



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

FABRÍCIO FERREIRA LIMA

**CRESCIMENTO E RENDIMENTO EM MAMOEIRO FORMOSA EM FUNÇÃO DE
DOSES DE BORO, FÓSFORO E ZINCO**

FORTALEZA

2014

FABRÍCIO FERREIRA LIMA

**CRESCIMENTO E RENDIMENTO EM MAMOEIRO FORMOSA EM FUNÇÃO DE
DOSES DE BORO, FÓSFORO E ZINCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- L698c Lima, Fabrício Ferreira.
 Crescimento e rendimento em mamoeiro formosa em função de doses de boro, fósforo e zinco
 / Fabrício Ferreira Lima. – 2014.
 70 f. il., color. enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
 Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza,
 2014.
 Área de concentração: Fruticultura.
 Orientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.
1. *Carica papaya*. 2. Mamão. 3. Adubação. 4. Fertilizantes. I. Título.

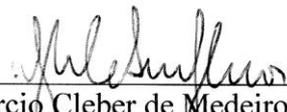
FABRÍCIO FERREIRA LIMA

**CRESCIMENTO E RENDIMENTO EM MAMOEIRO FORMOSA EM FUNÇÃO DE
DOSES DE BORO, FÓSFORO E ZINCO**

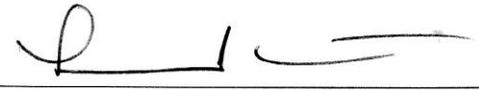
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Fitotecnia.

Aprovado: 25/07/2014.

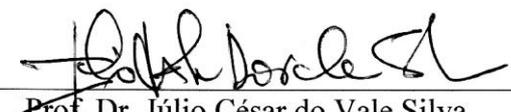
BANCA EXAMINADORA



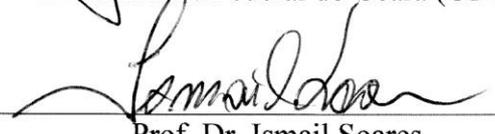
Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)



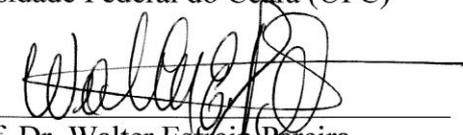
PhD Lindbergue Araujo Crisóstomo (Coorientador)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)



Prof. Dr. Júlio César do Vale Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Ismail Soares
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Walter Estrelin Pereira
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

A Deus, pela honra, glória saúde e força.

AGRADECIMENTOS

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

Ao PhD Lindbergue Araujo Crisóstomo, pela contribuição na melhoria do trabalho e imprescindível apoio nas análises laboratoriais.

Aos professores Júlio César do Vale Silva, Ismail Soares e Walter Esfrain Pereira por terem aceitado o convite de participação na banca e contribuições para melhoria do trabalho.

Ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), pelo auxílio financeiro: convênio Universidade Federal do Ceará-CCA-ACEG/BNB-FUNDECI-CONFRUTI.

À Associação dos Produtores Irrigantes e Exportadores do Baixo Acaraú - Ceará (EXPOFRUTI) e ao Dimas, pela concessão de área para cultivo e apoio logístico.

Ao CNPq, pela bolsa de estudo durante o curso.

À minha esposa Daniely Dyeimy pelo amor, companheirismo, cumplicidade, dedicação e pela concepção de nosso filho (Fabrício Filho).

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

Aos meus pais Flávio (*In memorian*) e Zêlda pelo amor e carinho.

Ao Ronialison, Mário, Lúcio e Danilo, que ajudaram na realização dessa pesquisa.

Aos colegas de curso, pelo prazer da convivência.

RESUMO

O mamoeiro é uma planta de rápido crescimento e produção contínua e por isso, necessita de uma nutrição balanceada. Nesta pesquisa foram feitos três experimentos em condições de campo, em Acaraú, CE, com o objetivo de avaliar o crescimento, a produtividade e a composição mineral do mamoeiro, decorrentes de doses de B, P e Zn. No primeiro experimento, os tratamentos foram constituídos em esquema fatorial $4 \times 4 + 1$, sendo quatro doses de B (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 kg ha⁻¹) e quatro parcelamentos (P1 = 100% da adubação com B aos 30 dias após o plantio (DAP); P2 = 50% aos 30 DAP e 50% aos 180 DAP; P3 = 50% aos 30 DAP, 25% aos 90 DAP e 25% aos 180 DAP; e P4 = 100% aos 180 DAP), mais um controle (0 kg ha⁻¹ de B), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. No segundo experimento, os tratamentos foram constituídos em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$, sendo três doses de P₂O₅ (100; 200 e 300 kg ha⁻¹) e três parcelamentos (P1 = 100% da adubação com P no plantio; P2 = 50% no plantio e 50% aos 180 DAP e P3 = 50% no plantio, 25% aos 90 DAP e 25% aos 180 DAP), mais um controle (0 kg ha⁻¹ de P₂O₅), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Já no terceiro experimento, os tratamentos foram constituídos de seis doses de Zn (7,8; 9,8; 11,8; 13,8; 15,8 e 19,8 kg ha⁻¹), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Foram avaliadas a altura da planta e a circunferência do caule aos 180 DAP; os teores de B, P e Zn no pecíolo foliar aos 210 e 360 DAP e no fruto aos 240 DAP e o rendimento dos mamoeiros entre 210 e 360 DAP. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para as doses de B, P e Zn foram ajustadas as equações de regressões e para os parcelamentos de B e P foram aplicados os testes de Tukey. O crescimento, os teores de B, P e Zn no pecíolo foliar e o rendimento foram afetados pelas doses B, P e Zn. Os máximos rendimentos foram alcançados nas doses de 2 kg ha⁻¹ de B, 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 10 kg ha⁻¹ de Zn. Já os teores no pecíolo foliar relacionados à máxima produtividade foram de 22 mg kg⁻¹ de B, 1,9 g kg⁻¹ de P e 12 mg kg⁻¹ de Zn aos 210 DAP.

Palavras-chave: *Carica papaya*, adubação e nutrição mineral

ABSTRACT

Papaya is a plant of rapid growth and continuous production and therefore requires a balanced nutrition. In this research three experiments were made under field conditions in Acaraú, CE, aiming to evaluate the growth, yield and mineral composition of the papaya plant stemming doses of B, P and Zn. In the first experiment, the treatments were arranged in factorial 4 x 4 + 1, being four B doses (0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 kg ha⁻¹) and four installments (P1 = 100 % of B fertilization at 30 days after planting (DAP), P2 = 50% at 30 DAP and 50% at 180 DAP; P3 = 50% at 30 DAP, 25% at 90 DAP and 25% at 180 DAP, and P4 = 100% to 180 DAP), plus a control (0 kg ha⁻¹ B), in experimental design of randomized blocks with four replications. In the second experiment, the treatments were in a factorial 3 x 3 + 1, three P₂O₅ doses (100, 200 and 300 kg ha⁻¹) and three installments (P1 = 100% of P fertilization at planting; P2 = 50% at planting and 50% at 180 DAP and P3 = 50% at planting, 25% at 90% DAP and 25% at 180 DAP), plus a control (0 kg ha⁻¹ P₂O₅) in experimental design of randomized blocks with three replications. In the third experiment, treatments consisted of six Zn doses (7.8, 9.8, 11.8, 13.8, 15.8 and 19.8 kg ha⁻¹) in experimental design of randomized blocks with three replications. Were evaluated plant height and girth stem at 180 DAP; B, P and Zn concentrations in the petiole leaf at 210 and 360 DAP and in the fruit at 240 DAP and the yield of papaya trees between 210 and 360 DAP. The experimental data were subjected to analysis of variance by F-test. To the B, P and Zn doses were adjusted regression equations and the B and P installments were applied Tukey test. The growth, the B, P and Zn concentration in the petiole leaf and the yield were affected by B, P and Zn doses. The maximum yields were achieved at doses 2 kg ha⁻¹ of B, 160 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 10 kg ha⁻¹ of Zn. Already the B, P and Zn concentration in the petioles related maximum yield was 22 mg kg⁻¹, 1.9 g kg⁻¹ and 12 mg kg⁻¹ at 210 DAP, respectively.

Keywords: *Carica papaya*, fertilizing and mineral nutrition

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Mamoeiro	11
2.1.1 Aspectos econômicos do mamoeiro.....	11
2.2 Nutrição mineral	12
2.2.1 Boro.....	14
2.2.1.1 Comportamento no solo	14
2.2.1.2 Função e importância para as plantas.....	15
2.2.1.3 Efeito no crescimento, produção e qualidade dos frutos	16
2.2.2 Fósforo	18
2.2.2.1 Comportamento no solo	18
2.2.2.2 Função e importância para as plantas.....	18
2.2.2.3 Efeito no crescimento, produção e qualidade dos frutos	19
2.2.3 Zinco.....	20
2.2.3.1 Comportamento no solo	20
2.2.3.2 Função e importância para as plantas.....	21
2.2.3.3 Efeito no crescimento, produção e qualidade dos frutos	22
2.3 Recomendação de adubação.....	23
REFERÊNCIAS.....	25

CAPÍTULO 2: Crescimento e rendimento do mamoeiro Formosa em função de doses e parcelamento de boro

RESUMO.....	30
ABSTRACT	31
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS.....	43

CAPÍTULO 3: Crescimento e rendimento do mamoeiro Formosa em função de doses e parcelamento de fósforo

RESUMO.....	46
ABSTRACT	47
1 INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4 CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS.....	57

CAPÍTULO 4: Crescimento e rendimento do mamoeiro Formosa em função de doses de zinco

RESUMO.....	59
ABSTRACT	60
1 INTRODUÇÃO	61
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	62
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
4 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS.....	69

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

As pessoas vêm aumentando a inclusão de frutas na sua dieta alimentar e o mamão é uma fruta presente na dieta dos brasileiros (MANICA, 2006). No Brasil, a cultura do mamão tem grande importância econômica, visto que o País apresenta-se como segundo maior produtor mundial dessa fruta (FAO, 2014) e tem o Ceará como o terceiro maior estado produtor do país (IBGE, 2014).

O mamoeiro é uma planta que, sob condições ideais de cultivo, apresenta produção intermitente de flores e frutos, o que torna, o seu requerimento por água e nutrientes em intervalos frequentes. Com isso, a obtenção de boa produtividade e qualidade de frutos está relacionada com uma nutrição balanceada.

O fósforo (P) é um nutriente estratégico no cultivo do mamoeiro no Brasil, pois a maior parte da cultura encontra-se implantada em solos de baixa fertilidade, principalmente, para esse nutriente (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Seu baixo teor no solo está relacionado ao seu alto poder de adsorção, com as superfícies dos colóides do solo, ou pela sua precipitação com outros nutrientes, dentre eles: cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e alumínio (Al) (HOLFORD, 1997).

O boro (B) é outro nutriente importante no cultivo do mamoeiro, pois é o micronutriente cuja sua deficiência ocorre com maior frequência (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Sua deficiência está relacionada ao seu baixo teor no solo e um dos fatores que mais afeta é o pH. A elevação do pH aumenta a adsorção desse nutriente nas superfícies dos colóides do solo e, conseqüentemente, diminui sua concentração de solução, como ocorre, com a aplicação de calcário na correção de solos ácidos (GOLDBERG, 1997).

Outro componente importante do solo que está envolvido na disponibilidade de B para as plantas é a textura. Solo de textura arenosa apresenta menos B do que solos argilosos, pois apresenta alto poder de adsorção e lixiviação para esse nutriente (SHORROCKS, 1997).

O zinco (Zn) é outro micronutriente cuja deficiência é comum nas culturas (MALAVOLTA, 2006). Segundo Kochian (2000), 30 % dos solos cultivados no mundo tem baixo teor desse nutriente.

Os locais onde o mamoeiro são mais cultivados no Brasil (Espírito Santo, Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte) (OLIVEIRA *et al.*, 2004 e IBGE, 2014) são, também, onde a deficiência de Zn ocorre com maior frequência, já que são regiões tropicais, que apresentam

solos de acidez elevada e textura arenosa, atributos relacionados ao baixo teor desse nutriente no solo (SADEGHZADEH, 2013).

A interação com outros nutrientes, também, influencia o teor de Zn no solo. Adubação com P diminui o teor de Zn no solo, devido a co-precipitação desses nutrientes (ALLOWAY, 2004). Como não existe uma recomendação de adubação para o Zn no mamoeiro, as altas adubações com P podem provocar uma deficiência de Zn nas plantas.

Apesar dos nutrientes supracitados serem importantes para a cultura, não existe, até o momento, na literatura brasileira qualquer estudo sobre doses de B, P e Zn no cultivo do mamoeiro irrigado, nas condições edafoclimáticas do Ceará.

Com isso, o objetivo deste experimento foi estudar o crescimento, a produção e os teores de B, P e Zn no pecíolo foliar e no fruto do mamoeiro Tainung 01, em função de doses de B, P e Zn.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mamoeiro

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é uma dicotiledônea pertencente à família Caricaceae, originária da América do Sul. É uma planta de ciclo semiperene, que vive por cerca de 5-10 anos, embora as plantações comerciais sejam replantadas mais cedo, em média dois anos, devido à incidência de viroses (TRINDADE, 2000).

As cultivares de mamoeiro mais usadas no Brasil são basicamente oriundas de dois grupos, Solo e Formosa. As cultivares do grupo Solo são aceitas e comercializadas tanto no mercado interno quanto externo, devido, principalmente, ao menor tamanho do fruto. Já as plantas do grupo Formosa são mais plantadas para o mercado interno, dada à alta produtividade, excelente qualidade dos frutos e preço mais baixo, apesar de que o mamão desse grupo, também, está sendo exportado para a Europa (COMEX, 2014).

No Brasil, os pomares de mamoeiro implantados com as cultivares do grupo Formosa são quase que exclusivamente feitos com Tainung 01. Essa cultivar é um híbrido F1, resultante do cruzamento de Sunrise Solo com um tipo de mamão de polpa vermelha da Costa Rica, desenvolvido na Estação Experimental de Fengshan, em Formosa, Taiwan (MANICA, 2006).

Os rendimentos dessa cultivar têm variado de 60 a 120 toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$) em diferentes locais, climas, tratos culturais e idade da planta. Os seus frutos têm uma polpa muito espessa e um peso que varia de 850 a 1.230 gramas (g). Sua forma é alongada ou obovada, quando originados de plantas com flores do tipo hermafroditas e de forma arredondadas, quando provenientes de flores do tipo feminino (MANICA, 2006).

2.1.1 Aspectos econômicos do mamoeiro

A área colhida com mamoeiro no mundo em 2012 foi de 435 mil hectare (ha), com uma produção de 12,4 milhões de toneladas (t), sendo a Índia, o Brasil, a Indonésia, a República Dominicana e a Nigéria, os maiores países produtores (FAO, 2014).

O Brasil, segundo maior produtor mundial, colheu 31 mil ha de mamoeiro e produziu 1,5 milhão t de mamão, no ano de 2012. Nesse mesmo ano, os maiores estados produtores do País foram: Bahia, Espírito Santo, Ceará, Rio Grande do Norte e Minas Gerais, com produções correspondentes a 45%, 32%, 6%, 5% e 3%, respectivamente (IBGE, 2014).

O Ceará, terceiro maior estado produtor, apresenta potencial de aumento na produção dessa fruta, já que possui intensidade luminosa adequada, o ano todo e disponibilidade de

água, nos seus perímetros irrigados. É o estado brasileiro que apresenta o maior número de perímetros irrigados, com quatorze dos trinta e cinco implantados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS, 2014). Dentre eles, o Araras Norte, o Baixo Acaraú, o Curu-Paraipaba, o Jaguaribe-Apodí e o Tabuleiro de Russas se destacam na produção de mamão.

Além da produção, o Brasil se destaca como o segundo maior exportador mundial de mamão. Em 2013, o Brasil exportou 2.347 t e arrecadou 4,1 milhões de dólares. A Holanda, o Reino Unido, a França, a Alemanha, o Canadá, o Portugal, a Itália, a Suíça, a Espanha, o Estados Unidos, o Luxemburgo e a Irlanda foram os países, onde o mamão brasileiro foi exportado (COMEX, 2014).

Atualmente, o Espírito Santo, a Bahia e o Rio Grande do Norte são os estados exportadores do País. O Ceará, por sua vez, tem potencial de configurar nessa lista, pois possui localização favorável, próximo aos países importadores e detém o principal porto de exportação de fruta fresca do País (porto do Pecém) (COMEX, 2014). Apesar disso, o Estado não apresenta uma cadeia produtiva organizada, para atender as exigências impostas pelos países importadores e não possui políticas públicas de incentivo, o que dificultam a exportação dessa fruta.

2.2 Nutrição mineral

Estudos com o mamoeiro, para determinar a absorção de nutrientes, demonstraram que a planta absorve quantidades relativamente elevadas de nutrientes, e apresenta exigências contínuas, atingindo o máximo aos 12 meses (CUNHA, 1979). A característica de colheitas intermitentes, a partir do início de produção, demonstra que a planta necessita de suprimentos de água e nutrientes frequentes, permitindo o fluxo contínuo de produção de flores e frutos.

A ordem dos macronutrientes mais acumulados na parte aérea, aos 360 dias de idade, é: potássio (K), nitrogênio (N), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S) e Fósforo (P), com 108, 104, 37, 16, 12 e 10 kg ha⁻¹, respectivamente. Já a ordem dos micronutrientes é: Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Boro (B), Cobre (Cu) e Molibdênio (Mo) 338, 211, 106, 102, 30 e 0,25 g ha⁻¹, respectivamente (CUNHA, 1979).

Para avaliar a resposta de crescimento e produção da planta a um nutriente é importante avaliar, além da quantidade absorvida, a sua distribuição em seu interior. Quanto maior a concentração do nutriente nas partes reprodutivas da planta (flores e frutos), maior será a sua resposta na produção.

No primeiro ano de cultivo, as menores quantidades relativas acumuladas nos órgãos reprodutivos do mamoeiro, entres os macronutrientes, são o Mg e o Ca, representando, respectivamente, taxas de 12,5% e 13,5% dos totais absorvidos. Já o P é mais é acumulado nas flores e frutos (30% do total absorvido). Enquanto N, K e S apresentam acumulações nos órgãos reprodutivos, na faixa de 24 a 25% dos totais absorvidos.

Entre os micronutrientes, o Mo é, em termos relativos, o mais acumulado nas flores e frutos (36% do total absorvido). Já as taxas de acumulação do B, Cu e Zn nos órgãos reprodutivos, situam-se em torno de 20%. O Mn e Fe, apesar das maiores quantidades absorvidas, apresentam menores taxas relativas de acumulação (14 e 16%) nas flores e frutos (CUNHA, 1979).

Para avaliar o estado nutricional da planta utiliza-se, principalmente, a análise química das folhas. Para o mamoeiro, existem controvérsias quanto ao tecido foliar que melhor representa o seu estado nutricional. Alguns autores estabeleceram os índices nutricionais, tomando como base o limbo foliar (CUNHA, 1979 e MARINHO, 2002) e outros o pecíolo (ALMEIDA *et al.*, 2002 e COSTA, 1995).

No trabalho de Costa (1995) desenvolvido na região produtora de mamão do Norte do Espírito Santo, foram estabelecidos padrões de referências para o desenvolvimento do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para o mamoeiro e obteve no pecíolo da folha, as melhores correlações para determinar o estado nutricional da planta. Além disso, foi constatado, que a quantidade de água disponível para as plantas, também influenciou os teores de nutrientes nas folhas, de maneira que a época da seca apresentou os melhores índices nutricionais ajustados. Nesse trabalho, os teores de B, P e Zn relacionado à máxima produtividade das plantas foram de 23,1 mg kg⁻¹, 1,6 g kg⁻¹ e 15,3 mg kg⁻¹ na época seca e 25,2 mg kg⁻¹, 1,7 g kg⁻¹ e 10,5 mg kg⁻¹ na época chuvosa, respectivamente.

Marinho *et al.* (2002) avaliaram o estado nutricional de seis cultivares dos grupos Solo e Formosa e os índices obtidos no pecíolo foliar foram de 20 a 28 mg kg⁻¹ para o B; 2,5 a 3,5 g kg⁻¹ para o P e 13 a 18 mg kg⁻¹ para o Zn. Em outro trabalho conduzido por Almeida *et al.*, (2002) foram avaliados os teores de nutrientes na folha sob diferentes laminas de irrigação. Os teores de B, P e Zn no pecíolo foliar correlacionado com a máxima produção da cultivar Improved Sunrise Solo 72/12 foram de 14,6 mg kg⁻¹, 3,5 g kg⁻¹ e 12,2 mg kg⁻¹, respectivamente.

Além da folha, outro tecido que pode ser utilizado na avaliação do estado nutricional da planta é o fruto. Cunha; Haag (1980 b) encontraram em pomares produtivos de mamoeiro, os teores médios de 43 mg kg⁻¹, 11,3 g kg⁻¹ e 70 mg kg⁻¹ para o B, P e Zn, respectivamente.

Ainda nesse estudo, os autores analisaram os teores médios dos nutrientes em diversas partes do fruto (casca, polpa e semente) e verificaram que o P e o Zn tiveram os maiores teores nas sementes (46 e 61 %, respectivamente) e o B, na casca dos frutos (40 %). Essas análises mostram o papel desses nutrientes na reprodução e formação dos frutos.

2.2.1 Boro

2.2.1.1 Comportamento no solo

O B encontra-se na solução do solo, geralmente, na forma de ácido bórico e seu conteúdo na solução do solo é mais importante para a nutrição das plantas do que o conteúdo total. O suprimento desse nutriente para a solução é feito, principalmente, pela matéria orgânica. Já os minerais de argilas, normalmente, não fazem esse controle, pois são insolúveis (Turmalina) ou muito solúveis (minerais hidratados de B) (GOLDBERG, 1997).

A disponibilidade desse nutriente na solução está relacionada com o poder de adsorção do solo e esse é influenciado, principalmente, pelo pH, textura e teor de óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al). O pH da solução é um dos fatores que mais afeta a adsorção desse nutriente com as superfícies dos colóides do solo. O aumento do pH eleva a adsorção desse nutriente e conseqüentemente, diminui a sua concentração na solução, resultando menos B para as plantas. Essa relação se mantém até o pH 9,0 e, acima disto, se inverte. Portanto, a aplicação de calcário na correção de solos ácidos pode resultar na deficiência de B para as plantas (SHORROCKS, 1997).

Outro fator importante é a textura do solo. Em solos arenosos o conteúdo do B total e solúvel em água é menor e, como resultado, a deficiência desse nutriente é mais comum do que em solos argilosos. Entretanto, uma menor quantidade de B é necessário para corrigir a deficiência em solos arenosos do que nos solos argilosos, devido à adsorção ser mais forte nesse último (SHORROCKS, 1997).

Os óxidos de Fe e Al são também muito importantes na adsorção de B. Solo com maior concentração de óxido de Al tem maior poder de adsorção do que os solos ricos em óxidos de Fe. Fator esse devido à maior área de superfície dos óxidos de Al, apesar do poder de adsorção por metro quadrado ser de mesma magnitude para ambos (GOLDBERG, 1997).

Além da adsorção, o B pode ser reduzido na solução do solo pela lixiviação. Solos arenosos retém menos água do que solos argilosos e conseqüentemente, apresenta um maior perda desse nutriente por lixiviação. O mesmo ocorre com a matéria orgânica. Solos com

baixo teor de matéria orgânica apresenta uma maior perda de B por lixiviação do que solos com alto teor de matéria orgânica (GOLDBERG, 1997).

2.2.1.2 Função e importância para as plantas

O B é um micronutriente essencial para as plantas e está envolvido no transporte de açúcares; na síntese, lignificação e estruturação da parede celular; no metabolismo dos carboidratos; no metabolismo do RNA; na respiração; no metabolismo do ácido índol-acético (AIA); no crescimento do tubo polínico; no metabolismo do nitrogênio; no metabolismo dos fenóis e ascorbato, e na integridade da membrana plasmática (CAMACHO-CRISTÓBAL, 2008).

A planta absorve B na forma de ácido bórico por três processos diferentes: difusão passiva, canais facilitadores e transportadores ativos (MIWA; FUJIWARA, 2010). O que determina o processo de absorção é teor desse nutriente no solo. Em condições adequada ou excessiva de B, a absorção ocorre pela difusão passiva através da bicamada lipídica (RAVEN, 1980), ou por canais do grupo MIP (DORDAS *et al.*, 2000). Já em baixo teor no solo ocorre o transporte ativo, pela proteína do grupo BOR, como identificou Tanaka; Fujiwara (2008) em células das raízes de arroz.

A mobilidade do B no floema da planta é variável entre as espécies. Konsaeng *et al.* (2005) estudou a mobilidade desse nutriente em diferentes espécies tropicais, analisando os teores de B nas folhas, em diferentes idades (folhas jovens, maduras e velhas). Entre as 17 espécies estudadas: caju, manga, pinha, mandioca, noqueira indiana, cortiça, carambola, maracujá, limão e lichia, o B apresentou-se imóvel, já em tamarindo, goiaba e teca, o B foi móvel e em mamão, jaca, café e longan foram inconclusivos.

Na deficiência de B, o crescimento das raízes e a expansão foliar são reduzidos e a reprodução é prejudicada. O baixo teor desse nutriente reduz o crescimento do tubo polínico e prejudica a microsporogênese e a embriogênese, o que resulta no aborto de semente, embriões incompletos e frutos mal formados (DELL; HUANG, 1997).

No mamoeiro, a deficiência desse nutriente afeta os pontos de crescimento da parte aérea e raízes; os frutos se apresentam mal formados, com aspectos encaroçados e, com escorrimento de látex pela casca (WANG; KO, 1975). Ocorrem ainda, abortamentos de flores em períodos de estiagem, produção de frutos de forma alternada no tronco, folhas amareladas com pecíolos curtos e sistema vascular escurecido (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Além do efeito direto da deficiência de B, podem ocorrer outros distúrbios no metabolismo das plantas, devido à interação com outros nutrientes, como o que ocorre com o K. A absorção desse nutriente aumenta com o B e quase não ocorre na sua ausência, ou seja, muitos casos de deficiência aparente de K podem ser de fato, deficiência de B. O mesmo ocorre com o P, pois o B tem papel importante no transporte desse nutriente através das membranas. Outro exemplo ocorre com o Zn para o ótimo funcionamento da ATPase e do sistema redox da membrana plasmática, que só ocorrerá se estiver aliado com teor adequado de B. Por fim, o B inibe a enzima uréase, o que torna a adubação foliar combinada com nitrogênio ineficiente (POWER; WOODS, 1977).

A toxicidade de B é outro distúrbio importante para o crescimento e produção das plantas, pois reduz a divisão celular das raízes, o teor de clorofila, a taxa fotossintética e os níveis de lignina e suberina (CAMACHO-CRISTÓBAL *et al.*, 2008).

A toxidez desse nutriente ocorre, principalmente, em solos de regiões áridas e semiáridas. Nessas regiões, altas concentrações podem ocorrer naturalmente no solo e nas águas subterrâneas, ou ser adicionados ao solo, por fertilizantes e água de irrigação (NABLE *et al.*, 1997).

O típico sintoma de toxidez de B, entre uma larga variedade de espécies de plantas, é a formação de manchas cloróticas ou necróticas nas folhas, muitas vezes às margens e nas pontas das folhas mais velhas (CAMACHO-CRISTÓBAL *et al.*, 2008). Porém, nas espécies em que o B é móvel no floema, os sintomas de toxicidade são de desordens nos frutos, necrose na casca e morte dos tecidos do câmbio (BROWN; HU, 1996).

2.2.1.3 Efeito no crescimento, produção e qualidade dos frutos

O efeito da adubação com B no crescimento das plantas é visto em diversas culturas. No trabalho com trevo, esta adubação favoreceu o crescimento da raiz e parte aérea, mesmo sendo cultivado em solo ácido, com elevado teor de alumínio (FAVARETTO *et al.*, 2007). No trabalho de Pizzeta *et al.* (2005), o brócolis, a couve-flor e o repolho tiveram resposta de crescimento a adubação com B e dentre essas culturas, a couve-flor foi a mais sensível à deficiência e ao excesso deste nutriente. O B também influenciou o crescimento de mudas de mamoeiro, no aumento do número de folhas e crescimento das raízes e parte aérea (SILVA, 2014 e PAYAN *et al.*, 2003).

O efeito positivo do B, também, é observado na produção e na qualidade dos frutos. Mangueira pulverizadas com 0,5% de bórax mostraram máximo rendimento, peso e volume

do fruto, bem como, valores superiores de sólidos solúveis totais (SST), açúcares redutores e não redutores (BHATT *et al.*, 2012). Na região Amazônica do Brasil, foi estudado o efeito do B sobre o rendimento e a qualidade do fruto da banana ‘Cavendish’. Verificou-se que esse nutriente influenciou, positivamente, o rendimento de frutos, a relação polpa/casca e a resistência do fruto à penetração (MOREIRA *et al.*, 2010). Já em morangueiro, a aplicação foliar de B aumentou o número, o diâmetro e a produção das frutas (LEMISKA *et al.*, 2014).

Além da quantidade de B, a forma, a época de aplicação e o parcelamento são importantes no seu efeito de resposta na produção das plantas. Em laranja Pêra, a adubação complementar com B no solo foi mais eficiente do que a aplicação via foliar. Além disso, o B aplicado na época mais seca teve a maior amplitude de resposta, provavelmente, devido a sua função no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (QUAGGIO *et al.*, 2003). Na cultura do girassol, esse nutriente aplicado parcelado teve melhor aproveitamento e, conseqüentemente, melhor crescimento e produção das plantas (GRIESANG *et al.*, 2012).

Outro fator importante é a interação do B com outros nutrientes. No trabalho de Echer *et al.* (2009) com batata doce, a aplicação de K aumentou o teor foliar de B. Em Jeyakumar *et al.* (2001) a aplicação de bórax a 0,1% só teve efeito no crescimento, na produtividade e na qualidade dos frutos do mamoeiro, quando combinado com aplicação de 0,5% de sulfato de Zn. Além da interação com outros nutrientes, a disponibilidade de B para as plantas é influenciada pela quantidade de água no solo. No mamoeiro, o aumento das lâminas de irrigação aumentou os teores de B nas folhas das plantas (ALMEIDA *et al.*, 2002).

A produção das plantas muitas vezes não é influenciada pela adubação com B, mas a qualidade dos frutos sim. Brito Neto *et al.* (2011) avaliaram a produtividade e a qualidade dos frutos de mamoeiro em função de doses de N e B, em experimento de campo. Nesse trabalho, a adubação com B não teve influência na produção das plantas, mas melhorou a qualidade dos frutos em diâmetro, teor de sólidos solúveis totais e espessura da casca.

Wang; Ko (1975) constataram que a má formação dos frutos de mamoeiro se deve a deficiência de B. Nesse estudo, o teor de B em plantas “doentes” foi quase quatro vezes menor do que em plantas saudáveis e a solução de bórax a 0,25% foi eficiente para o controle da deficiência desse nutriente.

2.2.2 Fósforo

2.2.2.1 Comportamento no solo

Dentre os macronutrientes essenciais, o P é o menos acessível para as plantas. Estima-se que a produtividade das culturas é limitada pela deficiência de P em mais de 40% das terras cultivadas no mundo (VANCE, 2001). Muitos solos são inerentemente pobres em P disponível, principalmente, os arenosos, alcalinos e altamente intemperizados dos trópicos e subtropicais. Inclusive são nesses solos, onde os principais cultivos de mamoeiro do Brasil se encontram (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

A concentração de P na solução do solo geralmente é baixa, pois é rapidamente adsorvido nas superfícies dos colóides do solo ou são precipitados como fosfatos de Ca, Mg, Fe e Al. Além disso, o P mineral pode também, eventualmente, ser transformado na forma orgânica, um processo conhecido como a imobilização microbiana. Em razão disso, a eficiência dos fertilizantes em disponibilizar P para as culturas é baixa, inferior a 20% (HOLFORD, 1997).

Outro fator que torna o P limitante para as culturas é o seu pequeno movimento no solo por difusão ($1-2 \text{ mm dia}^{-1}$). Desta forma, apenas o P que se encontra a esta distância das raízes está estrategicamente disponível para ser absorvido (GRANT *et al.*, 2001).

Algumas formas para melhorar a absorção do P mineral vêm sendo estudadas e uma delas é ajuste de aplicação dos fertilizantes fosfatados. Em solos com elevada capacidade de fixação de P, a aplicação em sulco aumenta a absorção deste nutriente, quando comparado com a aplicação a lanço. Além disso, reduz a capacidade tampão do solo, aumentando assim a mobilidade de íons fosfato na solução do solo e sua difusão em direção à raiz (BALEMI; NEGISHO, 2012).

A época de aplicação é outro fator a ser considerado. O suprimento adequado de P nos estádios iniciais de crescimento da planta é essencial para o ótimo rendimento da cultura. Por outro lado, a deficiência nesse estágio restringe o crescimento, condição da qual, a planta não mais se recupera. A falta de P no período mais tardio do ciclo tem menor impacto na produção da cultura do que a no início. Apesar disso, é importante que seu fornecimento continue também nas fases posteriores de desenvolvimento da planta (GRANT *et al.*, 2001).

2.2.2.2 Função e importância para as plantas

O P é absorvido, principalmente, na forma de íon fosfato ($\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$). É um elemento com funções estruturais e metabólicas, pois faz parte das moléculas de DNA e RNA; participa

das reações de transferência de energia por meio do ATP; entra na composição de enzimas catalíticas, como a fosfatoquinase; participa como regulador da síntese de amido e no transporte de carboidratos nas células e pode ainda, ser utilizado como nutriente de reserva em sementes na forma de polifosfatos e de fitatos (BALEMI; NEGISHO, 2012). Na formação de colheita, acelera a formação das raízes, aumenta o pegamento da florada, regula a maturação dos frutos e aumenta a viabilidade das sementes e o teor de carboidratos (MALAVOLTA, 2006).

A deficiência de P restringe o crescimento radicular e reduz a respiração e a fotossíntese, além de reduzir a síntese de ácido nucleico e de proteína, induzindo a acumulação de compostos nitrogenados solúveis no tecido. Finalmente, o crescimento da célula é retardado e potencialmente paralisado. Como resultado, os sintomas de deficiência de P incluem diminuição na altura da planta, atraso na emergência das folhas, redução nas brotações, no desenvolvimento das raízes secundárias, na produção de matéria seca e na produção de sementes (GRANT *et al.*, 2001).

No mamoeiro, o sintoma da deficiência aparece inicialmente nas folhas mais velhas, que apresentam um mosqueado amarelo ao longo das margens. Com a evolução da carência, as áreas amarelas tornam-se necróticas e as folhas apresentam as pontas dos lóbulos e as margens enroladas para cima. Posteriormente, as folhas amarelecem completamente e soltam-se do tronco. As folhas novas apresentam-se menores e com tonalidades verde-escuras (CUNHA; HAAG, 1980 a).

2.2.2.3 Efeito no crescimento, produção e qualidade dos frutos

O efeito da adubação fosfatada no crescimento e produção das plantas é visto em diversas culturas. Em repolho, aumentou a produtividade, a área e a massa seca foliar (CECÍLIO FILHO *et al.*, 2013). Em mangueira, aumentou o diâmetro do caule (MELLO, 2010). Em acerola, aumentou a altura das plantas e as massas secas das raízes e parte aérea (BALOTA *et al.*, 2010) e em mamoeiro, aumentou o número de folhas, o diâmetro do caule, a altura das plantas e a produção de frutos (MINHONI; AULER, 2003; LIMA, 2009).

Em alguns trabalhos não foram observados efeito do P no crescimento e produção das plantas, como em Oliveira *et al.* (2004), Mattos Junior *et al.*, (2004) e Spironello *et al.* (2004), com abacaxizeiro, tangerineira e mamoeiro, respectivamente.

Vários fatores podem influenciar a resposta do P na nutrição, crescimento e produção das plantas. Dentre esses, está à interação com outros nutrientes. No trabalho de Lima (2009),

a adubação com Zn diminuiu os teores foliares de P e o seu efeito na produção dos mamoeiros. Nesse trabalho, a máxima produtividade foi alcançada nas doses combinadas de 188 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 9,81 kg ha⁻¹ de Zn. Em milho, a adição de P aumentou significativamente a produção de grãos e esse efeito foi mais expressivo na presença de Zn (SOUZA *et al.*, 1998). Já em mudas de mamoeiro, a aplicação de Mg afetou os teores de P da parte área e seu efeito na resposta de crescimento das mudas (VICHATO *et al.*, 2009).

A disponibilidade de água no solo é outro fator importante na absorção de P pelas plantas. Em Almeida *et al.* (2002) e Scalco *et al.* (2014) nas culturas do mamão e café, respectivamente, o aumento das lâminas de irrigação favoreceram a maior absorção de P. Geralmente essa resposta ocorre como consequência da interceptação do crescimento radicular, que é favorecida pela umidade dos solos.

A associação da planta com fungos micorrízicos, também, aumenta a eficiência de absorção desse nutriente. Em Minhoni; Auler (2003), a inoculação do fungo *Glomus macrocarpum* reduziu a necessidade de P para o mamoeiro, medida pelos ganhos em diâmetro de caule, altura e número de folhas.

2.2.3 Zinco

2.2.3.1 Comportamento no solo

A deficiência de Zn é a mais difundida entre os micronutrientes nas terras agrícolas no mundo, causando diminuição do rendimento e qualidade nutricional das plantas (KOCHIAN, 2000). Os locais onde a deficiência ocorre com maior frequência são nas regiões tropicais, com solos altamente intemperizados; em áreas de clima árido e semi árido e nos solos com acidez elevada ou com textura arenosa, por serem locais com baixo teor de Zn (HACISALIHOGU; KOCHIAN, 2003). Sua disponibilidade depende do conteúdo total, pH do solo, matéria orgânica, umidade, distribuição das raízes e interação com outros nutrientes (SADEGHZADEH, 2013).

Os solos arenosos, normalmente, têm baixa disponibilidade de Zn, pois apresentam baixo teor de Zn total. Por exemplo, a deficiência em plantas cultivadas em solos ácidos está, geralmente, associada ao baixo teor total de Zn no solo. Nestes casos, a deficiência deste nutrientes está relacionada a sua deficiência absoluta, em vez da sua disponibilidade (HACISALIHOGU; KOCHIAN, 2003).

Um dos fatores que afeta a disponibilidade de Zn é a variação do pH do solo. O aumento do pH estimula a adsorção de Zn na superfície de vários constituintes do solo, tais como, os óxidos metálicos e os minerais de argila. Isso resulta em diminuições na solubilidade e disponibilidade de Zn para plantas. A elevação do pH diminui a dessorção de Zn do solo, o que, também, reduz a sua disponibilidade para as plantas, como o que ocorre com calagem em solos ácidos (BROADLEY *et al.*, 2007).

Outro fator que contribui para a sua deficiência é teor de matéria orgânica do solo. Disponibilidade de Zn para as plantas, normalmente, é baixo em solos com alto teor de matéria orgânica, devido ao aumento da adsorção de Zn por ligantes e componentes orgânicos (SADEGHZADEH, 2013).

Além da matéria orgânica, a baixa umidade do solo pode provocar a deficiência de Zn. A umidade do solo afeta o fornecimento do nutriente, por causa da alteração da sua difusão à superfície radicular. Dado que, essa difusão é altamente dependente da umidade do solo. A nutrição de Zn para as plantas pode estar em risco nas regiões áridas e semi áridas, onde os solos são, geralmente, deficientes de água, durante o crescimento das plantas (SADEGHZADEH, 2013).

A interação do Zn com outros nutrientes diminui a sua disponibilidade, distribuição e utilização pelas plantas. Interações de Zn com P e N é o mais importante e difundido em solos com a limitação de fornecimento desses nutrientes. Alto nível de N aplicado, na ausência de Zn pode causar deficiência deste último por efeito de diluição. Altos níveis de P no solo, também, pode aumentar os sintomas de deficiência de Zn, devido a co-precipitação de ambos, na forma de ZnO_3 e PO_4^{2-} . Além disso, sob a limitação de P e Zn, a adubação de P provoca deficiência de Zn, por diluição, como resultado da estimulação do crescimento da planta (ALLOWAY, 2004).

2.2.3.2 Função e importância para as plantas

O Zn atua na planta como elemento funcional, estrutural e regulador de um largo número de enzimas. O Zn estrutural é encontrado em complexos de baixo peso molecular como nos aminoácidos. Como regulador de enzimas, está presente em todas as seis classes: oxirredutases, transferases, hidrolases, liases, isomerases e ligases (ALLOWAY, 2004).

Este nutriente está envolvido na integridade das membranas e metabolismo dos carboidratos, proteínas e auxinas. Na integridade das membranas, promove a orientação estrutural das macromoléculas e manutenção dos sistemas de transporte de íons, além de

controlar a geração de espécies reativas de oxigênio. No metabolismo dos carboidratos, tem efeito na fotossíntese e na transformação de açúcares. No metabolismo das proteínas, regula a quantidade de RNA e a estruturação e formação dos ribossomos. Já no metabolismo das auxinas, está envolvido na síntese do triptofano, que é o precursor do AIA (ALLOWAY, 2004).

O Zn é absorvido pelas raízes da planta principalmente como cátion divalente (Zn^{2+}). O mesmo atinge a superfície das raízes, por meio do fluxo de massa, difusão e mecanismos de interceptação das raízes. Em solos que apresentam teor relativamente alto de Zn e disponibilidade de água, o fluxo de massa torna-se o mecanismo dominante de transporte de Zn para as plantas. Quando o teor de Zn é baixo a difusão desempenha importante papel no transporte deste nutriente. Em contraste com o fluxo de massa, a difusão opera apenas no volume de solo em torno das raízes. Já a interceptação dos nutrientes pelas raízes é um importante mecanismo para a absorção do Zn imóvel e contido nas camadas mais profundas do solo (SADEGHZADEH, 2013).

O Zn tem baixa mobilidade no floema da planta. Os micronutrientes catiônicos, tais como Mn, Zn, Fe, Cu e Ni, é pouco retranslocado, devido ao alto nível de fosfato e pH elevado do floema. Por isso, os primeiros sintomas de deficiência desse nutriente são observados nos tecidos jovens da planta (SADEGHZADEH, 2013).

No mamoeiro, a deficiência inicial de Zn reduz o crescimento da planta e, posteriormente, aparecem os primeiros sintomas visíveis de clorose internervural nas folhas jovens (COSTA *et al.*, 2003). Nos casos de deficiência severa, ocorre a necrose das bordas e das nervuras principais do limbo, juntamente com o encurtamento dos internódios do caule da planta (NAUTIYAL *et al.*, 1986).

2.2.3.3 Efeito no crescimento, produção e qualidade dos frutos

O efeito da adubação com Zn no crescimento das plantas é visto em algumas culturas e essa resposta é devido ao seu papel na síntese do hormônio de crescimento (AIA). Em mudas de mamoeiro, favoreceu o maior acúmulo de matéria seca e altura da parte aérea das plantas (CORRÊA *et al.*, 2005).

A resposta do Zn no crescimento da planta, na qualidade dos frutos e na produção das culturas pode ser alterada pela interação com outros nutrientes. A aplicação de P causou redução no teor de Zn na planta e afetou negativamente o crescimento em mudas de Freijó e plantas de mamão (FERNANDES *et al.*, 2007 e LIMA, 2009). Em outro trabalho com

mamoeiro, a aplicação foliar de 0,5% de sulfato de Zn aumentou o crescimento, a produtividade e a qualidade dos frutos quando combinado com aplicação foliar de 0,1% de bórax (JEYAKUMAR *et al.*, 2001). Em plantas adultas de mangueira, o efeito da aplicação foliar de Zn, combinado com Fe e B, melhorou a qualidade dos frutos, resultando em mangas menos ácidas, com maior teor de SST e ácido ascórbico (MOAZZAM *et al.*, 2011). No trabalho com romã, o efeito de Zn foi significativo para SST, relação SST e acidéz titulável (AT), teor de suco e área foliar, porém, seu teor nas folhas foi reduzido na adubação foliar com Mn.

Além da interação, a umidade do solo e o modo de aplicação do adubo podem interferir a resposta do Zn na planta. Em plantas de café, o aumento da quantidade de água de irrigação reduziu o teor de Zn nas folhas. Esse efeito, provavelmente, está relacionado ao efeito de diluição no crescimento da planta, promovido pela maior absorção de P (SCALCO *et al.*, 2014). Já em laranjeira Pêra, o modo de adubação influenciou a produção, sendo a adubação via foliar mais eficiente do que via solo (QUAGGIO *et al.*, 2003).

2.3 Recomendação de adubação

Os teores padrões de nutrientes em uma determinada planta são importantes no diagnóstico da deficiência nutricional. As principais ocorrências de deficiências no mamoeiro são devidas às altas adubações com NPK, utilizadas atualmente, aliada à baixa fertilidade natural dos solos. Com isso, vários estudos são realizados para quantificar as doses adequadas dos nutrientes no cultivo do mamoeiro, em diversas áreas de produção.

A recomendação de adubação para uma cultura, depende, principalmente, do teor do nutriente no solo; da cultivar empregada; do nível de produção que se deseja alcançar e das condições edafoclimáticas do local. As recomendações de adubação existentes para o mamoeiro são para os macronutrientes N, P e K e o micronutriente B. Para os outros macronutrientes, o Ca e o Mg são inseridos na correção da acidez do solo, pela aplicação do calcário dolomítico e o S entra na adubação do N ou P, pelos adubos sulfato de amônio e superfosfato simples, respectivamente. Já os outros micronutrientes são inseridos via adubação com FTE, tomando como referência o teor de B no solo, porém, sem considerar a real necessidade da planta por outros micronutrientes.

Oliveira *et al.* (2004) recomendaram a aplicação de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no primeiro ano de cultivo, para obter uma produtividade superior a 70 t ha⁻¹ ano⁻¹ de mamão em um solo com baixa concentração de P (< 12 mg dm⁻³). Esses autores recomendaram, ainda, o

parcelamento desta dose (60 kg no plantio; 20 kg aos 60 dias após o plantio (DAP); 20 kg aos 120 DAP e 80 kg após o início da floração). Para o B, os autores recomendaram uma dose de 2 kg ha^{-1} para solo com baixa concentração de B ($< 2 \text{ mg dm}^{-3}$), aplicado metade aos 30 DAP e o restante após o início da floração.

Já o Zn não existe uma recomendação para a cultura. Porém, Lima (2009) estudou a interação de P e Zn em uma área comercial de mamão no estado do Ceará e verificou uma dose ótima de $9,81 \text{ kg ha}^{-1}$ de Zn para o primeiro ano de cultivo. Ainda nesse trabalho, a dose ótima de P_2O_5 foi de 188 kg ha^{-1} , valor esse, próximo ao recomendado por Oliveira *et. al.* (2004).

REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B. J. Zinc in Soil and Crop Nutrition. **International Zinc Association Communications**, IZA publications, Brussels, Bélgica, 2004. p.116.
- ALMEIDA, F. T de; BERNARDO, S.; MARINHO, C. S.; MARIN, S. L. D.; SOUSA, E. F. de. Teores de nutrientes do mamoeiro ‘Improved Sunrise Solo 72/12’ sob diferentes lâminas de irrigação, no norte fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 547-551, 2002.
- BALEMI, T.; NEGISHO, K. Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 12, n. 3, p. 547-561, 2012.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 166-175, 2011.
- BHATT, A.; MISHRA, N.; MISHRA, D.; SINGH, C. Foliar application of potassium, calcium, zinc and boron enhanced yield, quality and shelf life of mango. **HortFlora Research Spectrum**, v. 1, n. 4, p.300-305, 2012.
- BRITO NETO, J. F. de; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTI, L. F.; ARAÚJO, R. da C.; JOSÉ LACERDA, J. S. de. Produtividade e qualidade de frutos de mamoeiro ‘sunrise solo’ em função de doses de nitrogênio e boro. **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 69-80, 2011.
- BROADLEY, M. R.; WHITE, P. J.; HAMMOND, J. P.; ZELKO, I.; LUX, A. Zinc in plants. **New Phytologist**, v. 173, p. 677-702, 2007.
- BROWN, P. H.; HU, H. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. **Annals of Botany**, v. 77, p. 497-505, 1996.
- CAMACHO-CRISTÓBAL, J. J.; REXACH, J.; GONZÁLEZ-FONTES, A. Boron in plants: deficiency and toxicity. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50, n. 10, p. 1247-1255, 2008.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; SILVA, G. S. DA; CORTEZ, J. W. M. Phosphorus fertilization of ‘Fuyutoyo’ cabbages in phosphorus-rich Eutruxox soil. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 73, n. 3, p. 288-292, 2013.
- COMEX, 2014. Disponível em: http://www.comexbrasil.gov.br/conteudo/ver/chave/44estatisticas_do_comercio_exterior_brasileiro/menu/108, Acesso em: 16/01/2014.
- CORRÊA, M. C. de M.; NATALE, W.; PRADO, R. de M.; OLIVEIRA, I. V. M.; ALMEIDA, E. V. Adubação com zinco na formação de mudas de mamoeiro. **Caatinga**, v. 18, n. 4, p. 245-250, 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.

CUNHA, R. J. P. **Marcha de absorção de nutrientes em condições de campo e sintomatologia de deficiências de macronutrientes e do boro em mamoeiro**. 1979. 131 f. Tese (Doutorado em Nutrição de Plantas) ESALQ, Piracicaba, 1979.

CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P. - Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). III - Sintomatologia de carências nutricionais. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 37, n. 1, p. 303-317, 1980 a.

CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P. - Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). IV - Desenvolvimento dos frutos e exportação de nutrientes através da colheita. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 37, n. 1, p. 169-178, 1980 b.

DELL, B.; HUANG, L. Physiological response of plants to low boron. **Plant and Soil**, v. 193, p. 103-120, 1997.

DNOCS, 2014 Disponível em: [http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros irrigados/](http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/) Acesso em: 08/04/2014.

DORDAS, C; CHRISPPEELS, M. J.; BROWN. P. H. Permeability and channel-mediated transport of boric acid across membrane vesicles isolated from squash roots. **Plant Physiology**, v. 124, p. 1349-1361, 2000.

ECHER, F, R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E.; SANTOS, D. H. Fertilização de cobertura com boro e potássio na nutrição e produtividade da batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 171-175, 2009.

FAO, 2014. Disponível em: <http://www.faostat.org.br> Acesso em: 05/04/2014.

FAVARETTO, N.; MOTTA, A. C. V.; BARCIK, C.; LUSTOSA, S. B. C.; COMIN, J. J. Shoot and Root Responses of *Trifolium vesiculosum* to Boron Fertilization in an Acidic Brazilian Soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 4, p. 597-604, 2007.

FERNANDES, A. R.; PAIVA, H. N. de; CARVALHO, J. G. de; MIRANDA, J. R. P. de. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* HUBER) em função de doses de fósforo e de zinco. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 599-608, 2007.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, v. 193, p. 35-48, 1997.

GRANT, C.A; Flaten, D.N.; Tomasiwicz, D.J.; Sheppard, S.C.- A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas Nº 95**, Instituto da Potassa e do Fosfato, EUA, 2001.

GRIESANG, J. L.; VIEIRA, A. de O.; SOARES, A. de P.; LACERDA, A. R.; STEINKE, M. C. K.; PESSATTO, T. C. – Desempenho agronômico do girassol (*Helianthus annuus*). Em função de fontes e parcelamentos de boro In: VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação – CONNEPI, 2012, Tocantins. **Anais...** Tocantins: Editora IFTO, 2012.

HACISALIHOGU, G.; KOCHIAN, L. V. How do some plants tolerate low levels of soil zinc? Mechanisms of zinc efficiency in crop plants. **New Phytologist**, v. 159, p. 341-350, 2003.

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

IBGE, 2014. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> Acesso em: 05/04/2014.

JEYAKUMA, P.; DURGADEVI, D. & KUMAR, N. Effects of zinc and boron fertilisation on improving fruit yields in papaya (*Carica papaya* L.) cv. Co5. **Plant nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems**, p. 356-357, 2001.

KOCHIAN, L.V. Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization. In: _____. **Biochemistry & molecular biology of plants**. 11. Ed. American Society of plant physiologists, Rockville, Maryland, 2000. cap. 23, p. 1237.

KONSAENG, S.; DELL, B.; RERKASEN, B. A survey of woody tropical species for boron retranslocation. **Plant Production Science**. v. 8, n. 3, p. 338-341, 2005.

LEMISKA, A. PAULETTI, V. CUQUEL, F. L. ZAWADNEAK, M. A C. Produção e qualidade da fruta do morangueiro sob influência da aplicação de boro. **Ciência Rural**, v. 44, n. 4, p. 622-628, 2014.

LIMA, F. F. **Interação fósforo e zinco no mamoeiro ‘tainung 01’, em neossolo quartzarênico**. 2009. 46f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) UFC, Ceará, 2009.

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

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

MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. DE; MARINS, S. L. D.; VIEIRA, A. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros ‘solo’ e ‘formosa’. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 373-381, 2002.

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**, v. 68, p. 491-496, 1986.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; CARVALHO, S. A. de. Superfícies de resposta do tangor ‘Murcott’ à fertilização com N, P e K. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 164-167, 2004.

MELLO, R. P. de Phosphorus effects in the nutrition and growth of developing mango plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, p. 2041-2049, 2010.

- MINHONI, M. T. A.; AULER, P. A. M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 841-847, 2003.
- MIWA, K.; FUJIWARA, T. Boron transport in plants: coordinated regulation of transporters. **Annals of botany**, v. 105, n. 7, p. 1103-1108, 2010.
- MOAZZAM, A.; TAHIR, F. M.; SHAHZAD, J.; MAHMOOD, N. Effect of foliar application of micronutrients on the quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dusehri fruit. **Mycopathologia**, v. 9, n. 1, p. 25-28, 2011.
- MOREIRA, A.; CASTRO, C. de; FAGERIA, N. Efficiency of boron application in an Oxisol cultivated with banana in the central Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 4, p. 1137-1145, 2010.
- NABLE, R. O.; BAÑUELOS, G. S.; PAULL, J. G. Boron toxicity. **Plant and Soil**, v. 193, p. 181-198, 1997.
- NAUTIYAL, B. D.; SHARMA, C. P.; AGARWALA, S. C. Iron, zinc and boron deficiency in papaya. **Scientia Horticulturae**, v. 29, p. 115-123, 1986.
- OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. da; 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**).
- OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. da S.; COELHO, E. F. Mamoeiro. In: _____. **Adubando para alta produtividade e qualidade – Fruteiras Tropicais do Brasil**. Boletim Nº 18, 1ª edição em português. Fortaleza: Instituto Internacional da Potassa. Cap. 8, p. 146-165, 2009.
- PAYAN, J. P. M.; TALL, W. M. S. Effect of substrates, boron, and humic acid on the growth of papaya transplants. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 116, p. 28-30, 2003.
- PIZETTA, L. C.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C. Resposta de brócolis, couve-flor e repolho à adubação com boro em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 51-56, 2005.
- POWER, P. P.; WOODS, W. G. The chemistry of boron and its speciation in plants. In: DELL, B.; ROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds.). Boron in soil and plants: review. Symposium, Chiang Mai, reprinted **Plant and Soil**, v. 193, n. 1-2, p. 1-13, 1977.
- QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranja Pêra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 627-634, 2003.
- RAVEN, J. A. Short and long distance transport of boric acid in plants. **New Phytologist**, v. 84, p. 231-249, 1980.

SADEGHZADEH, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 13, n. 4, p. 905-927, 2013.

SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; DOMINGHETTI, A. W.; COLOMBO, A.; ASSIS, G. A.; ABREU, G. F. Teores foliares de fósforo e zinco, produtividade e crescimento de café irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 2, p. 95-101, 2014.

SHORROCKS, V. M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant and Soil**, v. 193, p. 121-148, 1997.

SILVA, I. P. da; RODAS, C. L.; CARVALHO, J. G. de. Doses de boro no desenvolvimento do mamoeiro em solução nutritiva. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 23, p. 171-175, 2014.

SOUZA, E. C. A. de; COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 7, p. 1031-1036, 1998.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 155-159, 2004.

TANAKA, M.; FUJIWARA, T. Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. **European Journal of Physiology**, v. 456, p. 671-677, 2008.

TRINDADE, A, V. **Mamão. Produção: aspectos técnicos**. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA), Comunicação para Transferência de Tecnologia, Frutas do Brasil, 3, 2000. p. 77.

VANCE, C. P. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition: plant nutrition in a world of declining renewable resources. **Plant Physiology**, v. 127, p. 390-397, 2001.

VICHIATO, M.; CARVALHO, J. G. de; VICHIATO, M. R. de M.; SILVA, C. R. de R. e; Interações de fósforo-magnésio em mudas de mamoeiros Tainung nº. 1 e Improved Sunrise Solo 72/12. **Ciência Agrotecnica**, v. 33, n. 5, p. 1265-1271, 2009.

WANG, D. N.; KO, W. H. Relationship between deformed-fruit disease of papaya and boron deficiency. **Phytopathology**, v. 65, p. 445-447, 1975.

CAPÍTULO 2

Crescimento e rendimento do mamoeiro Formosa em função de doses e parcelamento de boro

RESUMO

O B é o micronutriente mais exigido pelo mamoeiro e seu efeito depende da dose e do parcelamento aplicados. O objetivo deste experimento foi avaliar o crescimento, a produção e os teores de B no mamoeiro Tainung 01, em função de doses e parcelamento de B. Os tratamentos foram constituídos em esquema fatorial $4 \times 4 + 1$, sendo quatro doses de B (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 kg ha⁻¹) e quatro parcelamentos (P1 = 100% da adubação com B aos 30 dias após o plantio (DAP); P2 = 50% aos 30 DAP e 50% aos 180 DAP; P3 = 50% aos 30 DAP, 25% aos 90 DAP e 25% aos 180 DAP; e P4 = 100% aos 180 DAP), mais um controle (0 kg ha⁻¹ de B), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliadas a altura da planta e a circunferência do caule aos 180 DAP, o teor de B no pecíolo foliar aos 210 e 360 DAP, o teor de B no fruto aos 240 DAP e o rendimento dos mamoeiros entre 210 e 360 DAP. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para as doses de B foram ajustadas as equações de regressões e para os parcelamentos foram aplicados os testes de Tukey. O crescimento, o rendimento e o teor de B no mamoeiro foram afetados pelas doses e parcelamentos de B. A melhor dose de B foi 2,2 kg ha⁻¹ e o parcelamento, metade aos 30 dias e o restante aos 180 DAP. O teor de B no pecíolo foliar relacionado ao máximo rendimento de frutos foi de 22 mg kg⁻¹ aos 210 DAP.

Palavras-chave: Mamão, nutrição e produtividade.

Growth and yield of Formosa papaya depending of doses and installment B

ABSTRACT

The B is the most micronutrient required by papaya crop and its effect depends of the dose and installment applied. The objective of this experiment was to evaluate the growth, yield and the concentration of B in Tainung 01 papaya, depending of doses and installment B. The treatments were arranged in factorial $4 \times 4 + 1$, being four B doses (0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 kg ha^{-1}) and four installments (P1 = 100 % of B fertilization at 30 days after planting (DAP), P2 = 50% at 30 DAP and 50% at 180 DAP; P3 = 50% at 30 DAP, 25% at 90 DAP and 25% at 180 DAP, and P4 = 100% to 180 DAP), plus a control (0 kg ha^{-1} B), in experimental design of randomized blocks with four replications. Were evaluated plant height and girth stem at 180 DAP, the B concentration in petioles at 210 and 360 DAP, the B concentration in the fruit at 240 DAP and yield of papaya trees between 210 and 360 DAP. The experimental data were subjected to analysis of variance by F-test. To the B doses were adjusted regression equations and the installments were applied Tukey test. The growth, the yield and the B concentration in the papaya tree were affected by doses and installments B. The best B dose was 2.2 kg ha^{-1} and the installments, half at 30 days and the remainder at 180 DAP. The B concentration in petioles related to maximum fruit yield was 22 mg kg^{-1} at 210 DAP.

Keywords: Papaya, nutrition and productivity.

1 INTRODUÇÃO

As pessoas cada vez mais vêm aumentando a inclusão de frutas na dieta alimentar, e o mamão é uma fruta que está presente na dieta dos brasileiros, sendo uma boa fonte de cálcio, provitamina A e vitamina C (MANICA, 2006). O Brasil se destaca na produção dessa fruta, com o posto de segundo maior produtor mundial (FAO, 2014). Já o Ceará é um dos principais estados produtores do país, ocupando a terceira posição nacional (IBGE, 2014).

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 seu máximo potencial produtivo e apresentar-se mais resistente às doenças e pragas.

O B é o micronutriente estratégico no cultivo do mamoeiro, pois sua deficiência ocorre com maior frequência (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Esse nutriente está envolvido em diversas funções na planta, dentre elas, transporte de açúcares; respiração; formação do tubo polínico e parede celular; integridade da membrana plasmática e metabolismo dos carboidratos, nitrogênio, fenóis, ascorbato e RNA (CAMACHO-CRISTÓBAL, 2008).

Sua deficiência afeta os pontos de crescimento da parte aérea e raízes e promove a má formação de frutos, com aspectos encaroçados e escorrimento de látex pela casca (WANG; KO, 1975). Ocorrem ainda, abortamentos de flores em períodos de estigagem, produção baixa de frutos, folhas amareladas, com pecíolos curtos e sistema vascular escurecido (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Adubações com B são importantes no cultivo de mamoeiro em regiões semiáridas, pois, além de aumentar o seu teor no solo, que normalmente é baixo, também, minimiza os efeitos da seca, com o aumento do crescimento radicular da planta, devido ao seu papel na formação da parede celular na região meristemática da raiz (CAMACHO-CRISTÓBAL, 2008). Apesar disso, pouco se conhece a respeito das doses adequadas para a cultura do mamão nas condições edafoclimáticas do nordeste brasileiro.

Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar o crescimento, a produção e os teores de B no mamoeiro Tainung 01 em função de doses e parcelamento de B.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um Neossolo Quartzarênico – RQ (EMBRAPA, 2006), localizada no Distrito Irrigado Baixo Acaraú (DIBAU), em Acaraú - CE. A sede do município está situada a 210 km de Fortaleza, na microrregião do Baixo Rio Acaraú, tendo como coordenadas geográficas 2° 53' 08" de latitude Sul e 40° 07' 12" de longitude Oeste, e, altitude de 13 m. O clima é tropical semiárido, apresentando precipitações pluviométricas com médias anuais de 783 mm, distribuídas em duas estações. Uma chuvosa, de janeiro a junho, com máximas precipitações ocorrendo de fevereiro a maio. A outra seca, de julho a dezembro, quando ocorrem apenas chuvas leves e esparsas (WIKIMAPIA, 2013).

Foi utilizado uma cultivar de mamoeiro do grupo Formosa, Tainung 01, híbrido F1 desenvolvido na Estação Experimental de Fengshan, em Formosa, Taiwan. Esse híbrido é resultante de um cruzamento de Sunrise Solo com um tipo de mamão de polpa vermelha da Costa Rica (MANICA, 2006).

O experimento foi instalado em área recém desmatada. Após destoca e queima em coivara, realizou-se o preparo da área, incluindo aplicação de calcário com base na análise do solo (Tabela 1). A calagem foi feita em junho de 2010 com calcário dolomítico (PRNT = 85%, 29% de Ca e 12% de Mg), visando atingir 80% de saturação por bases (V%), conforme recomendação de Oliveira *et al.* (2004) para o cultivo do mamoeiro.

O pomar foi instalado em fileiras duplas com espaçamento de 4 x 2 x 2 m (1.666 plantas ha⁻¹) em 27 de julho de 2010 e o experimento conduzido até 28 de julho de 2011, correspondendo a 12 meses de cultivo e 5 meses de coleta de frutos. A condução do experimento foi encerrada devido à incidência de viroses nas plantas.

Foram utilizadas mudas de 12 cm de altura e com 4 folhas definitivas, produzidas em bandejas de 126 células. As covas foram feitas com dimensões de 40 x 40 x 40 cm e receberam um dia antes do plantio 15 litros de esterco bovino e 72 g de P₂O₅ (120 kg ha⁻¹) via superfosfato triplo. O plantio foi feito com 4 mudas por cova e após o início do florescimento (90 DAP) foram feitas as sexagens das mudas, deixando uma planta por cova, preferencialmente as hermafroditas.

As adubações de cobertura foram feitas seguindo as recomendações de Oliveira *et al.* (2004), com base na análise do solo (Tabela 2.1), para produção maior que 70 t ha⁻¹ ano⁻¹. Foram aplicados 340 kg ha⁻¹ de N e 400 kg ha⁻¹ de K₂O via sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Além disso, foram aplicados, aos 48 e 61 DAP, 2,8; 0,4 e 4,0 kg

ha⁻¹ de Zn, Cu e Mn, respectivamente, utilizando-se como fonte sulfato de Zn, sulfato de Cu e sulfato de Mn.

O experimento foi conduzido sob irrigação por microaspersão, utilizando uma mangueira por fileira dupla de planta e um microaspersor a cada quatro metros, ou seja, um microaspersor para quatro plantas. Utilizou um microaspersor com vazão de 60 L h⁻¹, o que correspondeu a um volume por planta de 15 L h⁻¹. O tempo de irrigação variou de acordo com o estágio fenológico da cultura. No estágio vegetativo foi de 2 h, no estágio da floração e frutificação 2,5 h e no estágio da produção 3 h, correspondendo ao volume diário de 30; 37,5 e 45 litros por planta, respectivamente.

Tabela 2.1 – Atributos químicos do solo da área experimental, Acaraú - CE, 2010

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	S	T	V	m	PST
----- cmol _c kg ⁻¹ -----									----- % -----	
1,5	1,3	0,13	0,09	0,83	0,2	3	3,8	79	6	3
C	N	C/N	M.O.	P*	Fe	Cu	Zn	Mn	B	
----- g kg ⁻¹ -----				----- mg kg ⁻¹ -----						
9,12	0,92	10	15,72	8	13,8	0,01	2,1	3,4	0,1	

* Mehlich 1

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados no esquema fatorial 4 x 4 + 1. O primeiro correspondeu às doses de B (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 kg ha⁻¹), na forma de ácido bórico (18 % de B) e o segundo, aos parcelamentos das doses (P1 = 100% da adubação com B aos 30 DAP; P2 = 50% da adubação com B aos 30 DAP e 50% aos 180 DAP; P3 = 50% da adubação com B aos 30 DAP, 25% aos 90 DAP e 25% aos 180 DAP; e, P4 = 100% da adubação com B aos 180 DAP), mais um controle (0 kg ha⁻¹ de B).

As parcelas foram constituídas de seis plantas, sendo três em cada fileira da linha dupla. As duas primeiras plantas de cada parcela, uma em cada linha, formavam a bordadura interna simples e as quatro restantes as plantas úteis. A área total da parcela foi de 36 m², sendo 24 m² de área útil.

O crescimento da planta foi avaliado aos 180 DAP, medindo-se a altura da planta do colo até a gema apical e a circunferência do caule a 30 cm do solo.

Em cada parcela foram coletadas quatro folhas, uma folha por planta, aos 210 e 360 DAP. A folha índice apresentava uma flor recém-aberta na axila e foi usado o pecíolo foliar para análise de B, conforme recomendação de Costa (1995). Aos 240 DAP, coletou-se um

fruto apresentando 25 a 75% da superfície da casca amarela, correspondentes aos estágios dois a quatro de maturação, segundo a classificação normatizada pelo acordo bilateral de 1999 entre a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil e o Departamento Norte-Americano de Agricultura (USDA) do Serviço de Inspeção de Saúde Animal e Vegetal (APHIS).

A colheita dos frutos foi iniciada aos 210 DAP e avaliada durante cinco meses de produção. O rendimento de cada parcela foi estimado pela razão da massa total dos frutos das plantas úteis, sobre a área equivalente a essas plantas (24 m²).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, avaliando-se os efeitos principais em cada variável e suas interações pelo teste F. Para as doses de B foram ajustadas as equações de regressões e para os parcelamentos foram promovidas as comparações entre médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

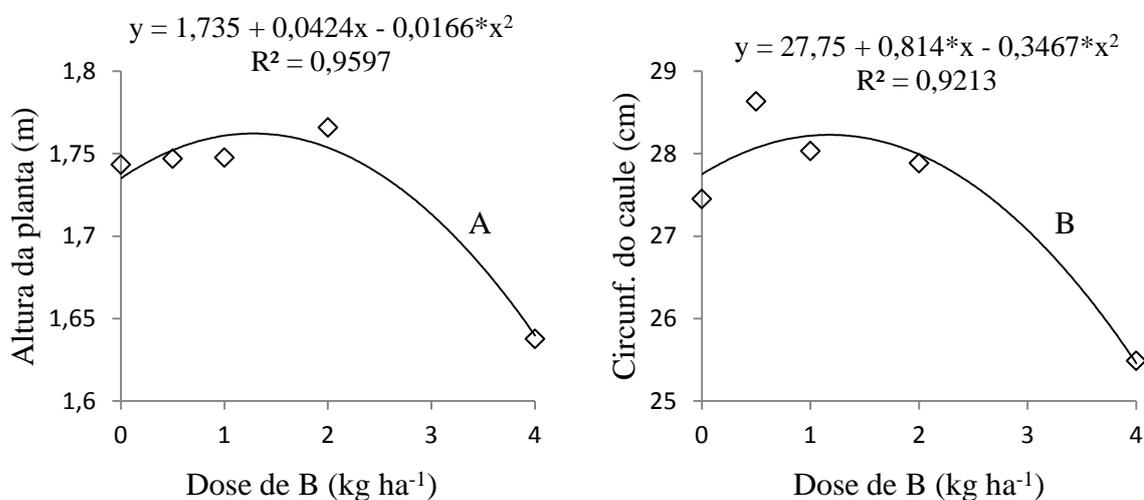
Os efeitos isolados da dose e do parcelamento de B foram significativos para altura da planta e circunferência do caule dos mamoeiros (Tabela 2.2). A adubação com B influenciou de forma quadrática a altura de planta e a circunferência do caule do mamoeiro aos 180 DAP (Figura 2.1A e 2.1B). A altura máxima de 1,76 m foi alcançada com a dose de 1,28 kg ha⁻¹ de B e a circunferência máxima de 28,2 cm foi alcançada com a dose 1,17 kg ha⁻¹ de B. O parcelamento P2 (50% + 50% da adubação com B, aos 30 e 180 DAP) proporcionou as maiores médias para altura de planta e circunferência do caule (Tabela 2.3). Entretanto não diferiu dos parcelamentos P1 e P4 (100% do B aplicado aos 30 e 180 DAP, respectivamente).

Tabela 2.2 – Resumo das análises de variância para altura de planta, circunferência do caule, teor de B no pecíolo foliar e no fruto e rendimento do mamoeiro Tainung 01, em função das doses e parcelamento de B, Acaraú - CE, 2010

Fonte de variação	G.L	Altura de planta	Circunferência do caule	Teor de B		Fruto	Rendimento
				Pecíolo			
				210 DAP	360 DAP		
Dose	3	0,055**	30,728*	33,604**	3,509ns	2,807ns	30415885*
Parcelamento	3	0,038*	31,545*	7,024ns	0,425ns	15,859ns	53532866**
Dose x Parcelamento	9	0,026ns	13,422ns	14,119ns	4,528ns	24,118**	29437411**
Dose vs Testemunha	1	0,001ns	0,013ns	29,781*	9,486ns	5,866ns	87528361**
Tratamento	(16)	0,032**	19,227*	17,421**	3,878ns	17,433**	37769457**
Bloco	3	0,035ns	23,913*	5,189ns	16,626**	2,641ns	17228834ns
Resíduo	48	0,013	8,342	6,822	3,783	6,394	8022431
Média		1,73	27,5	21,5	7,9	12,9	14,424
CV (%)		6,6	10,5	12,1	24,7	19,5	19,6

ns, * e ** – não significativo e significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Figura 2.1 – Altura da planta (A) e circunferência do caule (B) de mamoeiro Tainung 01, aos 180 DAP, em função das doses e parcelamento de boro, Acaraú - CE, 2010



* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 2.3 – Altura da planta e circunferência do caule do mamoeiro Tainung 01, aos 180 DAP, em função do parcelamento de boro, Acaraú - CE, 2010

Parcelamento	P1	P2	P3	P4
Altura (m)	1,71 ab	1,78 a	1,67 b	1,74 ab
Diâmetro (cm)	26,51 ab	29,0 a	26,2 b	28,4 ab

Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo o Teste de Tukey.

Resposta do crescimento da planta à adubação com B foi verificada em diversas culturas, como, copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*), repolho e trevo (SOUZA, 2010; ALAM, 2007 e FAVARETTO *et al.*, 2007), e em plantas adultas e mudas de mamoeiro (SILVA *et al.*, 2014; JEYAKUMAR *et al.*, 2001 e SINGH, 2010). Isso deve, ao papel desse nutriente na síntese da parede celular, no transporte de açúcares e no metabolismo do ácido indolacético, hormônio responsável pelo crescimento vegetal (CAMACHO-CRISTÓBAL, 2008).

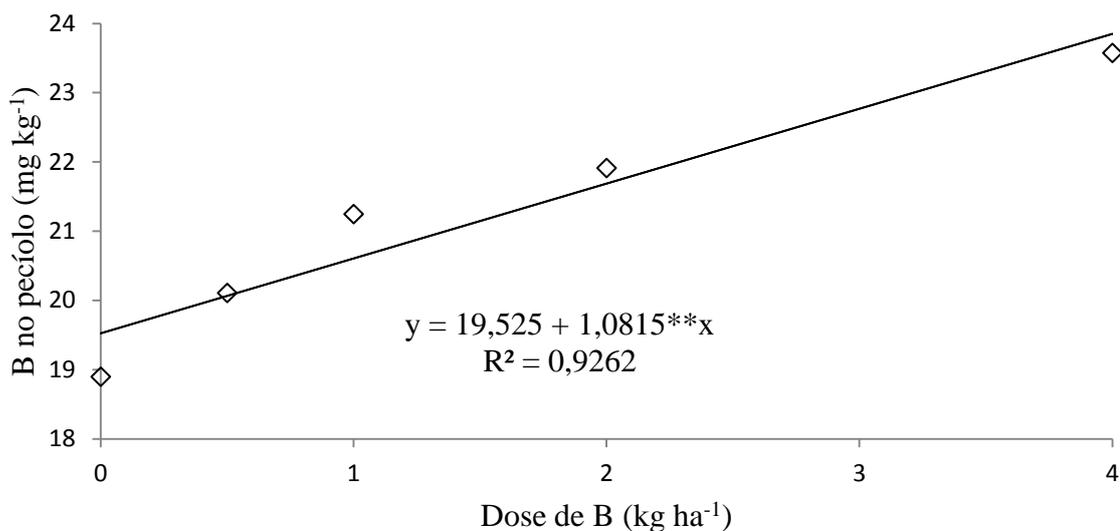
A altura e a circunferência média do caule das plantas aos 180 DAP foram de 1,73 m e 27,5 cm (Tabela 2.2), respectivamente, e ficaram abaixo da expectativa. Isso porque, esse mesmo híbrido cultivado em Russas-CE, alcançou altura média de 2,07 m e circunferência do caule de 30,6 cm com a mesma idade (LIMA, 2009). Essa divergência pode estar relacionada às diferenças entre as condições edafoclimáticas, manejos e sistemas de cultivo.

O teor médio de B no pecíolo aos 360 DAP (7,9 mg kg⁻¹) foi três vezes menor do que aos 210 DAP (21,5 mg kg⁻¹) (Tabela 2.2). Provavelmente, essa diferença se deve ao intervalo

de tempo entre a última aplicação de B e a segunda amostragem de folha (seis meses). Isso porque é sabido da incapacidade do mamoeiro de mobilizar B das folhas mais velhas para as folhas mais jovens e da baixa capacidade dos solos arenosos em reter B (KONSAENG *et al.*, 2005 e ROSOLEM; BÍSCARO, 2007).

O teor de B no pecíolo foi influenciado apenas pelas doses de B aos 210 DAP (Tabela 2.2). O incremento da adubação aumentou linearmente o teor de B no pecíolo foliar independente da forma de parcelamento (Tabela 2.2 e Figura 2.2). Esse mesmo comportamento, também, foi observado no experimento com mudas de mamoeiro em solução nutritiva (SILVA *et al.*, 2014). Isso ocorre quando a condição deste nutriente está adequada ou excessiva no solo. Nestes casos, a absorção se dá por difusão passiva ou canais facilitadores do grupo MIP (MIWA; FUJIWARA, 2010).

Figura 2.2 – Teores de B no pecíolo foliar do mamoeiro Tainung 01, aos 210 DAP, em função das doses de B, Acaraú - CE, 2010



** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Os efeitos isolados de dose e parcelamento não influenciaram o teor de B no fruto, no entanto, o efeito da interação entre esses fatores sim (Tabela 2.2). Dentro dos parcelamentos, as doses não foram ajustadas em nenhum modelo. Porém, houve diferença entre médias dos parcelamentos dentro das doses.

Nas doses 2 e 4 kg ha⁻¹ de B, o parcelamento P2 apresentou os maiores teores, 16,0 e 17,3 mg kg⁻¹ de B, respectivamente (Tabela 2.4). Entretanto, não diferiram estatisticamente do parcelamento P4 na dose 2 kg ha⁻¹ de B e dos parcelamentos P2 e P4 na dose 4 kg ha⁻¹ de B. Esses valores ficaram superiores aos encontrados por Cunha (1980), 15,0 mg kg⁻¹ de B, e

inferiores aos encontrados por Nishina (1987), 25,0 mg kg⁻¹ de B. Uma provável explicação para essa divergência é a mesma dada para o teor desse nutriente no pecíolo foliar.

Tabela 2.4 – Teor de B no fruto do mamoeiro Tainung 01, aos 240 DAP, em função do parcelamento para cada dose de B, Acaraú - CE, 2010

Dose	Parcelamento			
	P1	P2	P3	P4
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹			
0,5	12,98 a	13,10 a	12,49 a	12,81 a
1,0	11,73 a	11,03 a	15,45 a	13,34 a
2,0	11,07 b	16,03 a	10,73 b	12,86 ab
4,0	15,32 a	17,32 a	9,24 b	12,59 ab

Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo o Teste de Tukey.

As doses de B proporcionaram ganhos em rendimento, diferentemente do que ocorreu no trabalho de Brito Neto *et al.* (2011), que apenas melhorou a qualidade dos frutos, em comprimento, diâmetro, número de semente e teor de SST. O solo utilizado por estes autores apresentava teor inicial de B quatro vezes maior (0,42 mg kg⁻¹) do que no solo em estudo, 0,1 mg kg⁻¹ (Tabela 2.1), o que, possivelmente, explica essa diferença de resposta.

Resposta na produção das plantas à adubação com B foi verificada em diversas culturas, como, mangueira, bananeira, laranjeira, morangueiro e mamoeiro (BHATT *et al.*, 2012; MOREIRA *et al.*, 2010; QUAGGIO *et al.* 2003; LEMISKA, 2014; KAISAR, 2010 e JEYAKUMAR *et al.*, 2001). Em Kaiser 2010, a ausência do B diminuiu o comprimento, a largura e o peso do mamão, o número de frutos e a produção por planta. Esse efeito está relacionado ao papel desse nutriente no transporte de açúcares e no florescimento das plantas (CAMACHO-CRISTÓBAL, 2008).

O rendimento médio de 14,4 t ha⁻¹ da cultivar Tainung 01 foi baixo nesse experimento (Tabela 2.2). Isso porque no trabalho conduzido por Lima (2009) em Russas - CE, essa cultivar produziu 27,4 t ha⁻¹ de frutos para o mesmo período de colheita, tipo de solo (RQ) e adubação. Essa diferença pode ser atribuída, provavelmente, ao sistema de fertirrigação utilizado por esse autor, que é mais eficiente em disponibilizar de maneira constante e gradual os nutrientes para a planta, particularmente em solo arenoso como foi o caso nas duas situações.

O efeito de parcelamento só diferiu na dose de 1 kg ha⁻¹ de B para o rendimento de frutos (Tabela 2.5). O parcelamento P2 (50% + 50% da adubação com B, aos 30 e 180 DAP)

foi o que apresentou a maior média para o rendimento de frutos (23,7 t ha⁻¹), assim como ocorreu para altura de planta, circunferência do caule e teor de B no fruto.

Adubação parcelada promove melhor aproveitamento na absorção dos nutrientes. Isso foi observado no trabalho de Griesang *et al.* (2012) na resposta do rendimento do girassol à adubação com B. No mamoeiro, Oliveira *et al.* (2004) recomendaram o parcelamento do B em duas épocas, metade aos 30 DAP e o restante após o início do florescimento, que neste experimento ocorreu aos 90 DAP. Diferentemente do melhor parcelamento encontrado nesse experimento, que a segunda aplicação mais próxima à colheita (180 DAP) foi melhor. O que pode ter ocorrido, é o B ter favorecido o transporte de açúcares na fase de frutificação (CAMACHO-CRISTÓBAL, 2008) e conseqüentemente, uma maior produção de frutos.

Tabela 2.5 – Rendimento do mamoeiro Tainung 01, em função do parcelamento para cada dose de boro, Acaraú - CE, 2010

Dose kg ha ⁻¹	Parcelamento			
	P1	P2	P3	P4
	----- t ha ⁻¹ -----			
0,5	13,7 a	14,9 a	13,9 a	11,5 a
1,0	14,5 b	23,7 a	12,4 b	14,8 b
2,0	16,2 a	15,7 a	16,4 a	13,0 a
4,0	13,4 a	14,9 a	10,4 a	15,6 a

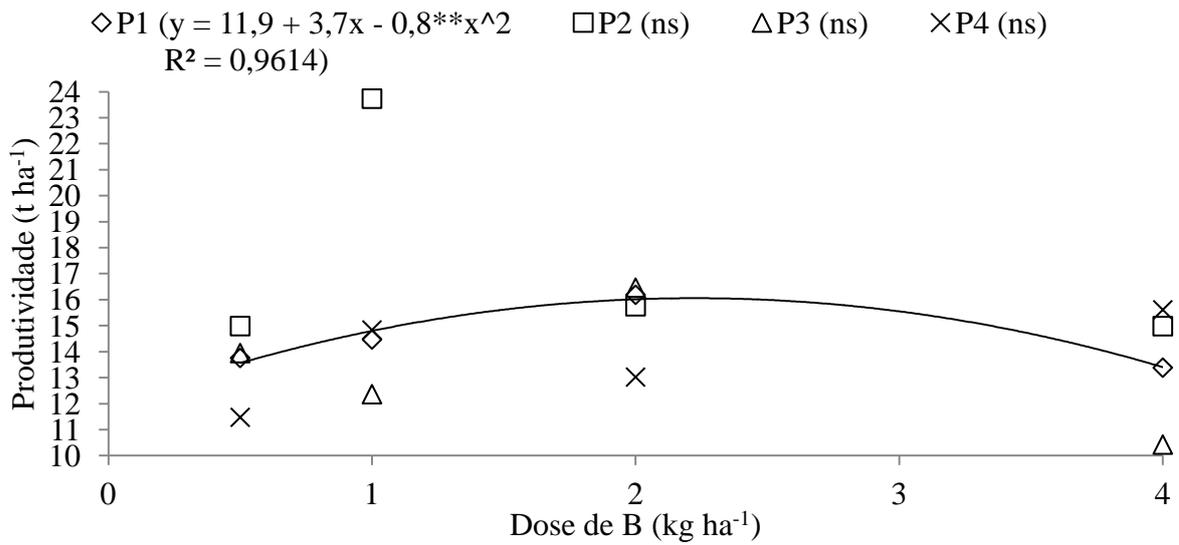
Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo o Teste de Tukey.

O efeito de dose foi observado apenas no parcelamento P1 (100% aos 30 DAP), com um rendimento máximo alcançado (16,0 t ha⁻¹) na dose estimada de 2,2 kg ha⁻¹ de B (Figura 2.3). Em solos com baixo teor de B, como o da área experimental (Tabela 2.1), Oliveira *et al.* (2004) recomendaram dose de 2 kg ha⁻¹ de B no primeiro ano de cultivo. A dose ótima encontrada neste trabalho foi 10% maior (2,2 kg ha⁻¹ de B) que aquela recomendada pelos autores supracitados.

O teor estimado de B no pecíolo aos 210 DAP, relacionado à dose (2,2 kg ha⁻¹ de B) de à máxima produção de frutos, foi de 22 mg kg⁻¹ (Figura 2.2). Esse valor ficou dentro da faixa dos teores encontrados no trabalho conduzido por Marinho *et al.* (2002), que variou durante o ano de 20 a 28 mg kg⁻¹ de B, com seis cultivares dos grupos Solo e Formosa. Esse teor foi aproximadamente semelhante ao observado por Almeida *et al.* (2002) para a cultivar Improved Sunrise Solo 72/12 (22,8 mg kg⁻¹ de B), em estudo de lâminas de irrigação no Norte Fluminense, RJ. Porém, ficou abaixo dos teores sugeridos como adequados por Costa (1995) para época seca (25,2 mg kg⁻¹ de B) e chuvosa (23,1 mg kg⁻¹ de B). Inclusive esse último

valor é o mais adequado para confrontar aos resultados obtidos neste trabalho (Figura 2.2), uma vez que foi conduzido em sistema irrigado. Essa divergência pode estar relacionada às diferenças entre as condições edafoclimáticas, cultivares, manejos e sistemas de cultivo.

Figura 2.3 – Rendimento do mamoeiro Tainung 01 em função das doses de B para cada parcelamento, Acaraú - CE, 2010



** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

O crescimento, o rendimento e o teor de B no mamoeiro foram afetados pelas doses e parcelamentos de B.

A melhor dose de B foi $2,2 \text{ kg ha}^{-1}$ e o parcelamento, metade aos 30 dias e o restante aos 180 DAP.

O teor de B no pecíolo foliar relacionado ao máximo rendimento foi de 22 mg kg^{-1} .

REFERÊNCIAS

- ALAM, M. N. Effect of boron levels on growth and yield of cabbage in calcareous soils of Bangladesh. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 3, n. 6, p. 858-865, 2007.
- ALMEIDA, F. T de; BERNARDO, S.; MARINHO, C. S.; MARIN, S. L. D.; SOUSA, E. F. de. Teores de nutrientes do mamoeiro 'Improved Sunrise Solo 72/12' sob diferentes lâminas de irrigação, no norte fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 547-551, 2002.
- BHATT, A.; MISHRA, N.; MISHRA, D.; SINGH, C. Foliar application of potassium, calcium, zinc and boron enhanced yield, quality and shelf life of mango. **HortFlora Research Spectrum**, v. 1, n. 4, p.300-305, 2012.
- BRITO NETO, J. F. de; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTI, L. F.; ARAÚJO, R. da C.; JOSÉ LACERDA, J. S. de - Produtividade e qualidade de frutos de mamoeiro 'sunrise solo' em função de doses de nitrogênio e boro. **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 69-80, 2011.
- CAMACHO-CRISTÓBAL, J. J.; REXACH, J.; GONZÁLEZ-FONTES, A. Boron in plants: deficiency and toxicity. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50, n. 10, p. 1247-1255, 2008.
- 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.
- CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P. - Mineral nutrition of papaya tree (*Carica papaya* L.): IV-fruit development and nutrient exportation by harvesting. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 37, n. 1, p. 169-178, 1980.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FAO, 2014. Disponível em: <http://www.faostat.org.br> Acesso em: 05/04/2014.
- FAVARETTO, N.; MOTTA, A. C. V.; BARCIK, C.; LUSTOSA, S. B. C.; COMIN, J. J. Shoot and Root Responses of *Trifolium vesiculosum* to Boron Fertilization in an Acidic Brazilian Soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 4, p. 597-604, 2007.
- GRIESANG, J. L.; VIEIRA, A. de O.; SOARES, A. de P.; LACERDA, A. R.; STEINKE, M. C. K.; PESSATTO, T. C. – Desempenho agrônômico do girassol (*Helianthus annuus*). Em função de fontes e parcelamentos de boro In: VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação – CONNEPI, 2012, Tocantins. **Anais...** Tocantins: Editora IFTO, 2012.
- IBGE, 2014. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> Acesso em: 05/04/2014.

JEYAKUMA, P.; DURGADEVI, D. & KUMAR, N. Effects of zinc and boron fertilisation on improving fruit yields in papaya (*Carica papaya* L.) cv. Co5. **Plant nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems**, p. 356-357, 2001.

KONSAENG, S.; DELL, B.; RERKASEN, B. A survey of woody tropical species for boron retranslocation. **Plant Production Science**. v. 8, n. 3, p. 338-341, 2005.

LEMISKA, A. PAULETTI, V. CUQUEL, F. L. ZAWADNEAK, M. A C. Produção e qualidade da fruta do morangueiro sob influência da aplicação de boro. **Ciência Rural**, v. 44, n. 4, p. 622-628, 2014.

LIMA, F. F. **Interação fósforo e zinco no mamoeiro ‘tainung 01’, em neossolo quartzarênico**. 2009. 46f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) UFC, Ceará, 2009.

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

MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. DE; MARINS, S. L. D.; VIEIRA, A. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros ‘solo’ e ‘formosa’. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 373-381, 2002.

MIWA, K.; FUJIWARA, T. Boron transport in plants: coordinated regulation of transporters. **Annals of botany**, v. 105, n. 7, p. 1103-1108, 2010.

MOREIRA, A.; CASTRO, C. de; FAGERIA, N. Efficiency of boron application in an Oxisol cultivated with banana in the central Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 4, p. 1137-1145, 2010.

NISHINA, M. S. Bumpy fruit of papaya as related to boron deficiency. **Research and Development Department, County of Hawaii**. Manoa, Hawaii 1987.

OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. da; 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**).

OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. da S.; COELHO, E. F. Mamoeiro. In: _____. **Adubando para alta produtividade e qualidade – Fruteiras Tropicais do Brasil**. Boletim Nº 18, 1ª edição em português. Fortaleza: Instituto Internacional da Potassa. Cap. 8, p. 146-165, 2009.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranja Pêra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 627-634, 2003.

ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1473-1478, out. 2007.

SILVA, I. P. da; RODAS, C. L.; CARVALHO, J. G. de. Doses de boro no desenvolvimento do mamoeiro em solução nutritiva. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 23, p. 171-175, 2014.

SINGH, D.; GHOSH, S.; PAUL, P.; SURESH, S. Effect of different micronutrients on growth, yield and quality of papaya (*Carica papaya* L.) cv. Ranchi. **Acta Horticulturae**, v.851, p. 351-356, 2010.

SOUZA, R. R. de; PAIVA, P. D. de O.; CARVALHO, J. G. de; ALMEIDA, E. F. A.; BARBOSA, J. C. V. Doses de boro no desenvolvimento de copo-de-leite em solução nutritiva. In: **Ciência Agrotecnica**, v. 34, n. 6, p. 1396-1403, 2010.

WANG, D. N.; KO, W. H. Relationship between deformed-fruit disease of papaya and boron deficiency. **Phytopathology**, v. 65, p. 445-447, 1975.

WIKIMÁPIA, 2010. Disponível em: <http://www.http://pt.wikipedia.org/wiki/Acaraú/> / Acesso em: 05 de abril de 2013.

CAPÍTULO 3

Crescimento e rendimento do mamoeiro Formosa em função de doses e parcelamento de fósforo

RESUMO

O P é o macronutriente mais limitante para a cultura do mamão e seu efeito depende da dose e do parcelamento aplicados. O objetivo deste experimento foi avaliar o crescimento, a produção e os teores de P no mamoeiro Tainung 01, em função de doses e parcelamento de P. Os tratamentos foram constituídos em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$, sendo três doses de P_2O_5 (100, 200 e 300 $kg\ ha^{-1}$) e três parcelamentos (P1 = 100% da adubação com P no plantio; P2 = 50% no plantio e 50% aos 180 DAP e P3 = 50% no plantio, 25% aos 90 DAP e 25% aos 180 DAP), mais um controle (0 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Foram avaliadas a altura da planta e a circunferência do caule aos 180 DAP, o teor de P no pecíolo foliar aos 210 DAP, o teor de P no fruto aos 240 DAP e o rendimento dos mamoeiros entre 210 e 360 DAP. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para as doses de P_2O_5 foram ajustadas as equações de regressões e para os parcelamentos foram aplicados os testes de Tukey. O crescimento, o rendimento e o teor de P no mamoeiro foram afetados pelas doses e parcelamentos de P. A melhor dose de P_2O_5 foi 160 $kg\ ha^{-1}$ e o parcelamento, 50% no plantio, 25% aos 90 DAP e 25% aos 180 DAP. O teor de P no pecíolo foliar relacionado ao máximo rendimento de frutos foi de 1,9 $g\ kg^{-1}$ aos 210 DAP.

Palavras-chave: Tainung 01, fertilização e produção.

Growth and yield of Formosa papaya depending of doses and installment phosphorus

ABSTRACT

The P is the most limiting macronutrient for papaya crop and its effect depends of the dose and installment applied. The objective of this experiment was to evaluate the growth, yield and the concentration of P in Tainung 01 papaya, depending of doses and installment B. The treatments were arranged in factorial 3 x 3 + 1, being three P₂O₅ doses (100, 200 and 300 kg ha⁻¹) and three installments (P1 = 100% of P fertilization at planting; P2 = 50% at planting and 50% at 180 DAP and P3 = 50% at planting, 25% at 90 DAP and 25% at 180 DAP), plus a control (0 kg ha⁻¹ P₂O₅), in experimental design of randomized blocks with three replications. Were evaluated plant height and girth stem at 180 DAP, the P concentration in petioles at 210 DAP, the P concentration in the fruit at 240 DAP and yield of papaya trees between 210 and 360 DAP. The experimental data were subjected to analysis of variance by F-test. To the P₂O₅ doses were adjusted regression equations and the installments were applied Tukey test. The growth, the yield and the P concentration in the papaya were affected by doses and installments P. The best P₂O₅ dose was 160 kg ha⁻¹ and the installment, 50% at planting, 25% at 90 DAP and 25% at 180 DAP. The P concentration in petioles related to maximum fruit yield was 1.9 g kg⁻¹ at 210 DAP.

Keywords: Tainung 01, fertilization and production.

1 INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma planta cultivada em regiões tropicais e subtropicais, estando disseminado praticamente em todo o território nacional. Por ser uma planta de crescimento rápido e contínuo, com floração e frutificação concomitantes e ininterruptas, necessita de adubações e suprimento de água constantes em todo o seu ciclo.

Estudos desenvolvidos com a cultura para determinar a absorção e a exportação de nutrientes pela colheita demonstraram que o mamoeiro é uma planta que absorve quantidades relativamente altas de nutrientes e apresenta exigências contínuas durante o primeiro ano de cultivo (CUNHA, 1979).

Dentre os nutrientes essenciais, o P é estratégico no cultivo do mamoeiro no Brasil, pois a maior parte dos pomares encontra-se implantados em solos de baixa fertilidade, principalmente para esse nutriente, o que leva à utilização de altas doses de fertilizantes fosfatados (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Esse nutriente é absorvido, principalmente, na forma de íon fosfato ($\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$) e participa de vários processos na planta. É um elemento com funções estruturais e metabólicas, pois faz parte das moléculas de DNA e RNA; participa das reações de transferência de energia por meio do ATP; entra na composição de enzimas catalíticas, como a fosfatoquinase; participa como regulador da síntese de amido e no transporte de carboidratos nas células (BALEMI; NEGISHO, 2012).

Os sintomas de deficiência na planta incluem diminuição da altura, atraso na emergência das folhas, redução das brotações, raízes e sementes (GRANT *et al.*, 2001). No mamoeiro, os sintomas aparecem inicialmente nas folhas mais velhas, que apresentam um mosqueado amarelo ao longo das margens. Posteriormente, as folhas amarelecem completamente e soltam-se do tronco. As folhas novas apresentam-se menores e com tonalidades verde-escuras (CUNHA; HAAG, 1980).

Apesar do P ser requerido em grande quantidade e de forma contínua pelo mamoeiro e também, por estarem em baixo teor nos solos, não há, até o momento, na literatura brasileira qualquer estudo sobre efeito das doses e parcelamento de P no cultivo do mamoeiro nas condições edafoclimáticas do Ceará.

Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar o crescimento, a produção e os teores de P no mamoeiro Tainung 01 em função de doses e parcelamento de P.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na mesma área do trabalho com B, com as mesmas características de solo, preparo da área, material vegetal, sistema de cultivo e irrigação.

O pomar foi instalado em 27 de julho de 2010 e o experimento conduzido até 28 de julho de 2011, correspondendo a 12 meses de cultivo e 5 meses de coleta de frutos. A condução do experimento foi encerrada devido à incidência de viroses nas plantas.

A adubação de fundação foi feita um dia antes do plantio com 15 litros de esterco bovino e as doses iniciais de P, via superfosfato triplo. As adubações de cobertura foram feitas seguindo as recomendações de Oliveira *et al.* (2004), com base na análise do solo (Tabela 2.1), para produção maior que 70 t ha⁻¹ ano⁻¹. Foram aplicados 340 kg ha⁻¹ de N e 400 kg ha⁻¹ de K₂O via sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Além disso, foram aplicados, aos 28 DAP, 57 kg ha⁻¹ de FTE BR 12 (1,8% B, 0,8% Cu, 3,0% Fe, 2,0% Mn, 0,1% Mo e 9,0%, Zn), tomando como referencia a aplicação de 1 kg ha⁻¹ de B.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos foram arrançados no esquema fatorial 3 x 3 + 1. O primeiro correspondeu às doses de P₂O₅ (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 kg ha⁻¹), na forma de superfosfato triplo (46% de P₂O₅) e o segundo, aos parcelamentos das doses (P1 = 100% da adubação com P no plantio; P2 = 50% no plantio e 50% aos 180 DAP e P3 = 50% no plantio, 25% aos 90 DAP e 25% aos 180 DAP), mais um controle (0 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

As parcelas foram constituídas de seis plantas, sendo três em cada fileira da linha dupla. As duas primeiras plantas de cada parcela, uma em cada linha, formavam a bordadura interna simples e as quatro restantes as plantas úteis. A área total da parcela foi de 36 m², sendo 24 m² de área útil.

O crescimento da planta foi avaliado aos 180 DAP, medindo-se a altura da planta do colo até a gema apical e a circunferência do caule medido a 30 cm do solo.

Em cada parcela foram coletadas quatro folhas, uma folha por planta, aos 210 e 360 DAP. A folha índice apresentava uma flor recém-aberta na axila e foi usado o pecíolo foliar para análise de B, conforme recomendação de Costa (1995). Aos 240 DAP, coletou-se um fruto apresentando 25 a 75% da superfície da casca amarela, correspondentes aos estágios dois a quatro de maturação, segundo a classificação normatizada pelo acordo bilateral de 1999 entre a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil e o Departamento Norte-Americano de Agricultura (USDA) do Serviço de Inspeção de Saúde Animal e Vegetal (APHIS).

A colheita de frutos foi iniciada aos 210 DAP e avaliada durante cinco meses de produção. O rendimento de cada parcela foi estimado pela razão da massa total dos frutos das plantas úteis, sobre a área equivalente a essas plantas (24 m²).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, avaliando-se os efeitos principais em cada variável e suas interações pelo teste F. Para as doses de B foram ajustadas as equações de regressões e para os parcelamentos foram promovidas as comparações entre médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis de altura da planta e circunferência do caule do mamoeiro foram influenciados pela interação entre os fatores dose e parcelamento da adubação fosfatada (Tabela 3.1). O efeito de parcelamento foi diferente entre as doses. O parcelamento P2 proporcionou as maiores médias para altura de planta e circunferência do caule na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 3.2 e Tabela 3.3). O parcelamento P3 proporcionou as maiores médias na dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Enquanto, na dose de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, esses parcelamentos proporcionaram, igualmente, as maiores médias, para altura de planta.

Tabela 3.1 – Resumo das análises de variância para altura de planta, circunferência do caule, teor de P no pecíolo foliar e no fruto e rendimento do mamoeiro Tainung 01 em função das doses e parcelamento de P, Acaraú - CE, 2010

Fonte de variação	G.L	Altura de planta	Circunferência do caule	Teor de P		Produtividade
				Pecíolo	Fruto	
Dose	2	0,001 ns	3,903 ns	48,967 *	25,142 ns	2,438 ns
Parcelamento	2	0,040 **	24,729 **	31,840 ns	26,518 ns	6,607 ns
Dose x Parcelamento	4	0,032 **	17,974 **	23,238 ns	132,101 ns	0,274 **
Dose x Testemunha	1	0,058 **	1,687 ns	109,964 **	60,446 ns	35,814 ns
Tratamento	(9)	0,030 **	14,538 **	40,503 *	76,930 ns	6,111 ns
Bloco	2	0,009 ns	1,152 ns	20,767 ns	358,718 *	7,557 ns
Resíduo	18	0,003	1,313	12,910	131,646	19,768
Média		1,88	31	20	50,9	15,3
CV (%)		2,8	3,7	18,1	24,0	29,0

ns, * e ** – não significativo e significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 3.2 – Altura do mamoeiro Tainung 01, aos 180 DAP, em função do parcelamento para cada dose de P₂O₅, Acaraú - CE, 2010

Dose	P1	P2	P3
kg ha ⁻¹	----- m -----		
100	1,80 b	2,03 a	1,89 b
200	1,85 b	1,80 b	2,04 a
300	1,81 b	1,97 a	1,89 ab

Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo o Teste de Tukey.

Tabela 3.3 – Circunferência do caule mamoeiro Tainung 01, aos 180 DAP, em função do parcelamento para cada dose de P₂O₅, Acaraú - CE, 2010

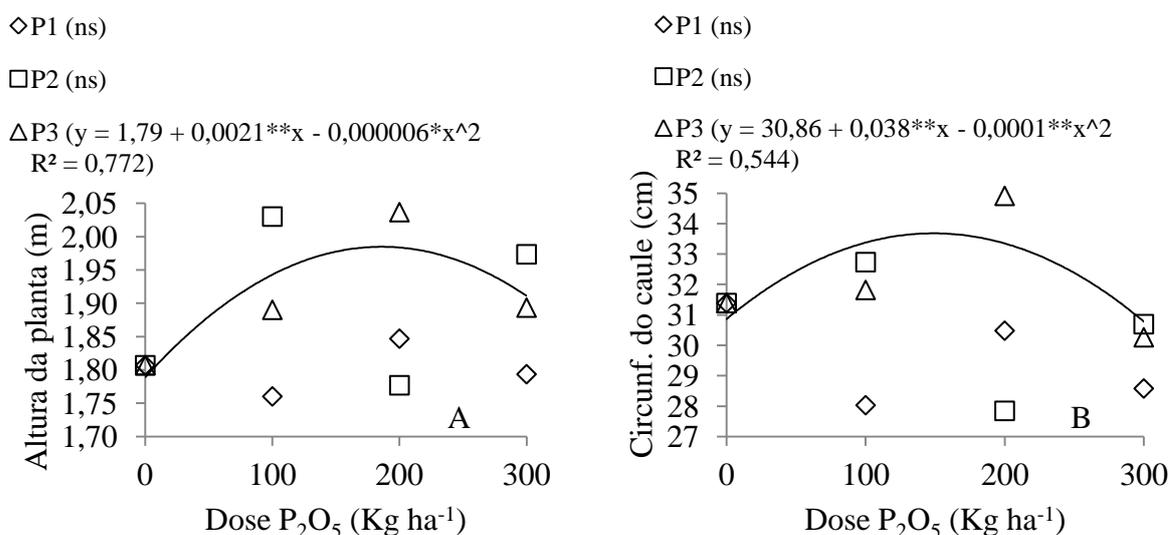
Dose	P1	P2	P3
kg ha ⁻¹	----- cm -----		
100	28,0 b	32,7 a	31,8 b
200	30,5 b	27,8 c	34,9 a
300	28,6 a	30,7 a	30,3 a

Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo o Teste de Tukey.

O efeito de dose na altura da planta e circunferência do caule foi observado apenas no parcelamento P3 (Figura 3.1A e 3.1B). A altura e a circunferência máxima de 1,97 m e 34,5 cm, foram alcançada com as doses estimadas de 175 e 189 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Respostas à adubação com P foram observadas em diversas culturas, como mangueira, aceroleira e repolho (MELLO, 2010; BALOTA *et al.*, 2011 e CECÍLIO FILHO *et al.*, 2013) e em mamoeiro, para altura da planta, circunferência do caule e número de folhas (MINHONI; AULER, 2008 e KAISAR *et al.*, 2013). Isso deve, ao papel desse nutriente no aumento da fotossíntese, divisão celular e absorção e transporte de íons (BALEMI; NEGISHO, 2012).

A altura e a circunferência do caule das plantas ficaram abaixo da expectativa. Isso porque a mesma cultivada em Russas-CE, alcançou altura média de 2,07 m e circunferência do caule de 30,6 cm com a mesma idade (LIMA, 2009). Essa divergência pode estar relacionada às diferenças entre as condições edafoclimáticas, manejos e sistemas de cultivo.

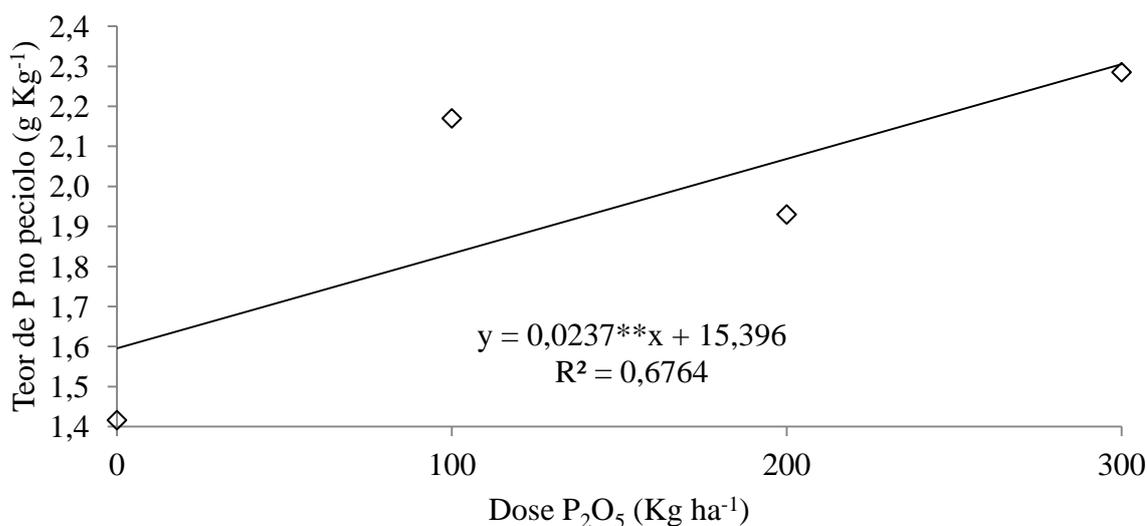
Figura 3.1 – Altura da planta (A) e circunferência do caule (B) de mamoeiro Tainung 01, aos 180 DAP, em função das doses e parcelamento de fósforo, Acaraú - CE, 2010



* e ** - significativos a 5% e 1%, respectivamente.

O teor de P no fruto não foi influenciado por nenhum dos fatores estudados, mas o teor desse nutriente no pecíolo foliar sim (Tabela 3.2). Esse teor foi influenciado apenas pelas doses de P_2O_5 . O incremento da adubação fosfatada aumentou linearmente o teor de P no pecíolo foliar (Figura 3.2). Essa resposta não é comum para as adubações com esse nutriente, pois sua concentração na solução do solo não aumenta na mesma proporção, uma vez que boa parte do P é fixado aos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, tornando indisponível para as plantas (KOCHIAN *et al.*, 2004). Apesar disso, esse comportamento foi observado em trabalhos com mangueira, repolho e mamoeiro (MELLO, 2010, CECÍLIO FILHO *et al.*, 2013 e MESQUITA *et al.*, 2010). O que pode explicar isso é a forma de distribuição do adubo fosfato, concentrado e próximo ao sistema radicular da planta. Isto provoca menor contato do adubo com o solo e conseqüentemente, menor perda por adsorção e aumento no teor de P na solução do solo próximo às raízes.

Figura 3.2 – Teores de P no pecíolo foliar do mamoeiro Tainung 01, aos 210 DAP, em função das doses de P, Acaraú - CE, 2010



** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

No presente estudo, as doses de P proporcionaram ganhos em rendimento, diferentemente do que ocorreu no trabalho de Oliveira; Caldas (2004), que não houve para cultivar Sunrise Solo. Já em Kaiser *et al.* (2013) a ausência do P diminuiu o comprimento, a largura e o peso dos frutos, como também, o número de frutos e a produção por planta. O efeito desse nutriente na produção das plantas está relacionado ao seu papel na formação das raízes, no pagamento da florada, na maturação dos frutos, na viabilidade das sementes e no transporte de carboidratos (MALAVOLTA, 2006).

Não foi observado diferença entre as médias de parcelamento dentro das doses (Tabela 3.4). Porém, foi observado ajuste de curva das doses no parcelamento P3 (Figura 3.3). O rendimento máximo de $16,6 \text{ t ha}^{-1}$ nesse parcelamento foi alcançado na dose estimada de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 3.3).

Esse valor foi semelhante a dose de P observado por Luna; Caldas (1984), que avaliaram a resposta do mamoeiro a três níveis de N, P e K. Entretanto, abaixo do recomendado para o primeiro ano de cultivo no estado da Bahia (OLIVEIRA *et al.*, 2004) e do observado por Lima (2009), 180 e 188 kg ha^{-1} de P_2O_5 , respectivamente. A provável explicação para essa diferença se deve à forma de aplicação, que nesse experimento foi ajustada na forma mais parcelada (P3) contrária da utilizada por esses autores (50% da dose aplicada no plantio e 50% aos 180 DAP).

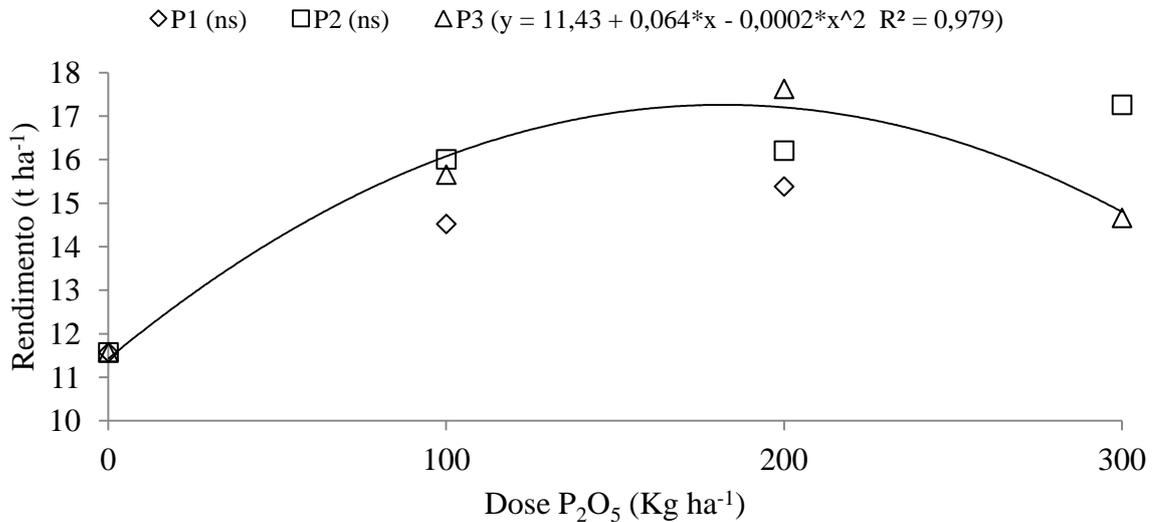
Em geral, o maior parcelamento da adubação com P promove maior eficiência, pois reduz a adsorção desse nutriente aos óxidos e hidróxidos de Fe e Al no solo (KOCHIAN *et al.*, 2004). Outro fator importante, é que a maior absorção desse nutriente pelo mamoeiro ocorre no período entre os estágios da floração e a colheita (CUNHA, 1919), no qual, o parcelamento P3 favoreceu a adubação nesse período.

Tabela 3.4 – Rendimento do mamoeiro Tainung 01 em função do parcelamento para cada dose de P_2O_5 , Acaraú - CE, 2010

Dose	P1	P2	P3
kg ha^{-1}	----- t ha^{-1} -----		
100	15,7 a	14,5 a	15,9 a
200	17,1 a	15,0 a	16,7 a
300	15,6 a	14,6 a	16,0 a

Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo o Teste de Tukey.

Figura 3.3 – Rendimento do mamoeiro Tainung 01 em função das doses de P_2O_5 para cada parcelamento, Acaraú - CE, 2010



** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

O teor estimado de P no pecíolo, relacionado à dose (160 kg ha^{-1} de P_2O_5) de máxima produção de frutos, foi de $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 3.2). Esse valor ficou inferior ao teor médio detectado em mamoeiros dos grupos Solo e Formosa no estado do Rio de Janeiro, com variação ao longo do ano de $2,5$ a $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ (MARINHO *et al.*, 2002). No entanto, ficou superior ao encontrado por Costa (1995) em época seca ($1,6 \text{ g kg}^{-1}$ de P) e chuvosa ($1,7 \text{ g kg}^{-1}$ de P). Essa divergência pode estar relacionada às diferenças entre cultivares e condições edafoclimáticas, manejos e sistemas de cultivo.

O maior teor de P encontrado no trabalho de Marinho *et al.* (2002), provavelmente, está relacionado ao tipo de solo (Argissolo Amarelo distrófico), pois apresenta baixo teor de óxidos de Fe, o que reduz a adsorção de P e favorece a sua absorção pelas plantas. Já no trabalho de Costa (1995) as principais diferenças estão no sistema de cultivo não irrigado e no tipo cultivar estudada.

Quando o teor de $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ de P observado nesse trabalho é comparado ao observado por Lima (2009) ($1,84 \text{ g kg}^{-1}$ de P), verifica-se que esse teor pode ser tomado como referência para o híbrido Tainung 01 em cultivo no Neossolo Quartzarênico e condições climáticas do Ceará. Isso porque os dois trabalhos foram desenvolvidos, com o mesmo híbrido e em condições semelhantes de adubação e cultivo (sistema irrigado).

4 CONCLUSÕES

O crescimento, a produção e o teor de P no mamoeiro foram afetados tanto pelas doses como pelo parcelamento da adubação com fósforo.

A melhor dose de P_2O_5 foi 160 kg ha^{-1} e o parcelamento, 50% no plantio, 25% aos 90 DAP e 25% aos 180 DAP.

O teor de P no pecíolo foliar associado ao máximo rendimento foi de $1,9 \text{ g kg}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

- BALEMI, T.; NEGISHO, K. Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 12, n. 3, p. 547-561, 2012.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 166-175, 2011.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; SILVA, G. S. DA; CORTEZ, J. W. M. Phosphorus fertilization of 'Fuyutoyo' cabbages in phosphorus-rich Eutruxox soil. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 73, n. 3, p. 288-292, 2013.
- 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.
- CUNHA, R. J. P. **Marcha de absorção de nutrientes em condições de campo e sintomatologia de deficiências de macronutrientes e do boro em mamoeiro**. 1979. 131 f. Tese (Doutorado em Nutrição de Plantas) ESALQ, Piracicaba, 1979.
- CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P. - Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). III - Sintomatologia de carências nutricionais. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 37, n. 1, p. 303-317, 1980.
- GRANT, C.A; Flaten, D.N.; Tomaszewicz, D.J.; Sheppard, S.C.- A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas Nº 95**, Instituto da Potassa e do Fosfato, EUA, 2001.
- KAISAR, M. O.; ARA, N. SADAT, M. A.; KHALEQUZZAMAN, K. M. Growth and yield of papaya subjected to nutrient deprivation. **International Journal of Sustainable Crop Production**, v. 8, n. 1, 2013.
- KOCHIAN, L. V., HOEKENGA, O. A, PINEROS, M. A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminium tolerance and phosphorus efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 459-493, 2004.
- LIMA, F. F. **Interação fósforo e zinco no mamoeiro 'tainung 01', em neossolo quartzarênico**. 2009. 46f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) UFC, Ceará, 2009.
- LUNA, J.V.U.; CALDAS, R.C. Adubação mineral em mamão (*Carica papaya* L.). In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais... SBF**. Florianópolis, Santa Catarina, p. 946-952, 1983.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. Ed. CERES, Esalq, São Paulo, 2006. p. 163-415.
- MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. DE; MARINS, S. L. D.; VIEIRA, A. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros 'solo' e 'formosa'. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 373-381, 2002.

MELLO, R. P. de Phosphorus effects in the nutrition and growth of developing mango plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, p. 2041-2049, 2010.

MESQUITA, E. F. DE; CAVALCANTE, L. F.; GONDIM, S. C.; CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, I. H. L.; GONDIM, P. C. Teores foliares e exportação de nutrientes do mamoeiro baixinho de santa amália tratado com biofertilizantes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 66-76, 2010.

MINHONI, M. T. A.; AULER, P. A. M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 841-847, 2003.

OLIVEIRA, A. M. G; CALDAS, R. C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p. 160-163, 2004.

OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. da; 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**).

CAPÍTULO 4

Crescimento e rendimento do mamoeiro Formosa em função de doses de zinco

RESUMO

A deficiência de Zn é um das mais comuns entre os micronutrientes para as culturas e, atualmente, não existe uma recomendação de adubação desse nutriente para o mamoeiro. O objetivo deste experimento foi avaliar o crescimento, a produção e os teores de Zn no mamoeiro Tainung 01, em função de doses de Zn. O experimento foi instalado em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis doses de Zn (7,8; 9,8; 11,8; 13,8; 15,8 e 19,8 kg ha⁻¹). Foram avaliadas a altura da planta e a circunferência do caule aos 180 DAP, o teor de Zn no pecíolo foliar aos 210 e 360 DAP, o teor de Zn no fruto aos 240 DAP e o rendimento dos mamoeiros entre 210 e 360 DAP. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para as doses de Zn foram ajustadas as equações de regressões. O crescimento, a produção e os teores de Zn no mamoeiro foram afetados pelas doses de Zn e a melhor dose foi 10 kg ha⁻¹. O teor de Zn no pecíolo foliar aos 210 DAP, relacionado ao máximo rendimento foi de 12 mg kg⁻¹.

Palavras-chave: Fruticultura, análise foliar e micronutrientes.

Fertilization with zinc on production, growth and nutrition of papaya taiwan

ABSTRACT

Zn deficiency is one of the most common among the micronutrients to crops and currently there is no recommendation for this nutrient fertilizer for papaya. The objective of this experiment was to evaluate the growth, production and Zn concentration in Tainung 01 papaya, according to Zn doses. The experiment was conducted in an experimental design of randomized blocks with three replications. The treatments consisted of six Zn doses (7.8, 9.8, 11.8, 13.8, 15.8 and 19.8 kg ha⁻¹). Were evaluated plant height and girth stem at 180 DAP, the Zn concentration in petioles at 210 and 360 DAP, the Zn concentration in the fruit at 240 DAP and yield of papaya trees between 210 and 360 DAP. The experimental data were subjected to analysis of variance by F-test. To the doses of Zn were adjusted regression equations. The growth, yield and Zn concentration in the papaya were affected by Zn doses and the best dose was 10 kg ha⁻¹. The Zn concentration in the petiole leaf at 210 DAP, related to maximum yield was 12 mg kg⁻¹.

Keywords: Fruit growing, leaf analysis e micronutrients.

1 INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma planta herbácea tipicamente tropical que tem a característica de produção rápida e contínua durante todo o ano (MANICA *et al.*, 2006). No Brasil, a cultura do mamoeiro tem grande importância econômica, visto que o País é o segundo maior produtor mundial da fruta (FAO, 2014). Entre os estados brasileiros, o Ceará se destaca como terceiro maior produtor (IBGE, 2013) e apresenta um bom potencial de crescimento na produção dessa fruta, devido adequada intensidade luminosa durante todo o ano, mão-de-obra abundante e disponibilidade de água nos perímetros irrigados do Estado.

O mamoeiro é uma planta que apresenta produção intermitente de flores e frutos, o que leva ao suprimento de água e nutrientes em intervalos frequentes. A obtenção de boa produtividade e qualidade de frutos está relacionada com nutrição balanceada. Nesse aspecto, o Zn é importante para a produção da planta, pois é o micronutriente mais presente nas flores e frutos, com cerca de 20% do total absorvido (CUNHA, 1979).

O Zn, ao lado do B, é provavelmente o micronutriente cuja deficiência é mais comum no Brasil, tanto em culturas anuais como nas perenes (MALAVOLTA, 2006). Uma explicação para isso é o baixo teor de Zn na maioria dos solos, cerca de 30% são deficientes para esse nutriente (KOCHIAN, 2000).

Esse nutriente está envolvido em diversas funções na planta, dentre elas, reprodução das plantas, regulador de enzimas, metabolismo dos carboidratos, proteínas e auxinas e na integridade das membranas (ALLOWAY, 2004).

Os sintomas de deficiência no mamoeiro começam com a redução do crescimento da planta e, posteriormente, clorose internervural nas folhas jovens (COSTA *et al.*, 2003). Nos casos de deficiência severa, ocorre a necrose das bordas e das nervuras principais do limbo, juntamente com o encurtamento dos internódios do caule da planta (NAUTIYAL *et al.*, 1986).

Trabalhos recentes têm demonstrado o efeito benéfico da aplicação de Zn em mamoeiro (JEYAKUMAR *et al.*, 2001 e LIMA, 2009). Em Lima (2009) foi observado efeito da adubação com Zn sobre o crescimento das plantas, alterações na composição química e produção. A melhor dose observada por esse autor foi de 9,8 kg ha⁻¹ de Zn.

Apesar da deficiência de Zn ocorrer com frequência e o teor desse nutriente ser baixo nos solos de cultivo, não existem uma recomendação de adubação de Zn para o mamoeiro. Com isso, objetivou-se com esse estudo avaliar o crescimento, a produção e os teores de Zn no mamoeiro Tainung 01 em função de doses de Zn.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na mesma área experimental do trabalho com B, com as mesmas características de solo, preparo da área, material vegetal, sistema de cultivo e irrigação.

O pomar foi instalado em 27 de julho de 2010 e o experimento conduzido até 28 de julho de 2011, correspondendo a 12 meses de cultivo e 5 meses de coleta de frutos. A condução do experimento foi encerrada devido à incidência de viroses nas plantas.

A adubação de fundação foi feita um dia antes do plantio com 15 litros de esterco bovino e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, via superfosfato triplo. As adubações de cobertura foram feitas seguindo as recomendações de Oliveira *et al.* (2004), com base na análise do solo (Tabela 2.1), para produção maior que 70 t ha⁻¹ ano⁻¹. Foram aplicados 340 kg ha⁻¹ de N e 400 kg ha⁻¹ de K₂O via sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Além disso, foram aplicados, aos 48 e 61 DAP, 5,5; 0,4 e 4,0 kg ha⁻¹ de B, Cu e Mn, respectivamente, utilizando-se como fonte ácido bórico, sulfato de Cu e sulfato de Mn.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos inicialmente foram constituídos por três doses de Zn (2, 4 e 8 kg ha⁻¹), na forma de sulfato de zinco (20% de Zn) e três parcelamentos das doses de Zn (P1 = 100% da adubação com zinco aos 30 DAP; P2 = 50% da adubação com zinco aos 30 DAP e 50% aos 180 dias após o plantio (DAP) e P3 = 50% da adubação com zinco aos 30 DAP, 25% aos 90 DAP e 25% aos 180 DAP), mais um controle (0 kg ha⁻¹ de Zn).

Depois da aplicação da primeira parcela das doses iniciais, conforme os parcelamentos propostos P1, P2 e P3, todos os tratamentos receberam uma complementação adicional de Zn (aos 90 DAP) com a aplicação de 52 g de FTE por planta, eliminando o fator parcelamento e alterando as doses aplicadas, as quais passaram a corresponder à: 7,8; 9,8; 11,8; 13,8; 15,8 e 19,8 kg ha⁻¹ de Zn.

As parcelas foram constituídas de seis plantas, sendo três plantas de cada fileira da linha dupla. As duas primeiras plantas de cada parcela, uma em cada linha, formaram a bordadura interna simples e as outras quatro as plantas úteis. A área total da parcela foi de 36 m², sendo 24 m² de área útil.

O crescimento da planta foi avaliado aos 180 DAP, medindo-se a altura da planta do colo até a gema apical e a circunferência do caule medido a 30 cm do solo.

Em cada parcela foram coletadas quatro folhas, uma folha por planta, aos 210 e 360 DAP. A folha índice apresentava uma flor recém-aberta na axila e foi usado o pecíolo foliar

para análise de Zn, conforme recomendação de Costa (1995). Aos 240 DAP, coletou-se um fruto apresentando 25 a 75% da superfície da casca amarela, correspondentes aos estágios dois a quatro de maturação, segundo a classificação normatizada pelo acordo bilateral de 1999 entre a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil e o Departamento Norte-Americano de Agricultura (USDA) do Serviço de Inspeção de Saúde Animal e Vegetal (APHIS).

A colheita de frutos foi iniciada aos 210 DAP e avaliada durante cinco meses de produção. O rendimento de cada parcela foi estimado pela razão da massa total dos frutos das plantas úteis, sobre a área equivalente a essas plantas (24 m²).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, avaliando-se os efeitos principais em cada variável e suas interações pelo teste F. Para as doses de Zn foram ajustadas as equações de regressões e para os parcelamentos foram promovidas as comparações entre médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado efeito das doses de Zn na altura de planta e circunferência do caule (Tabela 4.1). O incremento nas doses de Zn promoveu o crescimento das plantas apenas nas primeiras doses, com ajustes de ordem quadrática, apresentando pontos de máximo de 1,91 m em altura e 32 cm em circunferência nas doses estimadas de 9,3 e 8,3 kg ha⁻¹ de Zn, respectivamente (Figura 4.1A e 4.1B). A partir daí, houve decréscimo, evidenciando a ocorrência de efeito depressivo por toxidez.

Em outros trabalhos com mamoeiro, em fase de muda e em plantas adultas, as respostas à adubação com Zn foram percebidas apenas na altura de plantas (CORRÊA *et al.*, 2005 e LIMA, 2009). É muito provável que seja devido o papel do Zn na síntese do triptofano, que é o precursor do hormônio de crescimento, o ácido indol-acético (ALLOWAY, 2004). Já o seu efeito depressivo da toxidez, está relacionado, principalmente, ao acúmulo de tampões "plugs", no xilema, os quais dificultam a ascensão da seiva bruta (MALAVOLTA, 1997).

Tabela 4.1 – Resumo das análises de variância para altura de planta, circunferência do caule, teor de Zn no pecíolo foliar e no fruto e rendimento do mamoeiro Tainung 01 em função das doses de Zn, Acaraú - CE, 2010

Fonte de variação	G.L	Altura de planta	Circunferência do caule	Teor de Zn		Fruto	Rendimento
				Pecíolo			
				210 DAP	360 DAP		
Tratamento	5	0,010 *	7,371 **	11,153 **	6,364 ns	19,992 ns	25,992 *
Bloco	2	0,004 ns	0,485 ns	0,794 ns	2,753 ns	3,946 ns	19,443 ns
Resíduo	10	0,002	0,919	1,103	4,258	9,070	5,343
Média		1,88	31	13	14	31	15,3
CV (%)		2,5	3,1	8,4	14,6	9,7	15,1

ns, * e ** – não significativo e significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

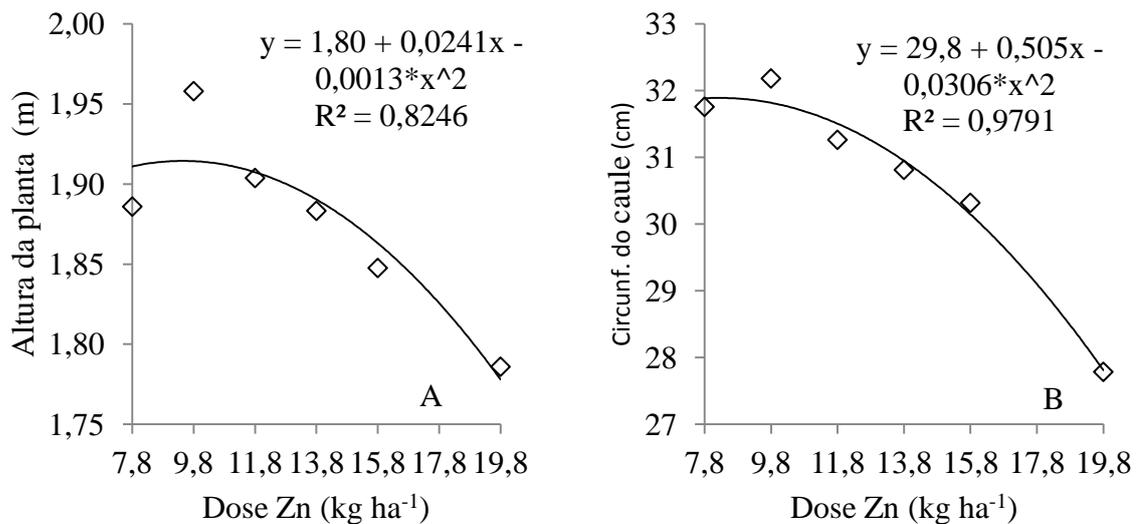
O teor de Zn no pecíolo aos 360 DAP e no fruto não foram influenciados pelas doses de Zn, mas o teor desse nutriente no pecíolo aos 210 DAP sim (Tabela 4.1). O aumento das doses de Zn promoveu o incremento progressivo na absorção e acúmulo desse elemento no pecíolo foliar aos 210 DAP, também de forma quadrática (Figura 4.2). O ponto de máximo de 14 mg kg⁻¹ foi alcançado na dose de 15 kg ha⁻¹ de Zn.

Esse mesmo comportamento foi observado em Lima (2009). O maior teor observado por esse autor foi de 18 mg kg⁻¹ na dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn. Essa divergência pode está associado a fonte do adubo usado por esse autor (sulfato de zinco). Esse adubo é mais solúvel

em água do que o adubo utilizado nesse experimento (FTE). Quanto mais solúvel o adubo, mais rápido será a liberação de nutrientes.

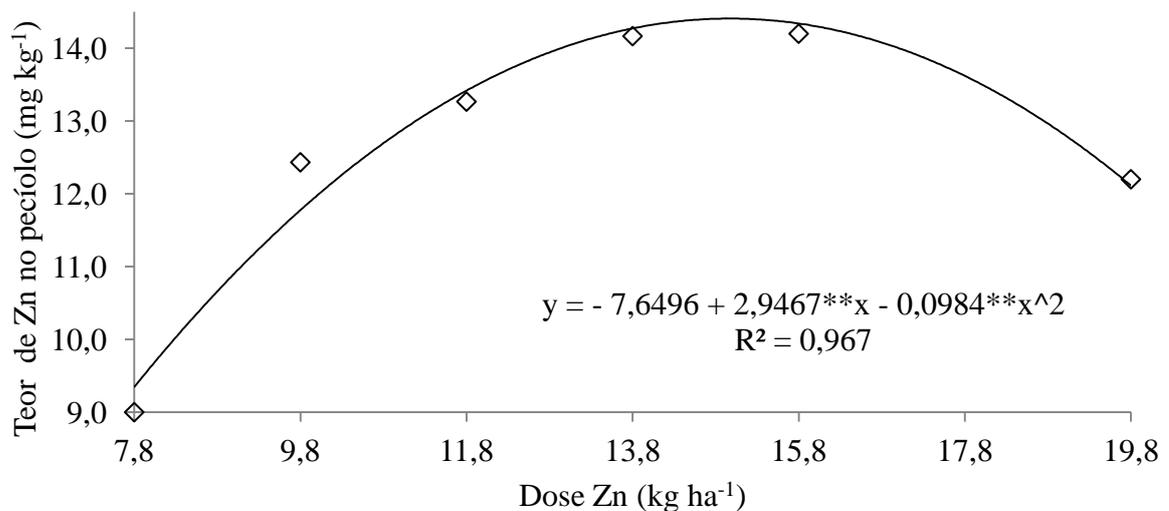
O adubo FTE é pouco solúvel em água e apresenta liberação lenta de nutrientes. Isso pode ser constatado, quando observado o teor médio de Zn no pecíolo foliar nas duas épocas de coleta. Aos 360 DAP, o teor de Zn foi maior do que aos 210 DAP (Tabela 4.1).

Figura 4.1 – Altura da planta (A) e circunferência do caule (B) de mamoeiro Tainung 01, aos 180 DAP, em função das doses de Zn, Acaraú - CE, 2010



* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Figura 4.2 – Teores de Zn no pecíolo foliar do mamoeiro Tainung 01, aos 210 DAP, em função das doses de Zn, Acaraú - CE, 2010



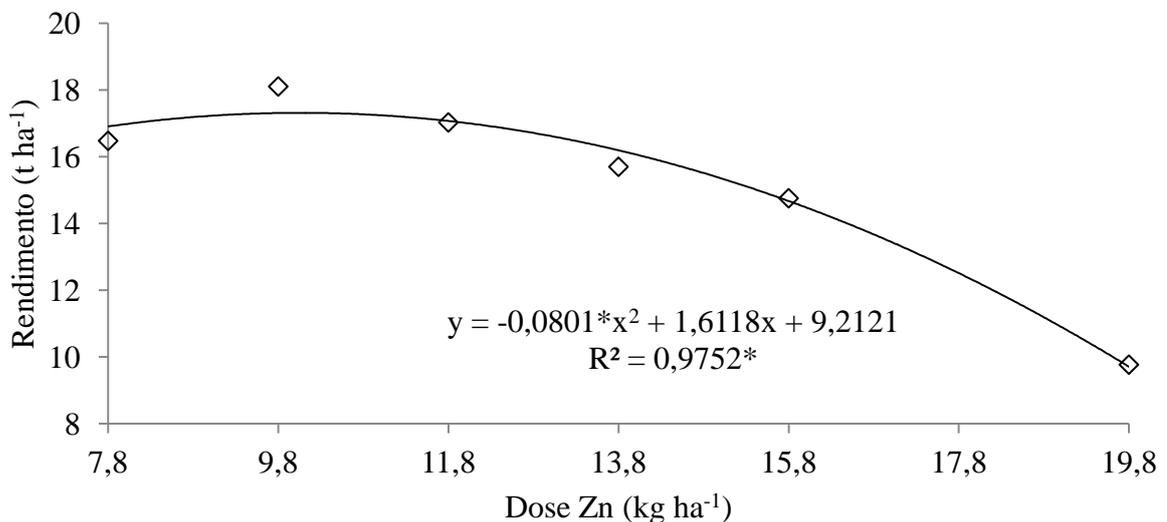
** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Foi observado efeito de dose sobre o rendimento das plantas (Tabela 4.1). Esse efeito, possivelmente, está relacionado à importância do Zn para o florescimento e produção, pois tem papel fundamental na formação das anteras e grãos de pólen e na transformação dos açúcares no processo fotossintético (ALLOWAY, 2004).

Nesse experimento, a curva das doses de Zn foi ajustada de forma quadrática e o rendimento máximo de 17,3 t ha⁻¹ foi obtido na dose estimada de 10 kg ha⁻¹ de Zn (Figura 4.3). Esse valor foi o mesmo encontrado por Lima (2009), para a mesma cultivar e condições semelhantes de clima, solo, adubação e cultivo (irrigado).

Recomendação de doses de Zn para o mamoeiro não existe. Aplicação desse nutriente não considera o seu teor no solo. O que ocorre é aplicação via adubo FTE, de acordo com o teor de B no solo. Com isso, considerando o teor de Zn no adubo FTE BR 12 e os atributos químicos do solo desse experimento (Tabela 2.1), é possível observar que a quantidade de Zn aplicado em São Paulo (SOARES; QUAGGIO, 1997) e Espírito Santo (COSTA *et al.*, 2003) seria de 5 kg ha⁻¹. Esse valor ficaria abaixo da melhor dose encontrado nesse trabalho. Porém, de acordo com o aplicado na Bahia (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Figura 4.3 – Rendimento do mamoeiro Tainung 01 em função das doses de Zn, Acaraú - CE, 2010



* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

O teor estimado de Zn no pecíolo aos 210 DAP, relacionado à dose (10 kg ha⁻¹ de Zn) de máxima produção de frutos, foi de 12 mg kg⁻¹ (Figura 4.2A e 4.2B). Esse valor ficou abaixo da faixa dos teores encontrados no trabalho conduzido por Marinho *et al.* (2002), que variou durante o ano de 14 a 18 mg kg⁻¹ de Zn, com seis cultivares dos grupos Solo e

Formosa. Porém, ficou dentro da faixa dos teores sugeridos como adequados por Costa (1995) para época seca ($15,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn) e chuvosa ($10,5 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn). Essas divergências entre os trabalhos estão relacionadas, principalmente, as condições diferentes de clima, solo, cultivar e adubação.

4 CONCLUSÕES

O crescimento, produção e teor de Zn no mamoeiro foram afetados pelas doses de Zn e a melhor dose foi 10 kg ha^{-1} .

O teor de Zn no pecíolo foliar aos 210 DAP relacionado ao máximo rendimento foi de 12 mg kg^{-1} .

REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B. J. Zinc in Soil and Crop Nutrition. **International Zinc Association Communications**. IZA publications, Brussels, Bélgica, 2004. p.116.
- CORRÊA, M. C. de M.; NATALE, W.; PRADO, R. de M.; OLIVEIRA, I. V. M.; ALMEIDA, E. V. Adubação com zinco na formação de mudas de mamoeiro. **Caatinga**, v. 18, n. 4, p. 245-250, 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.
- CUNHA, R. J. P. **Marcha de absorção de nutrientes em condições de campo e sintomatologia de deficiências de macronutrientes e do boro em mamoeiro**. 1979. 131 f. Tese (Doutorado em Nutrição de Plantas) ESALQ, Piracicaba, 1979.
- FAO, 2014 - Disponível em: <http://www.faostat.org.br> Acesso em: 20 de janeiro de 2014.
- IBGE 2014. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> Acesso em: 20 de janeiro de 2014.
- JEYAKUMA, P.; DURGADEVI, D. & KUMAR, N. Effects of zinc and boron fertilisation on improving fruit yields in papaya (*Carica papaya* L.) cv. Co5. **Plant nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems**, p. 356-357, 2001.
- KOCHIAN, L.V. Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization. In: _____. **Biochemistry & molecular biology of plants**. 11. Ed. American Society of plant physiologists, Rockville, Maryland, 2000. cap. 23, p. 1237.
- LIMA, F. F. **Interação fósforo e zinco no mamoeiro ‘tainung 01’, em neossolo quartzarênico**. 2009. 46f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) UFC, Ceará, 2009.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. Ed. CERES, Esalq, São Paulo, 2006. p. 163-415.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.
- MANICA, I.; MARTINS, D. dos S. **MAMÃO: Tecnologia de produção pós-colheita, exportação, mercados**. Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre - RS, 361 p. 2006.
- MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. DE; MARINS, S. L. D.; VIEIRA, A. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros ‘solo’ e ‘formosa’. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 373-381, 2002.
- NAUTIYAL, B. D.; SHARMA, C. P.; AGARWALA, S. C. Iron, zinc and boron deficiency in papaya. **Scientia Horticulturae**, v. 29, p. 115-123, 1986.

OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. da; 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**).

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 Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.145 (Boletim Técnico, 100).