxas de 0,2 cm e 1,5 cm por quilograma de P_2O_5 e Zn aplicado, respectivamente (Figura 8). Essa interação também foi observado em mudas de mangabeira, cupuaçuzeiro e maracujazeiro-amarelo, porém tiveram um comportamento quadrático (OLIVEIRA, 2000, FERNANDES, et al. 2003 e LIMA et al., 2007). Esse aumento linear na altura de plantas em resposta a adubação com P e Zn, pode ser devido a característica da planta de crescimento contínuo e indeterminado.

A menor altura (2,31 m) foi observada em plantas que receberam a menor adubação com fósforo (26 kg/ha) e dose zero de zinco e a maior altura (2,78 m) foi observada nas plantas que receberam as maiores adubações de fósforo e de zinco (Figura 16). Essa influência do fósforo e do zinco na altura das plantas pode ter sido devido ao transporte de carboidratos nas mesmas, regulado pelo P e pela síntese do triptofano, precursor do AIA (ácido indol-acético) promovido pelo o Zn (MALAVOLTA, 2006 e ALLOWAY, 2004).

Tabela 11: Altura da planta do colo até a gema apical, circunferência do caule à 30 cm do colo aos 7 meses e produtividade de plantas de mamão híbrido “Tainung 01”, cultivado sob condição irrigado em solo (RQ), por 6 meses de produção de janeiro a junho de 2009. A produção foi estimada em volume de caixa mutiplicado pelo peso médio da caixa cheia. Russas-CE. (Dados médios de quatro repetições).

Doses		Altura	Circunferência	Produtividade
P ₂ O ₅	Zn			
..... kg/ha		(m)	(cm)	(kg/ha)
0	0,00	2,24	35,10	30432
0	2,08	2,37	34,16	32257
0	4,16	2,44	36,79	37074
0	8,32	2,39	35,55	28170
0	12,48	2,30	35,66	39847
30	0,00	2,37	34,02	39409
30	2,08	2,37	34,73	28608
30	4,16	2,48	36,97	47619
30	8,32	2,48	37,73	58529
30	12,48	2,32	35,03	37657
60	0,00	2,31	34,42	38533
60	2,08	2,36	36,58	43350
60	4,16	2,45	35,22	45977
60	8,32	2,39	35,97	45539
60	12,48	2,55	37,10	39263
120	0,00	2,52	35,68	30359
120	2,08	2,44	35,89	49042
120	4,16	2,53	36,26	57800
120	8,32	2,42	36,30	44225
120	12,48	2,56	36,47	50210
180	0,00	2,48	35,89	38387
180	2,08	2,42	35,17	46269
180	4,16	2,52	35,58	59989
180	8,32	2,46	34,35	30213
180	12,48	2,57	36,31	29776
Causa de Variação	G.L. Teste F		
Dose de (P ₂ O ₅)	4	5,15**	0,37ns	4,00**
Dose de (Zn)	4	3,78**	1,24ns	5,04**
P ₂ O ₅ vs. Zn	16	1,84**	0,88ns	2,62**
Blocos	3	1,78ns	0,22ns	1,36ns
Resíduo	72			
Média		2,42	35,72	41141
CV (%)		4,21	5,85	25,46

* - Significante ao nível de 5 %;

** - Significante ao nível de 1 %;

ns - Não Significativo.

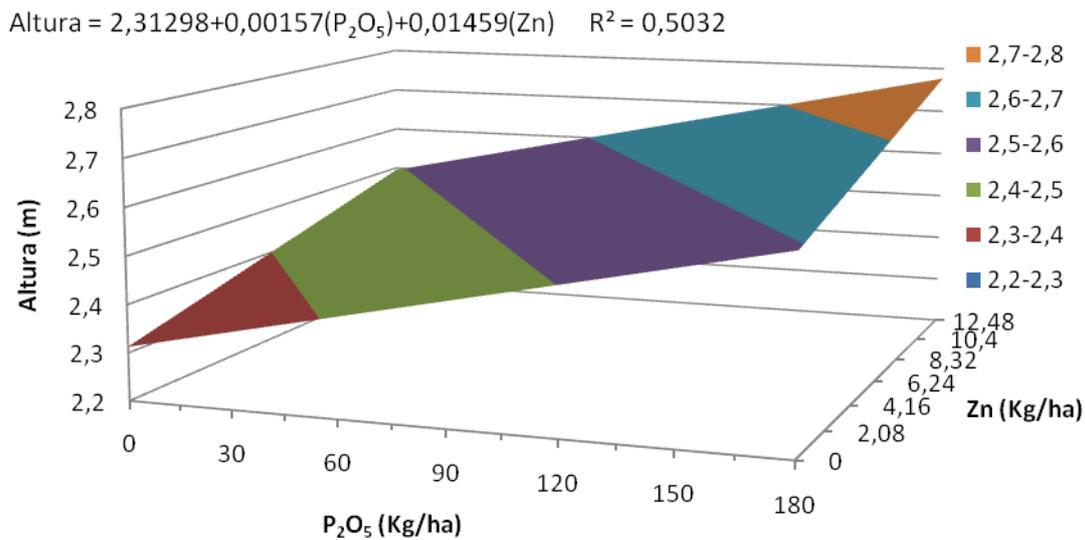


Figura 8 - Altura da planta do colo até a gema apical de mamoeiro híbrido “Tainung 01”, aos 7 meses após o plantio, cultivado sob condição irrigado em solo (RQ). Russas-CE, CCA/UFC. (Dados médios de quatro repetições).

A produtividade de frutos observada variou de 28.170 a 59.989 kg/ha, com média de 41.141 kg/ha (Tabela 11), essa produtividade não é comparativa com a de outros pomares, pois, é referente aos seis primeiros meses de produção. Porém, se considerarmos que no primeiro ano a produção dos últimos seis meses é maior do que os dos seis primeiros, podemos inferir que o pomar teria um alto rendimento, se cultivado até a um ano, quando comparando com outros pomares de alta produtividade do mamoeiro ‘Tainung 01’, que produz 80 t/ha/ano (OLIVEIRA et al., 2004).

A interação entre as doses de fósforo e zinco foi significativa para a produtividade (Tabela 11). A produtividade foi aumentada de forma quadrática para os dois nutrientes. A produtividade máxima estimada (51.135 kg/ha) foi alcançada em: 293 kg/ha de P₂O₅ e 9,83 kg/ha de Zn, respectivamente (Figura 9). Na menor dose de P₂O₅ (105 kg/ha) combinado com a dose zero de Zn, ocorreu a menor produtividade estimada do pomar (29.627 kg/ha).

Efeito da interação entre as adubações com fósforo e zinco sobre a produtividade, também foi relatada por Moreira et al. (2001), segundo os quais, a adubação com Zn somente afetou a produtividade de alface na presença do adubo fosfatado e, as maiores produtividades de alface foram obtidas combinando-se dose “médias” de Zn (1,5 μM.L⁻¹) com elevada dose de fósforo (6,0 mM.L⁻¹), diferentemente do que foi observado no presente trabalho (Figura 9), em que o Zn aplicado afetou a produtividade em todos os níveis de adubação com P₂O₅ e as maiores produtividades foram obtidas em combinação de doses médias tanto de Zn quanto de P₂O₅. Além das características intrínsecas de cada planta, uma possível explicação, é cultivo

hidropônico realizado no alface, que não recebeu influência do solo, como ocorreu no presente trabalho.

A dose de P_2O_5 (293 kg/ha) relacionada à máxima produtividade estimada nesse trabalho ficou superior a dose recomendada para o primeiro ano de cultivo para os estados da Bahia, São Paulo, Espírito Santos e Ceará (OLIVEIRA et al., 2004, SOARES & QUAGGIO, 1997, COSTA et al., 2003 e UFC, 1993), 180, 140, 100 e 60 kg/ha de P_2O_5 , respectivamente. É importante salientar que a recomendação para o estado do Ceará é uma recomendação antiga, que pouco condiz com as cultivares atuais e com o nível de produtividade alcançado hoje. Com isso, a dose encontrada nesse trabalho pode servir de melhor referencial para o primeiro ano de cultivo do que a recomendação atualmente existente.

A dose de Zn (9,87 kg/ha) relacionada à máxima produtividade estimada nesse trabalho também ficou superior as doses recomendadas para o de cultivo de mamão em São Paulo (SOARES & QUAGGIO, 1997) e Espírito Santos (COSTA et al., 2003), 5 kg/ha e dentro do intervalo de recomendação para o estado da Bahia (OLIVEIRA et al., 2004), 5 a 10 kg/ha de Zn, que é dependente da recomendação para o B na fonte de FTE, que leva Zn. Podemos verificar que de um modo geral as recomendações existentes para o Zn encontra-se abaixo do que o mamoeiro pode responder a esse nutriente, servido a dose desse trabalho como referencial de adubação para os solos (RQ) de nossa região.

Para o produtor o melhor referencial de adubação é o ponto de máxima eficiência econômica que foi obtido nas doses de 291 kg/ha de P_2O_5 e de 9,81 kg/ha, estando próximas das doses de máxima eficiência física. Lembrando que o ponto de máxima eficiência econômica é variável e dependente dos preços de comercialização da fruta e do preços de compra dos adubos.

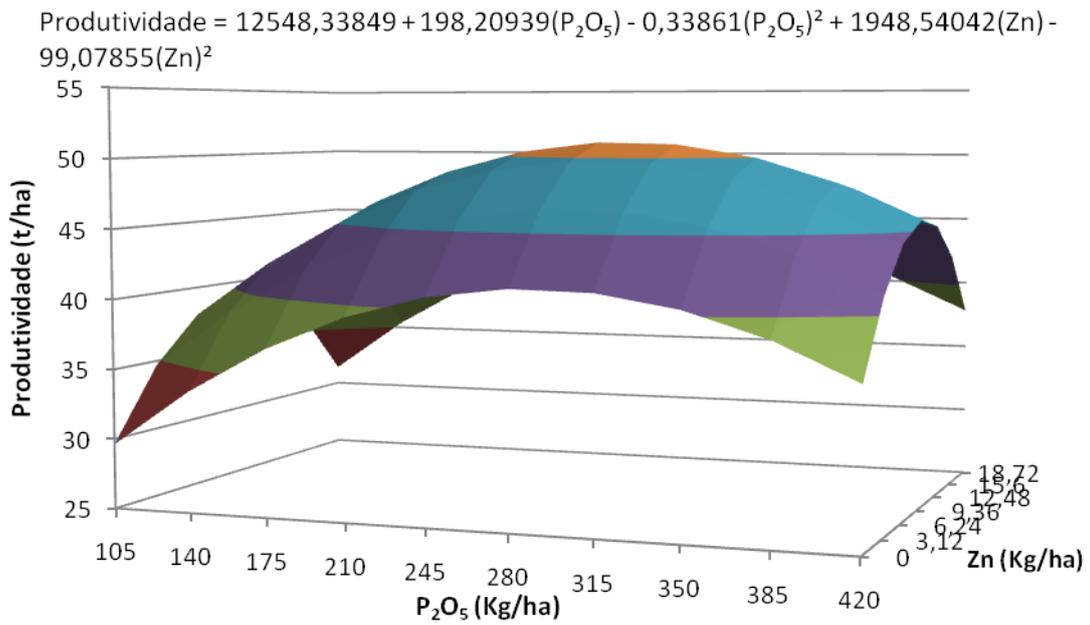


Figura 9 - Produtividade de mamoeiro híbrido “Tainung 01”, cultivado sob condição irrigado em solo (RQ), por 6 meses de produção de janeiro a junho de 2009. A produção foi estimada em volume de caixa mutiplicado pelo peso médio da caixa cheia. Russas-CE, CCA/UFC.

5 CONCLUSÕES

- 1) O fósforo influenciou na disponibilidade de Zn no solo, sem afetar os teores de Zn na folha (pecíolo) do mamoeiro.
- 2) O zinco influenciou as concentrações de fósforo no solo e na folha.
- 3) A adubação com P e Zn aumentou a altura da planta e não influenciou o perímetro do caule do mamoeiro.
- 4) A máxima produtividade estimada de frutos do mamão ‘Tainung 01’, foi alcançada na combinação das doses 293 kg/ha de P_2O_5 e 9,83 kg/ha de Zn e a máxima eficiência econômica foi alcançada nas doses de 291 kg/ha de P_2O_5 e 9,81 kg/ha de Zn.

REFERÊNCIAS

- AGBENIN, J. O. – Phosphate-induce zinc retention in a tropical semi-arid soil. *European Journal of Soil Science*, v. 49, p. 693-700, December 1998.
- ALLOWAY, B. J. – Zinc in Soil and Crop Nutrition. Brussels, Bélgica p.116, 2004.
- ALVAREZ, V.H. Avaliação da fertilidade do solo: superfícies de resposta – modelos aproximados para expressar a relação fator-resposta. Viçosa: UFV, 75 p., 1985.
- CAKMAK, I.; MARSCHENER, H. – Mechanism of Phosphorus-Induced Zinc Deficiency In Cotton. III. Changes In Physiological Availability of Zinc in Plants. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, v. 70, p. 13-20, 1987.
- CORRÊA, F. L. de O.; SOUZA, C. A. S.; MENDONÇA, V.; CARVALHO, J. G. de - Acúmulo de Nutrientes em Mudanças de Aceroleira Adubadas com Fósforo e Zinco. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 765-769, Dezembro 2002.
- CORRÊA, M. C. de M.; NATALE, W.; PRADO, R. de M.; OLIVEIRA, I. V. M; ALMEIDA, E. V. - Adubação com Zinco na Formação de Mudanças de Mamoeiro. *Rev. Caatinga*, Mossoró, v.18, n.4, p.245-250, out./dez. 2005.
- COSTA, A. N. da; COSTA, de F. S. da – A Cultura do Mamoeiro: Tecnologia de Produção. Editor: MARTINZ, D. da S., Vitória ES: Incaper, p. 201-227, 2003.
- COSTA, A.N. da. Uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no estado do Espírito Santo. 1995. 95f. Tese (Doutorado em Nutrição de Plantas) UFV, Viçosa, 1995.
- CHRISTENSEN, N. W.; JACKSON, T. L. – Potential for phosphorus toxicity in zinc-stressed corn and potato. *Soil Science Society America Journal*, Madison, v. 45, p. 904-909, 1981.

CUNHA, R.J.P. Marcha de absorção de nutrientes em condições de campo e sintomatologia de deficiência de macronutrientes e do boro no mamoeiro (*Carica papaya L.*), ESALQ, Piracicaba-SP, 131 P., 1979 (Tese de Doutorado).

DANTAS, J. L. L. - Mamão Produção - Aspectos Técnicos. Editor: TRINDADE, A. V. Cruz das Almas BA: Embrapa, P.9 e 15, 2000.

DANTAS, J. L. L.; NETO, M. T. de C. - Mamão Produção - Aspectos Técnicos. Editor: TRINDADE, A. V. Cruz das Almas BA: Embrapa, P.11-14 , 2000.

EMBRAPA - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412 p.

FAO - Disponível em: <http://www.faostat.org.br> Acesso em: 20 de novembro de 2006.

FERREGUETTI, G. A. - Papaya Brasil: Qualidade do Mamão para o Mercado Interno. Editor: MARTINZ, D. da S., Vitória ES: Incaper, p. 211-218, 2003.

FERNADES, A. R.; MELO, P. C.; CARVALHO, J. G. de – Crescimento e Absorção de Nutrientes por Mudas de Freijó (*Cordia goeldiana HUBER*). R. Árvore, Viçosa-MG, v.31, n. 4, p. 599-608, 2007.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G. de; MELO, P. C. - Efeito do Fósforo e do Zinco sobre o Crescimento de Mudas do Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum Schum*). Cerne, Lavras, v.9, n. 2, p. 221-230, jul./dez. 2003

FERNANDES, F. M.; CORRÊA, L. de S.; ISEPON, J. dos S.; BOLIANI, A. C. – Adubação do Mamoeiro (*Carica papaya*) cv. Sunrise solo; Qualidade do Fruto. Anais do XVIII CBF, Florianópolis - SC, 2004.

IBGE 2009. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> Acesso em: 28 de fevereiro de 2009.

LAMBERT, D. H., BAKER, D. E., COLE, H. Jr. – The Role of Mycorrhizae in the Interactions of Phosphorus with Zinc, Copper, and Other Elements. *Soil Science Society America Journal*, Madison, v. 43, p. 976-980, 1979.

LONERAGAN, J. F.; GROVE, T. S.; ROBSON, A. D.; SNOWBALL, K. – Phosphorus Toxicity as a Factor in Zinc-Phosphorus Interactions in Plants. *Soil Science Society America Journal*, Madison, v. 43, p. 966-972, 1979.

LONERAGAN, J. F.; GRUNES, D. L.; WELCH, R. M.; ADUAYI, E. A.; TENGAH, A.; LAZAR, V. A.; CARY, E. E. – Phosphorus Accumulation and Toxicity in Leaves in Relation to Zinc Supply. *Soil Science Society America Journal*, Madison, v. 46, p. 345-352, 1982.

LIMA, R. A. de F.; MENDONÇA V.; TOSTA M. da S.; REIS, L. L. dos; BISCARO, G. A.; CHAGAS, E. A. – Fósforo e Zinco no Crescimento de Mudas de Maracujazeiro-Amarelo. *Pesquisa Agropecuária Tropical* v. 37 n. 4, p. 251-256, dez., 2007.

MALAVOLTA, E. - Manual de Nutrição Mineral de Plantas. Ed. CERES, Esalq, São Paulo, p. 163-415, 2006.

MANARIN, S. A. – Combinações de Doses de Fósforo e de Zinco em Solução Nutritiva para o Capim-Tanzânia, Piracicaba – SP, 68.p, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queroiz, 2005.

MANICA, I.; MARTINS, D. dos S. – MAMÃO: Tecnologia de produção pós-colheita, exportação, mercados. Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre - RS, 361p. 2006.

MARSCHNER, H.; CAKMAK, I. – Mechanism of Phosphorus-Induced Deficiency in Cotton. II Evidence for Impaired Shoot Control of Phosphorus Uptake and Translocation Under Zinc Deficiency. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, v. 68, p. 491-496, 1986.

MEDINA, J. C. – Cultura, Matéria-Prima, Processamento e Aspectos Econômicos. *Séries Frutas Tropicais* N° 7, segunda edição, Campinas-SP: ITAL, P. 1-25 1995.

MOREIRA, M. A., FONTES, P. C. R.; CAMARGOS, M. I. de - Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade da alface. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 36, n. 6, p. 903-909, jun. 2001

OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. da S.; RAIJ, B. F.; MAGALHÃES, A. F. de J. – Nutrição, Calagem e Adubação do Mamoeiro Irrigado. Cruz das Almas BA: Embrapa, agosto de 2004 (Circular Técnica).

OLSEN, S. R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDASAY, W. L. Ed. *Micronutrients in Agriculture*. Soil Science Society of American, Madison, p. 243-264, 1972.

SAEED, M.; FOX, R. L. – Influence of phosphate fertilization on zinc adsorption by tropical soils. *Soil Science Society America Journal*, Madison, v. 43, p. 683-686, 1979.

SANTA-MARÍA, G. E.; MANFREDA, V. T.; COGLIATTI, D. H. – El nivel de suministro de fósforo afecta la absorción de zinc en plantas de trigo. *Rev. Fac. Agron., La Plata* 103 (1), p. 93-102, 1998.

SIDRA-IBGE, 2008 Acessado em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> Disponível em: 11/01/2008.

SILVA, F. C da – *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. Brasília: Embrapa, 370 p, 1999.

SOARES B.; QUAGGIO J.A. – Mamão, In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A; FURLANI ,A.M.C (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. p.145 (Boletim Técnico, 100).

SOUZA, M.da SILVA – Adubação com Fósforo e Zinco na Produtividade da Cultura da Bananeira, Cultivar Prata anã em Cambissolo. Fortaleza, UFC, 2002. (Dissertação de mestrado em solos e nutrição de plantas).

SOUZA, J. da S. - Mamão Produção - Aspectos Técnicos. Editor: TRINDADE, A. V. Cruz das Almas BA: Embrapa, P.10, 2000.

SOUZA, L. da S.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. M. G. - Mamão Produção - Aspectos Técnicos. Editor: TRINDADE, A. V. Cruz das Almas BA: Embrapa, P.16-17, 2000.

REETZ, ERNA, REGINA. [et. al] - Anuário Brasileiro da Fruticultura. Ed. Gazeta Cruz, Santa Cruz do Sul, 2007.

TODA FRUTA, 2008. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/> Acesso em: 04/11/2008.

UFC, 1993 - AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHÔA, S. S. P. e FERNANDES, V. L. B. – Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará. Fortaleza, CE. 48 P.: Universidade Federal do Ceará, 1993.

VITTI, C.; MALAVOLTA, E.; BRASIL SOBRINHO, O.C. Nutrição e adubação do mamoeiro. In: MAMÃO. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1988 P. 121-159.

WIKIMÁPIA, 2009. Disponível em: <http://wikimapia.org/4051301/pt/Russas-Cear%C3%A1-Brasil> Acesso em: 14/03/2009

WEBB, M. J.; LONERAGAN, J. F. – Effect of Zinc Deficiency on Growth, Phosphorus Concentration, and Phosphorus Toxicity of Wheat Plants. Science Society of American, Madison, p. 1676-1680, 1988.