



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Fernanda Campos Alencar Oldoni

**MANEJO DA FERTILIZAÇÃO BORATADA NA INCIDÊNCIA  
DE DESORDEM FISIOLÓGICA, PRODUÇÃO E QUALIDADE  
DE FRUTOS DE MANGA CV. PALMER**

JUAZEIRO – BA  
2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Fernanda Campos Alencar Oldoni

**MANEJO DA FERTILIZAÇÃO BORATADA NA INCIDÊNCIA  
DE DESORDEM FISIOLÓGICA, PRODUÇÃO E QUALIDADE  
DE FRUTOS DE MANGA CV. PALMER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, Campus Juazeiro, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima  
Co-orientador: Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante

JUAZEIRO – BA  
2016

O44m Oldoni, Fernanda Campos Alencar.  
Manejo da fertilização boratada na incidência de desordem fisiológica, produção e qualidade de frutos de manga cv. Palmer / Fernanda Campos Alencar Oldoni. -- Juazeiro-BA, 2016.  
67 f. : il. ; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro-BA, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima.

1. Manga - fertirrigação. 2. Frutas – qualidade. I. Título. II. Lima, Augusto Miguel Nascimento. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco

CDD 634.44

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Fernanda Campos Alencar Oldoni

**MANEJO DA FERTILIZAÇÃO BORATADA NA INCIDÊNCIA  
DE DESORDEM FISIOLÓGICA, PRODUÇÃO E QUALIDADE  
DE FRUTOS DE MANGA CV. PALMER**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, como requisito para obtenção do título de Mestre.

*Augusto Lima*

---

Augusto Miguel Nascimento Lima, Prof. DSc.  
UNIVASF/CPGEA

*Italo Cavalcante*

---

Italo Herbert Lucena Cavalcante, Prof. DSc.  
UNIVASF/CEAGRO

*Karla dos Santos Melo de Sousa*

---

Karla dos Santos Melo de Sousa, Prof.<sup>a</sup> DSc.  
UNIVASF/CEAGRO

Juazeiro, 31 de março de 2016.

## AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu a vida e me permitiu chegar até aqui.

Aos meus pais Adeliana Campos Belarmino Alencar e Oliveira Siqueira Alencar (*in memoriam*), pelos ensinamentos, dedicação e amor. Serei eternamente grata a vocês, meus heróis. Meu amor por vocês é incondicional.

Às minhas irmãs Ricelly e Viviane e à minha sobrinha Letícia, por estarem presentes em todos os momentos da minha vida e pelo amor incondicional.

Ao meu cunhado Robério Duarte Barreto (*in memoriam*), por ter participado da minha vida intensamente e por todo amor e dedicação à minha família.

Ao meu marido Henrique Oldoni, pelo amor, companheirismo e pela dedicação, agradeço a Deus por ter me trazido você.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade e infraestrutura oferecida para a realização do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima (orientador), Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante (coorientador) e à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karla dos Santos Melo Sousa, pela orientação recebida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro referente à concessão da bolsa de pesquisa.

À Fazenda Herculano Agrícola pela concessão da área experimental, fornecimento de dados e todo o apoio durante os trabalhos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos ensinamentos prestados.

À Secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UNIVASF, Carolina Torres, pelo apoio e amizade.

A todos os amigos e colegas da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - UNIVASF, em especial ao meu amigo Marcio Alves Carneiro, pelo companheirismo e palavras de apoio, durante essa jornada. À Wyara Cordeiro, minha amiga, que apesar da distância, sempre nos falávamos, vou sentir muito sua falta. E à Leane Rodrigues, minha colega de trabalho.

A todos do Laboratório de Química e Física do Solo/CCA/UNIVASF.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o presente estudo.

OLDONI, F. C. A. **Manejo da fertilização boratada na incidência de desordem fisiológica, produção e qualidade de frutos de manga cv. Palmer**. 2016. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF. Juazeiro – BA.

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar a associação do boro com a incidência de frutos de manga 'Palmer' acometidos com desordem fisiológica e o seu efeito na produtividade e qualidade físico-química de frutos da mangueira 'Palmer', conduziu-se um estudo no pomar comercial da Fazenda Herculano Agrícola, localizada no município de Casa Nova – BA, no período de outubro/2013 a maio/2014, avaliando-se um ciclo de produção. Os tratamentos consistiram de sete diferentes manejos de adubação: T1 = Duas fertirrigações com 50 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (adubação do produtor); T2 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)]; T3 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)]; T4 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)]; T5 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (10 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T6 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (20 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T7 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (40 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). Foram avaliadas a incidência de frutos com desordem fisiológica, produtividade (t ha<sup>-1</sup>), produção por planta (kg planta<sup>-1</sup>) e as características físico-químicas dos frutos, dentre elas: diâmetros longitudinal e transversal (cm), espessura da casca (mm), massa do fruto (g), percentagem de polpa (%), acidez titulável – AT (g de ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup>), vitamina C (mg ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup>), sólidos solúveis - SS (°Brix), pH e relação SS/AT. Os resultados demonstraram que o manejo da adubação boratada foi eficiente na redução da desordem fisiológica, e, ainda, influenciou a produtividade (t ha<sup>-1</sup>) sendo destacado o tratamento T2, atingindo produtividade média de 35,62 t ha<sup>-1</sup>. As variáveis produção por planta (kg planta<sup>-1</sup>) e qualidade físico-química de frutos de mangueira 'Palmer', também obtiveram resultados satisfatórios com a aplicação de cinco pulverizações foliares de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, destacando-se o tratamento com cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)] para melhores respostas na maioria das características físico-químicas avaliadas.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L.. Ácido bórico. Sólidos solúveis. Vitamina C.

OLDONI, F. C. A. **Boron fertilization management in the incidence of physiological disorder, yield and quality of mango fruits cv. Palmer.** 2016. 67f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering), Federal University of São Francisco Valley - UNIVASF. Juazeiro – BA.

## ABSTRACT

In order to evaluate the association of boron with the incidence of mango fruits 'Palmer' affected by physiological disorder and its effect on fruit yield and physicochemical quality of mango 'Palmer', it was carried out a study on a commercial orchard in Herculano Agrícola farm, located in Casa Nova county, Bahia State, Brazil, from October/2013 to May/2014. The treatments consisted on seven different fertilization managements: T1 = Two fertirrigations with 50 g plant<sup>-1</sup> of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (fertilizing of the grower); T2 = T1 + five sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [first two (0.3%) and others (0.2%)]; T3 = T1 + five sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [first two (0.3%) and others (0.4%)]; T4 = T1 + five sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [first two (0.3%) and others (0.6%)]; T5 = T1 + two sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0.3%) + three fertirrigations (10 g plant<sup>-1</sup> of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T6 = T1 + two sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0.3 %) + three fertirrigations (20 g plant<sup>-1</sup> of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T7 = T1 + two sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0.3%) + three fertirrigations (40 g plant<sup>-1</sup> of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). It was evaluated the incidence of fruit with physiological disorder, yield (t ha<sup>-1</sup>), production per plant (kg plant<sup>-1</sup>) and the physicochemical characteristics of fruits, such as: longitudinal and transverse diameter (cm), shell thickness (mm), fruit weight (g), percentage of pulp (%), titratable acidity - TA (g citric acid 100 g<sup>-1</sup>), vitamin C (mg ascorbic acid 100 g<sup>-1</sup>), soluble solids - SS (°Brix), pH and SS / TA ratio. The results showed that the management of borated fertilization was effective in reducing the physiological disorder, and also affect yield (t ha<sup>-1</sup>) being detached T2 treatment, reaching a yield average of 35.62 t ha<sup>-1</sup>. The variables production per plant (kg plant<sup>-1</sup>) and physicochemical quality of mango fruits 'Palmer', also showed satisfactory results with the implementation of five foliar sprays of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, especially the treatment with five sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [first two (0.3%) and others (0.6%)] which showed better results in most of the physicochemical characteristics evaluated.

**Keywords:** *Mangifera indica* L.. Boric acid. Soluble solids. Vitamin C.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1. Fertilidade do solo e nutrição mineral da mangueira.....	11
2.2. Desordens fisiológicas em mangueira .....	13
2.3. Nutrição boratada na produtividade e qualidade de frutos .....	14
3. ARTIGO 1: DESORDEM FISIOLÓGICA E PRODUTIVIDADE DE MANGUEIRA CV. PALMER ASSOCIADA À NUTRIÇÃO DE BORO .....	18
RESUMO .....	18
ABSTRACT .....	19
INTRODUÇÃO .....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÕES .....	32
REFERÊNCIAS.....	33
4. ARTIGO 2: INFLUÊNCIA DO MANEJO DA ADUBAÇÃO BORATADA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE FÍSICO - QUÍMICA DE MANGA CV. PALMER.....	36
RESUMO .....	36
ABSTRACT .....	37
INTRODUÇÃO .....	38
MATERIAL E MÉTODOS.....	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
CONCLUSÕES .....	54
REFERÊNCIAS.....	54
5. CONCLUSÕES GERAIS.....	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira vem desempenhando um papel relevante no desenvolvimento econômico e social e isso se deve à crescente participação do setor no comércio internacional e pelo abastecimento do mercado doméstico (LOURENZANI et al., 2008). Com geração de empregos diretos, totalizando 2 pessoas ha<sup>-1</sup> na cultura da manga, a participação da fruticultura é efetiva na geração de empregos por área, na distribuição de renda, no fortalecimento da renda familiar, na formação da classe média rural e na interiorização do desenvolvimento de bases sustentáveis (VALEXPOR, 2016). Com isso, coloca o Brasil em terceiro lugar no ranking das principais nações produtoras de manga, com uma produção de 43,8 milhões de toneladas de frutas ano<sup>-1</sup> ficando atrás apenas da China e da Índia (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

O Vale do São Francisco é considerado o maior produtor nacional de manga, sendo que o polo agrícola Petrolina - PE / Juazeiro - BA, responde por mais 85 % das exportações brasileiras dessa fruta *in natura* (VALEXPOR, 2016), contribuindo para que o Brasil seja um dos maiores exportadores de manga do mundo, com a participação de aproximadamente 10% da exportação de frutas frescas (FAO, 2014).

Dentre as cultivares de manga mais produzidas no Vale do São Francisco, destaca-se a ‘Palmer’ por apresentar uma maior aceitação no mercado interno devido ao sabor e produção semitardia, frutos de polpa amarela firme com pouca ou nenhuma fibra e casca fina, bom sabor, relação polpa/fruto de 72 % e pouco suscetível ao colapso interno no fruto (GENÚ; PINTO, 2002), embora essa cultivar tenha apresentado, no Vale do São Francisco, a incidência de frutos pequenos, sem sementes e com formato diferente, vulgarmente conhecido como “manguita” ou “castanha”, o que pode estar associado à nutrição boratada.

O boro é considerado o micronutriente que mais afeta a produtividade e qualidade dos frutos (GALLI et al., 2012), em baixos níveis na planta resulta em um menor florescimento e polinização, além de frutos de tamanho reduzido (SILVA et al., 2014). A floração da mangueira é geralmente excessiva, entretanto, em algumas situações, há baixo pegamento dos frutos e queda prematura, o que pode estar relacionado com a importância do boro na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (SARAN; KUMAR, 2011).

O ácido bórico é a fonte de boro mais utilizada nas adubações (LEMISKA et al., 2014), quando aplicado no solo supre os frutos e, quando aplicado via foliar, aumenta os teores de boro nas flores, sendo que ambas as aplicações refletem em uma melhora na produtividade e qualidade de frutos (WÓJCIK et al., 2008). De acordo com Ganie et al. (2013) independentemente do modo de aplicação, a polinização aumenta juntamente com a qualidade de frutos por diminuir desordens fisiológicas.

Baseando-se em evidências que sugerem que o boro desempenha funções no alongamento celular, na síntese dos ácidos nucléicos e no funcionamento de membranas (SHELP, 1993; GANIE et al., 2013), e, em que, este nutriente em deficiência pode estar associado à desordem fisiológica, vulgarmente conhecida como “manguita”, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a associação do boro com a incidência de “manguitas” em frutos de manga cv. ‘Palmer’, visando o combate à desordem, sua resposta ao aumento da produtividade e sua influência na qualidade físico-química de frutos da mangueira ‘Palmer’ cultivada no Vale do São Francisco.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Fertilidade do solo e nutrição mineral da mangueira

A prática inadequada de adubação devido a uma falta de conhecimento do solo e da exigência nutricional da planta, afeta de forma significativa o desenvolvimento e a produtividade da planta. A mangueira é capaz de extrair os nutrientes dos mais variados tipos de solos, devido seu sistema radicular ser bem desenvolvido. A mesma desenvolve-se melhor em solos profundos (> 2m) bem drenados, sendo os mais recomendados os areno-argilosos e ricos em matéria orgânica (CARVALHO et al., 1989).

No Vale do São Francisco, especificamente no polo Petrolina – PE / Juazeiro - BA, a mangueira é cultivada em diferentes tipos de solos, sendo mais frequentes nas classes dos Vertissolos, Argissolos, Latossolos e Neossolos Quartzarênicos. Solos com impedimento físico tais como compactação, comuns na região do Vale do São Francisco, devem ser trabalhados na época de implantação do pomar, pois influenciam na distribuição das raízes e absorção de água e dos nutrientes (SILVA; GOMES, 2004; GOMES et al., 2005; SILVA et al., 2005).

Para alcançar produtividades satisfatórias há necessidade de conhecimentos referentes ao aspecto nutricional da mangueira, os quais apresentam duas fases distintas: uma referente ao acúmulo de nutrientes, iniciada após a colheita até o início da floração, e uma durante a formação dos frutos com a redução dos níveis de nutrientes (CRISÓSTOMO et al., 2009). Quanto à remoção de nutrientes pela cultura observa-se que o estágio de frutificação na mangueira requer maiores quantidades de potássio e nitrogênio, dentre os macronutrientes (MAGALHÃES; BORGES, 2000).

Em trabalho realizado por Souza (2007), ao avaliar a curva de crescimento e exportação de nutrientes por frutos de mangueira Palmer, Haden e Tommy Atkins, na região de Minas Gerais, em um Latossolo Vermelho Eutrófico, observou-se a ordem decrescente de extração pelos frutos da mangueira, que segue a sequência K>N>Ca>P>Mg>S>Mn>Na>Fe>Cu>B>Zn. Existem poucos trabalhos relacionados ao acúmulo de nutrientes por frutos de mangueira na literatura, ao longo do seu

crescimento, sendo apenas determinado o acúmulo de nutriente nos frutos, por ocasião da colheita, o que não determina a exigência nutricional da cultura.

Laborem et al. (1979) apresentaram valores sobre a extração de nutrientes por uma colheita de manga, utilizando amostras de 16 variedades, constatando que uma produção de 15,914 kg/ha de frutos frescos extrai: 104 kg/ha de N; 12 kg/ha de P; 99 kg/ha de K; 88 kg/ha de Ca; 47 kg/ha de Mg; 87 g/ha de Mn; 147 g/ha de B; 375 g/ha de Zn; 345 g/ha de Cu e 976 g/ha de Fe.

Com o objetivo de avaliar o crescimento e extração de nutrientes em frutos de mangueiras das variedades Haden, Sensation, Edward e Tommy Atkins, em Piracicaba – SP, Haag et al. (1990) observaram que a extração total de nutrientes pelas variedades, em ordem decrescente foi: Haden, Tommy Atkins, Edward e Sensation. Em termos de remoção pela colheita, observaram que os macronutrientes são requeridos em quantidades semelhantes pelas variedades. Diferenças acentuadas foram encontradas nas extrações de micronutrientes, especialmente para Cu, Fe e Mn.

Ao avaliar o acúmulo de nutrientes em frutos de mangueira da variedade Manila, no México, Estrada et al. (1996) observaram que os nutrientes N, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn apresentaram maior acúmulo até os 40 dias após a fecundação; para o K, o maior acúmulo ocorreu entre 60 e 70 dias após a fecundação. Medeiros et al. (2005) determinaram a composição mineral dos frutos de mangueira 'Tommy Atkins' sob irrigação, em três diferentes classes de solo coletados à época da maturação, os macronutrientes presentes em maiores quantidades foram o Ca e o K. Quanto aos micronutrientes, os maiores níveis obtidos foram de Fe e de Cu, seguidos do Zn e do Mn.

Nas folhas da mangueira, Avilan (1971) observou que antes da floração ocorreram os maiores teores de N, P e K. Na época de plena floração e formação dos frutos, encontraram-se níveis mais baixos desses nutrientes; quando da maturação dos frutos houve tendência de manutenção ou mesmo diminuição dos níveis desses elementos nas folhas.

Ao avaliar os teores foliares de N, P e K em mangueiras da variedade Haden durante um ciclo de produção na Venezuela, Sergent et al. (1993), observaram que os teores médios foliares de N, P e K foram de 12, 1,9 e 8,7 g kg<sup>-1</sup> respectivamente, sendo crítica à época de plena floração, quando ocorreram menores teores de N e K.

Medeiros et al. (2005), trabalhando com frutos de mangueira 'Tommy Atkins', no Rio Grande do Norte observaram variações nas concentrações foliares dos elementos em função das diferentes fases do desenvolvimento da cultura. Nas quatro fases fenológicas, os teores de macronutrientes nas folhas das plantas obedeceram, de um modo geral, à seguinte ordem: Ca>N>K>Mg>P. A maior concentração do Ca na composição das folhas é atribuída à baixa mobilidade do nutriente na planta.

Pinto et al. (2008), avaliando o estado nutricional de pomares de mangueira 'Tommy Atkins' no Vale do São Francisco, observaram que em 52,73 % dos pomares de alta produtividade os macronutrientes são os mais limitantes por deficiência, destacando-se Mg, K e Ca, enquanto que em 46,87 % dos pomares os micronutrientes foram os mais limitantes por deficiência, destacando-se Fe e Zn. Maior atenção precisa ser dada à análise de micronutrientes (no solo e na planta), com conseqüente aplicação desses nos programas de adubação da cultura.

## **2.2. Desordens fisiológicas em mangueira**

Uns dos principais problemas relacionados à mangueira são as desordens fisiológicas, podendo estar associadas ao desequilíbrio nutricional, que também pode estar condicionado ao patrimônio genético, uma vez que, nas mesmas condições de ambiente e tratos culturais, as variedades diferem entre si na suscetibilidade à desordem fisiológica (ASSIS et al., 2004).

Assis et al. (2004) avaliaram o efeito do equilíbrio nutricional sobre a incidência de colapso interno em mangas Tommy Atkins cultivadas no Vale do São Francisco e observaram que, teores elevados de Ca e Mg, bem como baixas relações N/Ca e K/Ca, na polpa ou na casca, foram eficientes na prevenção de distúrbios fisiológicos nos frutos de mangueira; os valores de sólidos solúveis - SS e a relação SS/AT (acidez titulável), determinados nos frutos com sintomas foram muito mais elevados do que nos frutos sem sintomas, devido a uma sobrematuração desordenada dos tecidos da polpa.

Lima (1997) encontraram em polpa de manga 'Tommy Atkins' com desordens fisiológicas, em Lavras – MG, níveis inferiores de Ca e K e superiores de P e Mg em

relação à polpa de frutos sadios. Wainwright e Burbage (1989) observaram que o teor de minerais em mangas 'Afonso' e 'Banganapalli' com desordens fisiológicas, na Índia, é bastante variável, tornando-se necessários estudos nas diferentes regiões de cultivo, estações do ano e cultivares.

A deficiência de boro pode resultar em vários distúrbios fisiológicos, dentre eles, a necrose interna que foi identificada como o mais novo distúrbio em frutos de manga em desenvolvimento, mas também há relatos da ocorrência de sementes necrosadas, frutos com a ponta mais fina e frutos rachados (SARAN; KUMAR, 2011). Saran e Kumar (2011) aplicaram boro via solo e foliar com o objetivo de reduzir a incidência de frutos de mangueira rachados (cultivar 'Dashehari') na Índia e obtiveram, quando aplicado 25, 50 e 75 g planta<sup>-1</sup> via solo, redução de 2,02%, 1,01% e 1,05%, respectivamente, enquanto que via foliar, 0,05%, 0,075% e 0,10% de boro, reduziu 0,90%, 0,75% e 0,47%, respectivamente, o número de frutos rachados.

O Vale do São Francisco tem apresentado a incidência de frutos pequenos, sem sementes e com formato diferente, vulgarmente conhecido como "manguita" ou "castanha", o que pode estar associado à nutrição boratada. O micronutriente boro é o que mais afeta a produtividade e qualidade dos frutos (GALLI et al., 2012), em baixos níveis na planta resulta em um menor florescimento e polinização, além de frutos de tamanho reduzido (SILVA et al., 2014). Na mangueira, os teores foliares adequados de boro variam de 50 a 100 mg kg<sup>-1</sup>, segundo Quaggio et al. (1997).

### **2.3. Nutrição boratada na produtividade e qualidade de frutos**

Há alguns anos a adubação com boro já era considerada uma das práticas mais utilizadas pelos produtores de manga com o objetivo de aumentar a produtividade (ALBREGTS; HOWARD, 1984), além de ser um dos fatores pré-colheita que condiciona os atributos de qualidade desejáveis aos frutos.

O ácido bórico é a fonte de boro mais utilizada nas adubações. Quando aplicado diretamente ao solo é eficiente em suprir os frutos e, quando aplicado via foliar, eleva os teores de boro nas flores, e ambas as formas de aplicação podem melhorar a produtividade das plantas (WÓJCIK et al., 2008). A adubação via

fertirrigação tem sido bastante utilizada sob sistema de cultivo irrigado, proporcionando redução dos custos de produção, maior produtividade e qualidade dos produtos, além de permitir maior eficiência na utilização dos fertilizantes pelas plantas devido às pequenas quantidades e alta frequência de aplicação durante o ciclo da mangueira.

O B é indispensável para o crescimento e desenvolvimento das plantas (LOOMIS; DURST, 1992), e devido às suas várias funções fisiológicas, há importantes revisões sobre as funções do elemento em plantas (BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998; HERRERA-RODRÍGUEZ et al., 2010; WIMMER; EICHERT, 2013). Podem-se destacar três áreas de atuação do B na fisiologia vegetal: componente estrutural na parede celular, função na membrana plasmática e participação em atividades metabólicas (BOLAÑOS et al., 2004).

O B não é encontrado na forma elementar na natureza; na solução do solo a principal e mais importante forma é o ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), que também é aquela absorvida pelas plantas (HERRERA-RODRÍGUEZ et al., 2010).

Os vegetais necessitam de contínuo suprimento de B para o crescimento (O'NEILL et al., 2001), em virtude da grande concentração encontrada do elemento na parede celular sob forma estrutural (BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998). A sua deficiência impacta diretamente na estrutura, crescimento e divisão celular, sendo a morte do tecido meristemático um dos sinais mais comuns da escassez de B (O'NEILL et al., 2001). O boro interfere indiretamente na absorção de água e crescimento de raízes, uma vez que o contato íon-raiz é por fluxo de massa, no estado de deficiência ocorre redução na superfície de absorção de água, e por consequência, a de nutrientes também é prejudicada (WIMMER; EICHERT, 2013).

De acordo com Gupta et al. (1985) a adubação com boro aumenta o crescimento e a produção das plantas e sua deficiência resulta numa rápida inibição do crescimento sendo necessário adicionar fertilizantes. O B é um micronutriente que merece especial atenção por se tratar de um elemento cuja deficiência aparece em maior frequência nas culturas e por estar diretamente relacionado à formação e à qualidade da colheita (MALAVOLTA et al., 1997). Uma melhor qualidade dos frutos da mangueira depende, além do fator genético, do ponto ideal de colheita e de aspectos ligados ao estado nutricional das plantas (PRADO, 2004).

Estudos realizados por Nyomora et al. (2000), na Califórnia, apontaram aumento na frutificação e produção de amêndoas através de aplicações de B pelo

aumento da germinação do pólen *in vitro* ou *in vivo* e por permitir maior crescimento do tubo polínico. Usha e Singh (2002) obtiveram resultado positivo na produção e qualidade de frutos de videira cv. 'Perlette' com a aplicação foliar de B, Zn, Fe e Mn, na Índia.

Khalifa et al. (2009) observaram que a produtividade média de maçãs 'Anna' e o número e o peso médio de frutos aumentaram com aplicação foliar de ácido bórico (0,1%), no Egito. Da mesma forma, Costa et al. (2002), em Itabapoana – RJ, observaram que a aplicação de ácido bórico tanto no solo quanto nas folhas provocaram um aumento na produtividade e no número de frutos da pinheira. Costa et al. (2002) ainda observaram que as diferentes formas de aplicação de B não influenciaram o peso médio, o comprimento e o diâmetro de frutos, cujas médias foram 274 g, 73,3 mm e 81,5 mm.

Avaliando-se o efeito da aplicação foliar de micronutrientes ferro ( $\text{FeSO}_4$ ), boro ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) e zinco ( $\text{ZnSO}_4$ ) em pré-floração e na fase de plena floração sobre a qualidade dos frutos da mangueira cv. 'Dashehari' no Paquistão, MOAZZAM et al. (2011) observaram que a aplicação de todos os micronutrientes aumentou significativamente a qualidade dos frutos comparativamente ao controle. Os autores concluíram que a aplicação foliar combinada de  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  e  $\text{ZnSO}_4$  resultou em mangas menos ácidas, com maior valor de sólidos solúveis (SS) e de ácido ascórbico.

Avaliando-se o efeito da adubação foliar de  $\text{CaCl}_2$  (1,2%), Bórax (0,5%),  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0,5%),  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (1,0%),  $\text{ZnSO}_4$  (0,5%),  $\text{ZnCl}_2$  (0,3%) na produtividade e qualidade de frutos de mangueira cv. 'Dashehari' em Pantnagar, Índia, Bhatt et al. (2012) observaram que as mangueiras pulverizadas com 0,5% de bórax apresentaram máximo rendimento, peso e volume do fruto, bem como valores superiores de sólidos solúveis, açúcares redutores e não redutores.

A deficiência de B em fruteiras resulta em mau funcionamento do tecido do câmbio vascular, responsável pela multiplicação de células dos vasos condutores, resultando em colapso imediato do floema e xilema, em deficiência aguda. Assim, há um menor transporte de fotossimilados para o sistema radicular, reduzindo seu crescimento, comprometendo a absorção de água e nutrientes. Em virtude de ocorrer redução no transporte de açúcares para as raízes, os frutos podem acumular essas substâncias em bolsas de goma no albedo, afetando sua qualidade (QUAGGIO et al., 2003).

Avaliando-se em dois ciclos a produção e a qualidade de frutos de 36 cultivares de mangueira adubadas com B em Pindorama - SP, Galli et al. (2013) observaram que as plantas responderam positivamente a aplicação de B quanto à qualidade e à produção de frutos. Entre as cultivares que receberam o micronutriente a cv. 'Ubá' propiciou a maior produção (880 frutos), diferindo significativamente apenas das cv. 'Família', 'Espada', 'Cacipura', 'Carrie', 'Florigon' e 'Edward', que apresentaram as menores produções. Das cultivares que tiveram aumento da produção com a aplicação de B, merece destaque a cv. 'Haden', cuja produção foi elevada de 31 para 185 frutos, ou seja, um aumento de 5,98 vezes, e a cv. 'Carabao', cuja aplicação de B elevou sua produção de 84 para 252 frutos por planta. Para a cv. Palmer houve um aumento de 219 (sem aplicação de boro) para 246,5 (com aplicação de boro) frutos planta<sup>-1</sup>.

Para as características físico-químicas, Galli et al. (2013) ainda observaram que o comprimento dos frutos das cv. 'Carabao', 'Família', 'Haden', 'Julima', 'Torrinha' e 'Winter' foi significativamente maior no tratamento que recebeu fertilização boratada. Para a largura, a cv 'Família' apresentou a maior largura de frutos do experimento, com frutos em formato oblongo, diferindo das formas usualmente encontradas para frutos de manga. Este parâmetro diferiu significativamente para as cv. 'Haden', 'Petacon' e 'Winter' que tiveram largura menor nos frutos que não receberam B. Para o parâmetro rendimento de polpa a cv. Palmer apresentou um aumento de 82% para 82,8% com aplicação de B, ocorrendo um mesmo aumento de 0,8% no parâmetro sólidos solúveis, com 12º Brix (sem aplicação de boro) para 12,8º Brix (com aplicação de boro).

Sá et al. (2014), avaliando-se a influência da fertilização boratada no rendimento e qualidade de frutos de macieira cv. Imperial Gala e Fuji Suprema em São Joaquim – SC, observaram que a fertilização boratada foliar resultou em aumento do índice de iodo-amido, que passou de 3,0, quando não houve aplicação foliar de B, para 4,1, quando a pulverização foliar ocorreu na floração. Com isso, fertilização foliar de B proporcionou maior degradação do amido em açúcares solúveis, antecipando a maturação dos frutos. A fertilização foliar boratada reduziu em 19% a acidez titulável em relação à ausência da fertilização foliar de B na 'Imperial Gala', e em 14% na 'Fuji Suprema', mostrando também uma antecipação da maturação dos frutos.

### 3. ARTIGO 1

#### DESORDEM FISIOLÓGICA E PRODUTIVIDADE DE MANGUEIRA CV. PALMER ASSOCIADA À NUTRIÇÃO DE BORO

**RESUMO** – O Vale do São Francisco constitui o maior produtor nacional de manga em regime irrigado. Na mangueira, além da produtividade, o boro é o nutriente que mais afeta a qualidade dos frutos e a sua deficiência pode provocar distúrbios fisiológicos. Nesse sentido, um experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a associação do boro com a incidência de frutos de manga Palmer acometidos com desordem fisiológica e o seu efeito na produtividade de frutos. Os tratamentos consistiram de sete diferentes manejos de adubação: T1 = Duas fertirrigações com 50 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (adubação do produtor); T2 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)]; T3 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)]; T4 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)]; T5 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (10 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T6 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (20 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T7 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (40 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). Os resultados demonstram que há evidências de que a deficiência de boro pode provocar a emissão de frutos acometidos por desordem fisiológica e que o manejo da adubação boratada é eficiente na redução desse problema e, ainda, influencia a produtividade de manga Palmer, destacando-se que o T2 atingiu produtividade média de 35,62 t ha<sup>-1</sup>, embora mais estudos sejam necessários para recomendação de um sistema de manejo adequado para a cultura.

Termos para indexação: *Mangifera indica* L., manga, fertilização.

## PHYSIOLOGICAL DESORDERS AND FRUIT YIELD OF MANGO CV. PALMER ASSOCIATED TO BORON NUTRITION

**ABSTRACT** - The São Francisco Valley is the largest producer of mango under irrigated conditions. In the mango crop, beyond yield, boron is the micronutrient that most affects the fruit quality and this deficiency can cause physiological disorders. Accordingly, an experiment was carried out to evaluate the association of boron with incidence of physiological disorder in mango fruits cv. Palmer and his effect in the fruit yield. The treatments consisted on seven different fertilization managements: T1 = Two fertirrigations with 50 g plant<sup>-1</sup> of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (fertilizing of the grower); T2 = T1 + five sprays H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [first two (0.3%) and others (0.2%)]; T3 = T1 + five sprays H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [first two (0.3%) and others (0.4%)]; T4 = T1 + five sprays H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [first two (0.3%) and others (0.6%)]; T5 = T1 + two sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0.3%) + three fertirrigations (10 g plant<sup>-1</sup> of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T6 = T1 + two sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0.3 %) + three fertirrigations (20 g plant<sup>-1</sup> of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T7 = T1 + two sprays with H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0.3%) + three fertirrigations (40 g plant<sup>-1</sup> of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). There is evidence that boron deficiency can cause the emission of fruits affected by physiological disorder and the management of boron fertilization is effective for reducing this problem and also it influences fruit yield of mango cv. Palmer, detaching that T2 reached an average yield of 35.62 t ha<sup>-1</sup>, although more studies are needed to recommend a suitable crop management system.

Index terms: *Mangifera indica* L., mango, fertilizing.

## INTRODUÇÃO

O Vale do São Francisco constitui o maior produtor nacional de manga em regime irrigado, produzindo aproximadamente 250.000 t ano<sup>-1</sup> e respondendo por mais de 85% das exportações brasileiras dessa fruta *in natura*, o que corresponde a quase 131.538 t (VALEXPORT, 2016) e contribui para que o Brasil seja o quarto maior exportador mundial de manga com quase 10% do mercado (FAO, 2014).

Dentre os cultivares de manga mais produzidas no Vale do São Francisco, destacam-se Tommy Atkins, Palmer, Kent, Keitt, entre outras. A 'Palmer' tem se caracterizado como o cultivar de maior aceitação no mercado interno devido ao sabor e produção semitardia, com frutos de polpa amarela firme com pouca ou nenhuma fibra e casca fina, bom sabor, relação polpa/fruto de 72% e pouco suscetível ao colapso interno no fruto (GENÚ; PINTO, 2002). Contudo, essa variedade tem apresentado, no Vale do São Francisco, a incidência de frutos pequenos, sem sementes e com formato diferente, vulgarmente conhecido como "manguita" ou "castanha", o que pode estar associado à nutrição boratada.

Na mangueira, além da produtividade, o boro é o que mais afeta a qualidade dos frutos (GALLI et al., 2012), pois quando em baixos níveis resulta em um menor florescimento e polinização, além de frutos de tamanho reduzido (SILVA et al., 2014). A floração dessa planta é geralmente excessiva, no entanto em algumas situações há baixo pegamento dos frutos e queda prematura, o que pode estar relacionado com a importância do boro na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (SARAN; KUMAR, 2011).

A deficiência de boro pode provocar vários distúrbios fisiológicos, dentre eles, a necrose interna que foi identificada como o mais novo distúrbio em frutos de manga em desenvolvimento, mas também há relatos da ocorrência de sementes necrosadas, frutos com a ponta mais fina e frutos rachados (SARAN; KUMAR, 2011).

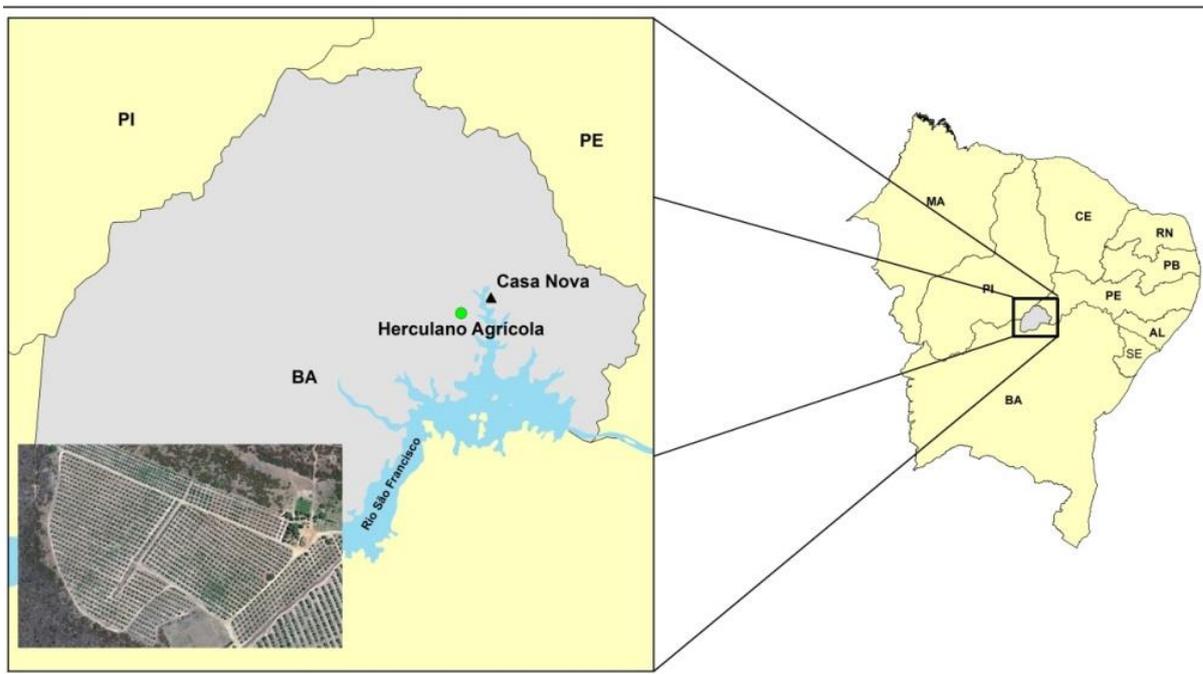
Como fonte de boro, o ácido bórico é o mais utilizado nas adubações (LEMISKA et al., 2014), sendo que quando aplicado no solo supre os frutos e, quando aplicado via foliar, aumenta os teores de boro nas flores, sendo que ambas as aplicações refletem em uma melhora na produtividade (WÓJCIK et al., 2008). Saran e Kumar (2011) concluíram que uma aplicação equilibrada de

macronutrientes, juntamente com o manejo adequado da adubação boratada é imperativa para a produção de qualidade de manga.

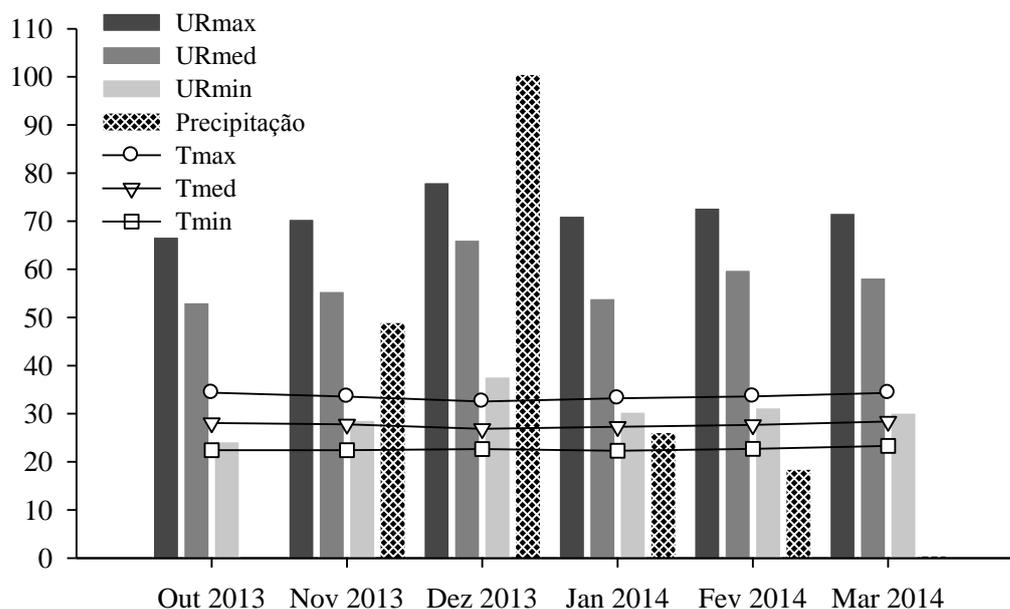
Nesse sentido, esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a associação do boro com a incidência de frutos de manga Palmer acometidos com desordem fisiológica vulgarmente conhecida como “manguita”; e o manejo de adubação boratada visando o combate a essa desordem e aumento da produtividade da mangueira Palmer cultivada no Vale do São Francisco.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em parceria com a fazenda Herculano Agrícola localizado no município de Casa Nova – BA (Figura 1), com coordenadas geográficas 09° 11'43,5" latitude sul, 41° 01'59,2" longitude oeste e altitude de 400,3 m. Estudaram-se plantas da variedade Palmer, com 11 anos de idade, plantadas em espaçamento 7x7m irrigadas pelo sistema localizado de microaspersão. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Bsw<sup>h</sup>' (semiárido), com precipitação inferior a 500 mm concentrada em três a quatro meses do ano. Durante o experimento, a maior temperatura e umidade relativa do ar observada foram de 35,36 °C e 88,70%, enquanto os menores valores registrados foram de 20,68 °C e 22,33%, tendo como média, durante todo o trabalho, 26,66 °C e 61,44%, respectivamente. Os dados de precipitação variaram de 0 a 101 mm durante a execução do experimento (Figura 2).



**FIGURA 1** - Localização da Fazenda Herculano Agrícola, Casa Nova – BA.



**FIGURA 2** - Umidade relativa (%), precipitação pluviométrica (mm) e temperatura mensal (°C) durante a realização do experimento. URmax = Umidade relativa máxima; URmed = Umidade relativa média; URmin= Umidade relativa mínima; P = Precipitação pluviométrica; Tmax = Temperatura máxima; Tmed= Temperatura média; Tmin = Temperatura mínima.

Antes da instalação do experimento foi coletada amostra de solo na camada de 0-40 cm de profundidade, retirando-se 20 amostras simples para obtenção de amostra composta. A amostra de solo foi seca ao ar, destorroada, homogeneizada e passada em peneira de malha de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Para caracterização química foram determinados os valores de condutividade elétrica no extrato da pasta de saturação ( $CE_{es}$ ), pH ( $H_2O$ ), acidez potencial ( $H+Al$ ), acidez trocável ( $Al^{3+}$ ), teor de matéria orgânica do solo, conforme metodologia proposta por Silva (2009) (Tabela 1). Foram determinados também os teores de fósforo (P), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), potássio ( $K^+$ ) e sódio ( $Na^+$ ), e calculados a capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V), segundo metodologia proposta por Silva (2009). Além disso, foram determinados também os teores de boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), sendo a leitura realizada no espectrofotômetro de absorção atômica (EAA).

**TABELA 1** - Características químicas do solo sob cultivo de mangueira Palmer antes da instalação do experimento.

<b>CEes</b>	<b>MO</b>	<b>pH(<math>H_2O</math>)</b>	<b>P</b>	<b><math>K^+</math></b>	<b><math>Ca^{2+}</math></b>	<b><math>Mg^{2+}</math></b>	<b><math>Na^+</math></b>	
$dS\ m^{-1}$	$g\ kg^{-1}$		$mg\ dm^{-3}$		$cmol_c\ dm^{-3}$			
0,30	19,00	6,5	36,00	0,32	4,3	1,2	0,05	
<b>H+Al</b>	<b>CTC</b>	<b><math>Al^{3+}</math></b>	<b>V</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
$cmol_c\ dm^{-3}$			%	$mg\ dm^{-3}$				
0,96	6,83	0,00	86,00	0,60	3,10	33,00	49,80	0,40

CEes: Condutividade elétrica no extrato de saturação; MO: Matéria orgânica; H+Al: Acidez potencial; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases.

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições de duas plantas cada, mantendo-se duas plantas bordaduras entre as parcelas e no perímetro experimental. Os tratamentos consistiram de:

T1 = Duas fertirrigações com  $50\ g\ planta^{-1}$  de  $H_3BO_3$  (adubação do produtor);

T2 = T1 + cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)];

T3 = T1 + cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)];

T4 = T1 + cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)];

T5 = T1 + duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações ( $10\ g\ planta^{-1}$  de  $H_3BO_3$ );

T6 = T1 + duas pulverizações com  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (0,3%) + três fertirrigações (20 g planta<sup>-1</sup> de  $\text{H}_3\text{BO}_3$ );

T7 = T1 + duas pulverizações com  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (0,3%) + três fertirrigações (40 g planta<sup>-1</sup> de  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ).

A adubação boratada comumente utilizada pelos produtores da região é realizada em duas fertirrigações com 50 g planta<sup>-1</sup> de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  com a planta em pleno florescimento. Todas as adubações dos tratamentos T2 a T7 foram realizadas em dezembro de 2013, iniciando quando as panículas encontravam-se recentemente emitidas (aproximadamente aos sete dias após o início da emissão). A definição dos tratamentos foi feita compilando as recomendações da literatura para adubação foliar e fertirrigação (GENÚ; PINTO, 2002), considerando a demanda da cultura.

As plantas foram submetidas às práticas culturais recomendadas para a cultura da mangueira nas condições regionais de cultivo, seguindo as recomendações de Genú e Pinto (2002). Visando o estímulo de novas brotações a partir das gemas axilares, foi realizada a poda, onde foram feitos cortes dos ramos sempre acima do internódio (ou nó). Quando os novos brotos encontravam-se no segundo fluxo vegetativo, foi aplicado na projeção da copa o Paclobutrazol (PBZ) para inibir a biossíntese das giberelinas e com isso ocasionar a paralização do alongamento das brotações, o crescimento vegetativo e, conseqüentemente, promover o amadurecimento dos ramos. Após 90 dias do travamento, teve-se início à indução floral com sete aplicações de nitrato de cálcio, espaçadas a cada cinco dias, e com concentrações variando entre 2 a 4%. Paralelamente ao travamento e a indução floral foi suspensa aplicação de água com o intuito de promover estresse hídrico na planta, só retornando a aplicação com o início do florescimento.

Após a ocorrência da queda fisiológica, os frutos que apresentaram desordem fisiológica vulgarmente conhecida como “manguita” ou “castanha” foram retirados das plantas e contados para determinação do número de frutos com desordem por planta. A desordem fisiológica é caracterizada por apresentar frutos pequenos, sem sementes e com formato diferente, conforme se pode observar na Figura 3.



**FIGURA 3** - Frutos de manga Palmer caracterizados como “manguita” ou “castanha”.

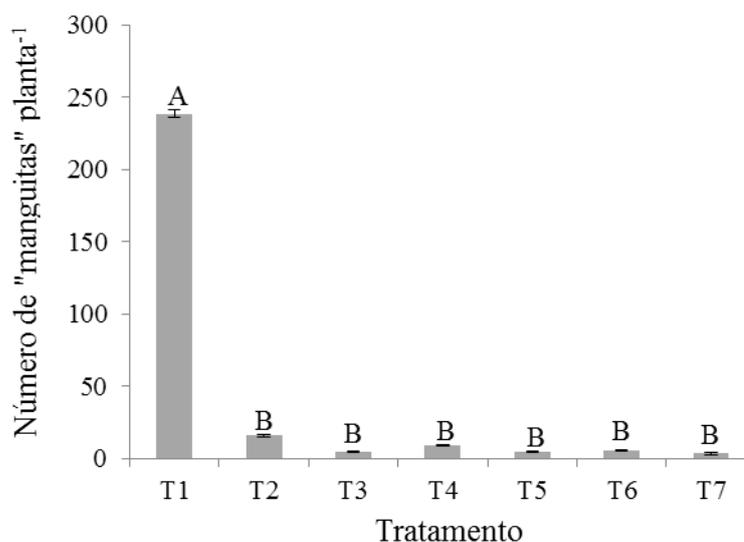
Logo após o florescimento, amostras de folhas foram coletadas em uma altura mediana da copa em todos os quadrantes da planta, sendo escolhidas as folhas de ramos com flores e da parte mediana dessas para determinar o teor de boro, em que, após a obtenção das folhas, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel, em seguida encaminhadas ao laboratório, lavadas e submetidas à secagem em estufa com temperatura controlada de 65 a 70 °C. Posteriormente as folhas foram moídas em um moinho de facas de aços inoxidável, para reduzir as amostras em um pó fino (peneira de 20 a 40 mesh), facilitando a sua manipulação e assegurando a sua homogeneização. As amostras moídas foram armazenadas em sacos de papel, identificadas e retiradas sub-amostras, com as quais foram preparados os extratos para determinação do boro foliar, de acordo com recomendações de Silva (2009).

Para fins de determinação de produtividade, foram colhidos apenas os frutos com tamanho mínimo de 12 cm e maturidade fisiológica, definida a partir da coloração da polpa (creme amarela), escala de coloração indicada pelo Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2004). A colheita foi realizada manualmente e no período da manhã.

Os dados foram submetidos à análise de variância para diagnóstico do efeito significativo entre as médias dos tratamentos em estudo; e à correlação e regressão entre os teores foliares de boro e o número de “manguitas” por planta. A análise de variância foi realizada no programa estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2009), enquanto que a regressão e a confecção dos gráficos no Sigma Plot 10.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média dos resultados obtidos da quantificação de frutos não comerciais, com desordem fisiológica “manguita”, encontra-se na Figura 4, onde verifica-se que os diferentes manejos de fertilização boratada apresentaram diferença significativa em relação ao tratamento T1 (adubação do produtor). O tratamento T1 (adubação do produtor) apresentou em média 239 mangas planta<sup>-1</sup> com desordem fisiológica, enquanto que para os demais tratamentos a média de mangas planta<sup>-1</sup> com desordem fisiológica foi aproximadamente sete. Saran e Kumar (2011) aplicaram boro via solo e foliar com o objetivo de reduzir a incidência de frutos rachados na Índia e obtiveram, quando aplicado 25, 50 e 75 g planta<sup>-1</sup> via solo, redução de 2,02%, 1,01% e 1,05%, respectivamente, enquanto que via foliar, 0,05%, 0,075% e 0,10% de boro, reduziu 0,90%, 0,75% e 0,47%, respectivamente, o número de frutos rachados.

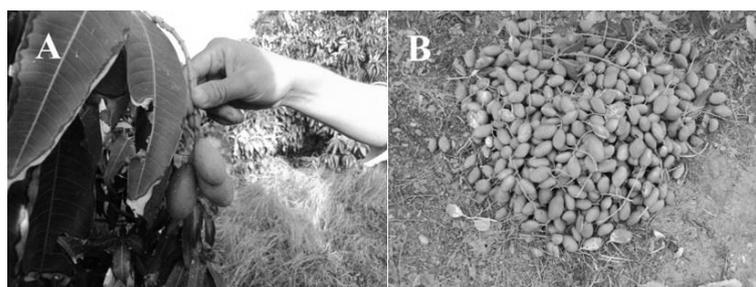


**FIGURA 4 -** Número médio de frutos que apresentaram desordem fisiológica em função do manejo de adubação boratada na mangueira Palmer, com respectivas barras de erro padrão (n= 8). Barras com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ). T1 = Duas fertirrigações com 50 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (adubação do produtor); T2 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)]; T3 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)]; T4 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)]; T5 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (10 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T6 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (20 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T7 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (40 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>).

Moazzam et al. (2011) avaliaram o efeito da aplicação foliar de diferentes combinações de ferro (Fe), Boro (B) e Zinco (Zn) sobre a qualidade dos frutos da mangueira cv. 'Dashehari' na Índia e constataram que a aplicação desses micronutrientes aumentou expressivamente a qualidade dos frutos. Para Bhatt et al. (2012), o boro, juntamente com zinco, desempenham funções importantes na formação e manutenção da qualidade dos frutos da mangueira. Em fruteiras, a deficiência boratada resulta em mau funcionamento do tecido do câmbio vascular, responsável pela multiplicação de células dos vasos condutores, culminando em colapso imediato do floema e xilema, em deficiência aguda. Com isso, há um menor transporte de fotossimilados para o sistema radicular, reduzindo seu crescimento, prejudicando a absorção de água e nutrientes. Como ocorre redução no transporte de açúcares para as raízes, os frutos podem acumular essas substâncias em bolsas de goma no albedo, afetando sua qualidade (QUAGGIO et al., 2003).

O boro é um micronutriente essencial para as plantas participando diretamente da polinização e desenvolvimento de frutos e essencial para a absorção e uso de cálcio, apresentando um importante papel na resistência das paredes celulares (GENÚ e PINTO, 2002). Rajput et al. (1976) pulverizando mangueiras com ácido bórico 0,8% antes do florescimento, na Índia, obtiveram aumento de 95% na produção de frutos por panícula. A deficiência de boro ocasiona empobrecimento no florescimento e polinização além de frutos de tamanho reduzidos, sendo mais comum em solos arenosos (BOLOGNA; VITTI, 2006) como no presente trabalho. Além disso, a carência de boro parece acelerar a produção da enzima polifenolase e favorecer o maior desenvolvimento de fenólicos no embrião, comprometendo a qualidade dos frutos (GENÚ; PINTO, 2002). Avaliando o efeito da fertilização boratada no rendimento e qualidade de frutos de macieira cv. Imperial Gala e Fuji Suprema em São Joaquim – SC, Sá et al. (2014) observaram que a fertilização de B foliar aumentou o índice de iodo-amido, que passou de 3,0, quando não houve aplicação foliar de B, para 4,1, quando a pulverização foliar ocorreu na floração. Assim, fertilização foliar de B resultou em maior degradação do amido em açúcares solúveis, antecipando a maturação dos frutos. A fertilização foliar de B diminuiu em 19% a acidez titulável em relação à ausência da fertilização foliar de B na 'Imperial Gala', e em 14% na 'Fuji Suprema', mostrando também uma antecipação da maturação dos frutos.

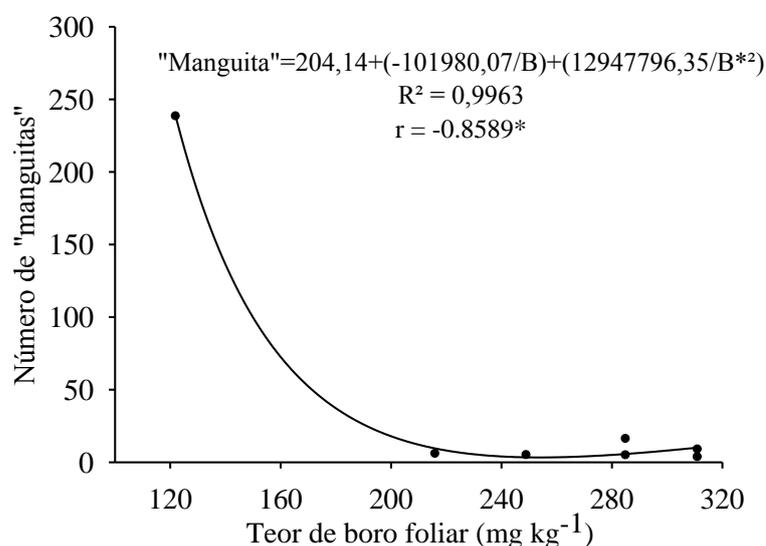
Na Figura 5 é possível observar no tratamento T1 plantas com frutos pequenos e a quantidade de frutos não comerciais retirados de uma mesma planta. A fertilização com boro para atender a demanda das plantas pode ser realizada através de aplicações de fertilizantes diretamente no solo ou nas folhas. No entanto, um dos principais problemas práticos da aplicação via solo está relacionado à dificuldade de distribuição uniforme do nutriente no pomar, em virtude da pequena quantidade recomendada, além do potencial de perdas por lixiviação. A elevada solubilidade da maioria dos fertilizantes boratados resulta em maior mobilidade no solo, com conseqüente lixiviação, principalmente em solos arenosos. No solo, a concentração de B na solução e sua disponibilidade é fortemente afetada por reações de adsorção química aos grupos funcionais existentes na superfície de compostos orgânicos e inorgânicos e pelo estoque de matéria orgânica (GOLDBERG et al., 1993). Por outro lado, a fertilização foliar é benéfica no momento em que as raízes têm dificuldades em absorver rapidamente o boro necessário para atender a demanda da planta. Adicionalmente, o custo da fertilização foliar com micronutrientes normalmente não são onerosos comparado ao valor da cultura e com a aplicação no solo, podendo ser aplicados juntamente com os produtos fitossanitários, pois são utilizadas quantidades muito pequenas (NOMURA et al., 2011).



**FIGURA 5** - Frutos de manga Palmer caracterizados como “manguita” ou “castanha” (A) e “manguitas” colhidas em uma das plantas do tratamento T1 (B).

Os teores foliares de B apresentaram correlações significativas e negativas com o número de frutos com desordem fisiológica “manguita”, ou seja, à medida que aumenta a concentração de boro nas folhas ocorre uma redução no número de “manguitas” por planta (Figura 6). Saran e Kumar (2011) constataram aumento nas concentrações de boro em folhas de mangueira “Dashehari” com o incremento da dose aplicada, com maior eficiência quando aplicado via foliar.

Adicionalmente, esses autores, ainda relataram que o manejo da adubação boratada reduziu a incidência de frutos rachados.

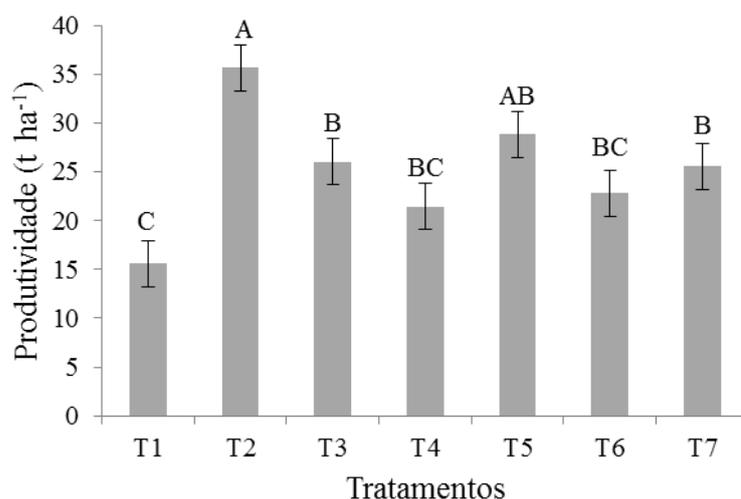


**FIGURA 6** - Correlação entre o teor de boro foliar e número de “manguitas” em mangueira Palmer. \*Significativo para ( $p < 0,05$ ).

Para o desenvolvimento adequado das culturas, o teor de boro na planta é bastante variável, diferindo quanto à exigência devido à composição química das paredes celulares das diversas espécies (BASTOS; CARVALHO, 2004). Para Genú e Pinto (2002) a faixa adequada para o teor de boro foliar em mangueiras varia de 50 a 100 mg kg<sup>-1</sup>. Para a variedade Palmer do presente estudo, a faixa de suficiência estabelecida pela literatura não atende à demanda nutricional da cultura para esse micronutriente, favorecendo o desenvolvimento de frutos com desordem fisiológica “manguita”. O tratamento T1 (adubação do produtor), com maior produção de frutos com desordem fisiológica “manguita”, apresentou 120 mg kg<sup>-1</sup> de boro foliar, estando acima da faixa de suficiência estabelecida pela literatura. Apesar das valiosas informações contidas nos valores de referências da literatura para a interpretação dos resultados de análises foliares, o sucesso na interpretação dessas análises está condicionado a obtenção de padrões de referências “Normas” que podem ser obtidos em condições específicas de clima, solo e manejo do pomar. Por outro lado, não se verificaram sintomas visuais foliares de deficiência de B em quaisquer dos tratamentos estudados.

A produtividade (t ha<sup>-1</sup>) de manga Palmer foi significativamente influenciada pelo manejo da adubação boratada (Figura 7). Observa-se que a adubação boratada para a mangueira Palmer não foi suficientemente eficiente

quando aplicada apenas via fertirrigação, pois o tratamento T1 (adubação do produtor) apresentou média significativamente inferior aos demais tratamentos, permitindo constatar a importância da adubação boratada foliar para a produtividade da mangueira Palmer, especialmente porque esse tratamento (T1) também apresentou o maior número de frutos com incidência de desordem fisiológica associada ao boro (Figura 2). Nesse sentido, Bhatt et al. (2012) em estudo desenvolvido na Índia com o objetivo de proporcionar uma resposta rápida, via pulverização foliar, para a correção de deficiências de micronutrientes, dentre eles o boro, concluíram que a aplicação foliar de 0,5% de borax incrementou a produtividade da manga Dashehari.



**FIGURA 7 -** Produtividade (t ha<sup>-1</sup>) de manga Palmer em função do manejo de adubação boratada com respectivas barras de erro padrão (n= 8). Barras com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ). T1 = Duas fertirrigações com 50 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (adubação do produtor); T2 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)]; T3 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)]; T4 = T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)]; T5 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (10 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T6 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (20 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T7 = T1 + duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (40 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>).

A adubação do produtor (T1) apresentou a menor média de produtividade dentre os tratamentos avaliados (15,6 t ha<sup>-1</sup>), inclusive inferior à média do Vale do Submédio São Francisco (20 t ha<sup>-1</sup>), mas, ainda, compatível à média nacional (16 t

ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2012). Apesar do teor de B no solo do presente trabalho (0,40 mg dm<sup>-3</sup>) (Tabela 1) ser considerado médio (0,36-0,60 mg dm<sup>-3</sup>) (ALVAREZ et al., 1999), este está abaixo do nível crítico (0,60 mg dm<sup>-3</sup>), apresentando potencial de resposta a adubação. O nível crítico é definido como o teor de nutriente no solo correspondente à disponibilidade para obter a produção de máxima eficiência econômica, quando os demais nutrientes e fatores de produção estão próximo ao nível adequado (ALVAREZ et al., 1999). Além disso, a maioria das tabelas de interpretação de disponibilidade de macro e micronutrientes foram desenvolvidas sob condição de cultivo não irrigado, mostrando-se a necessidade de estudos voltados para o estabelecimento de classes de disponibilidade de B em condições sob irrigação. Adicionalmente, cabe ressaltar, ainda, que o manejo adequado da adubação boratada no sistema solo-planta é normalmente dificultado, em virtude da faixa de concentração entre a deficiência e a toxicidade ser estreita, se comparada à dos outros nutrientes (PRADO et al., 2006).

Entre a adubação do produtor (T1) e o tratamento T2 [T1 + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (duas primeiras de 0,3% e demais 0,2%)], houve incremento de produtividade de aproximadamente 133%, o que pode ser atribuído às funções que o boro exerce na planta quanto a fatores diretamente relacionados ao florescimento e produção de frutos, conforme destacam Sá et al. (2014). Assim, o presente trabalho demonstra claramente os benefícios da adubação foliar adicionalmente à adubação via solo (fertirrigação) para o boro. Apesar da limitada mobilidade do B na planta, a adubação foliar normalmente possibilita alto índice de utilização do nutriente pela planta e respostas rápidas, sendo possível inclusive corrigir deficiências após o seu aparecimento. Assim, a adubação foliar em complemento à fertirrigação foi extremamente importante para reduzir a desordem fisiológica “manguitas” e elevar a produtividade da cultura da mangueira.

O B tem sido historicamente considerado um nutriente de baixa mobilidade no floema, em virtude de concentrações mais elevadas serem encontradas nos órgãos mais velhos das plantas e os sintomas de deficiências inicialmente aparecerem nas partes mais novas (BASTOS; CARVALHO, 2004; RAVEN, 1980). No entanto, Brown e Shelp (1997) informam que o B pode ser redistribuído em algumas espécies de plantas, que utilizam polióis como metabólitos secundários, culminando na formação de complexo polioliol-B-polioliol nos tecidos vegetais fotossintéticos. Assim, segundo Brown e Shelp (1997) e Perica et al. (2001)

o B pode ser transportado no floema, para diversos drenos ativos, incluindo folhas jovens, frutos, sementes e meristemas vegetativos ou reprodutivos. Com isso, a fertilização foliar boratada possibilita uma rápida absorção e translocação do B para outras partes da planta, constituindo uma excelente estratégia de manejo quando se busca uma rápida resposta a fertilização boratada.

A produtividade média de 35,62 t ha<sup>-1</sup> registrada no T2 está muito acima da média da região do Vale do Submédio São Francisco (20 t ha<sup>-1</sup>), superior às 10,5 t ha<sup>-1</sup> de manga Palmer reportada por Pleguezuelo et al. (2012) na Espanha; e aos 6,4 t ha<sup>-1</sup> de manga Palmer observada por Silva et al. (2014) em São Paulo. Vale destacar que na determinação de produtividade do presente trabalho apenas se consideraram frutos de qualidade, i.e., com comprimento acima de 15 cm e maturidade fisiológica definida a partir da coloração da polpa (creme amarela), diferentemente das estatísticas oficiais ou do registrado por Pleguezuelo et al. (2012) e Silva et al. (2014), os quais consideram produtividade total.

## CONCLUSÕES

Há evidências de que a deficiência de boro pode provocar a emissão de frutos acometidos por desordem fisiológica, conhecida vulgarmente como “Manguita”, e o seu manejo de adubação pode ser eficiente na redução desse problema.

O manejo da adubação boratada influencia a produtividade de manga Palmer com destaque para o manejo que inclui duas fertirrigações com 50 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)] que atingiu produtividade média de 35,62 t ha<sup>-1</sup>, embora mais estudos sejam necessários para recomendação de um sistema de manejo adequado para a cultura.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. L. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. 4.ed. Viçosa: SBCS, 1999. p.25-32.

BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J.G. de. Absorção radicular e redistribuição do boro pelas plantas, e seu papel na parede celular. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, Rio de Janeiro, v.24, n.2, p.47-66, 2004.

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**, New Delhi, v.1, n.4, p.300-305, 2012.

BOLOGNA, I. R.; VITTI, G. C. Produção e qualidade de frutos de laranjeira 'Pera' em função de fontes e doses de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.328-330, 2006.

BROWN, P. H.; SHELP, B. J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.85-101, 1997.

FAO. **Production-crops**. ROMA: FAOSTAT, 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 12 de Jan. 2014.

GALLI, J. A.; PALHARINI, M. C. de A.; FISCHER, I. H.; MECHELOTTO, M. D. Boro: efeito na produção e qualidade de frutos de diferentes variedades de manga. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 9, n. 2, 2012.

GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de A. **A Cultura da Mangueira**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 454 p.

GOLDBERG, S.; FORSTER, H. S.; HEICK, E. L. Boron adsorption mechanisms on oxides, clay minerals, and soils inferred from ionic strength effects. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.57, n.3, p.704-708, 1993.

IBGE. **Banco de dados agregados**: Sistema IBGE de recuperação automática-SIDRA. Brasília: IBGE. 2012. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 18 Jan. 2014.

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**, Santa Maria, v.44, n.4, p. 622-628, 2014.

MOAZZAM, A.; TAHIR, F. M.; SHAHZAD, J.; MAHMOOD, N. Effect of foliar application of micronutrients on the quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dashehari fruit. **Mycopathologia**, Dordrecht, v.9, n.1, p. 25-28, 2011.

NOMURA, E. S.; TEIXEIRA, L. A. J.; BOARETTO, R. M.; GARCIA, V. A.; FUZITANI, E. J.; JUNIOR, E. R. D.; SAES, L. A.; JUNIOR, D. M. Aplicação de boro em bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.608-617, 2011.

PERICA, S.; BELLALLOUI, N.; GREVE, C.; HU, H.; BROWN, P. H. Boron transport and soluble carbohydrate concentrations in olive. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.126, n.3. p.291-296, 2001.

PLEGUEZUELO, C. R. R.; ZUAZO, V. H. D.; FERNÁNDEZ, J. L. M.; TARIFA, D. F. Physico-chemical quality parameters of mango (*Mangifera indica* L.) fruits grown in a mediterranean subtropical climate (SE Spain). **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tehran, v.14, n.2, p.365-374, 2012.

PRADO, R. de M.; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Níveis críticos de boro no solo e na planta para cultivo de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.305-309, 2006.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de Classificação de Manga**. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura (CEAGESP), 2004. 6p. (CQH. Documentos, 28).

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

RAJPUT, C. B. S.; SINGH, B. P.; MISHRA, H. Effects of foliar application of boron on mango. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.5, n.4, p.311-313, 1976.

RAVEN, J. A. Short and long-distance transport of boric acid in plants. **New Phytologist**, Oak Ridge, v.84, n.2, p.231-249, 1980.

SÁ, A. A.; ERNANI, P. R.; NAVA, G.; AMARANTE, C. V. T.; PEREIRA, A. J. Influência de formas de aplicação de boro na qualidade e no rendimento de maçãs (*Malus domestica*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.487-494, 2014.

SARAN, P. L.; KUMAR, R. Boron deficiency disorders in mango (*Mangifera indica*): field screening, nutrient composition and amelioration by boron application. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 81, n. 6, p.506-510, 2011.

SILVA, A. C. da; SOUZA, A. P. de; LEONEL, S.; SOUZA, M. E. de; RAMOS, D. P.; TANAKA, A. A. Growth and flowering of five mango cultivar under subtropics conditions of Brazil. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v.5, n.3, p.393-402, 2014.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

VALEEXPORT - Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco. Petrolina - PE, 2016. Disponível em: < <http://www.valexport.org.br> > Acesso 03 de janeiro. 2016.

WÓJCIK, P.; WOJCIK, M.; KLAMKOWSKI, K. Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.116, n.1, p.58-64, 2008.

#### 4. ARTIGO 2

### INFLUÊNCIA DO MANEJO DA ADUBAÇÃO BORATADA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE FÍSICO - QUÍMICA DE FRUTOS DE MANGUEIRA CV. PALMER

**RESUMO** - Na mangueira, além da produtividade, o boro é o micronutriente que mais afeta a qualidade dos frutos. Diante disso, o presente trabalho avaliou o efeito da aplicação de boro via fertirrigação e foliar na produção e qualidade físico-química de frutos da mangueira 'Palmer' cultivada em Casa Nova, BA. Os tratamentos consistiram de seis diferentes manejos de fertilização boratada: T1 = cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)]; T2 = cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)]; T3 = cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)]; T4 = duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações (10 g planta<sup>-1</sup> de  $H_3BO_3$ ); T5 = duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações (20 g planta<sup>-1</sup> de  $H_3BO_3$ ); T6 = duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações (40 g planta<sup>-1</sup> de  $H_3BO_3$ ). Todos os tratamentos receberam inicialmente duas fertirrigações com 50 g planta<sup>-1</sup> de  $H_3BO_3$ , frequentemente utilizadas na região. Assim, foram avaliados a produção por planta (kg planta<sup>-1</sup>) e as características físico-químicas dos frutos, dentre elas: diâmetros longitudinal e transversal (cm), espessura da casca (mm), massa do fruto (g), percentagem de polpa (%), acidez titulável - AT (g de ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup>), vitamina C (mg ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup>), sólidos solúveis - SS (°Brix), pH e relação SS/AT. Os resultados demonstraram que a adubação boratada influenciou a produção por planta proporcionando 151,64 kg planta<sup>-1</sup> no tratamento T1 e para a qualidade físico-química de frutos de mangueira 'Palmer', foi observado melhor resposta nas características avaliadas utilizando a pulverização foliar.

**Termos para indexação:** Fertilização, ácido bórico, sólidos solúveis, *Mangifera indica* L.

## INFLUENCE OF BORON FERTILIZATION MANAGEMENT IN PRODUCTION AND PHYSICOCHEMICAL QUALITY OF MANGO CV. PALMER

**ABSTRACT** – Boron is the micronutrient that most affects the yield and fruit quality in mango. Thus, the present study evaluated the effect of boron application by fertigation and foliar in production and physicochemical quality of mango 'Palmer' grown in Casa Nova county, Bahia state, Brazil. The treatments consisted on six different fertilization managements: T1 = five sprays  $H_3BO_3$  [first two (0.3%) and others (0.2%)]; T2 = five sprays  $H_3BO_3$  [first two (0.3%) and others (0.4%)]; T3 = five sprays  $H_3BO_3$  [first two (0.3%) and others (0.6%)]; T4 = two sprays with  $H_3BO_3$  (0.3%) + three fertirrigations ( $10 \text{ g plant}^{-1}$  of  $H_3BO_3$ ); T5 = two sprays with  $H_3BO_3$  (0.3 %) + three fertirrigations ( $20 \text{ g plant}^{-1}$  of  $H_3BO_3$ ); T6 = two sprays with  $H_3BO_3$  (0.3%) + three fertirrigations ( $40 \text{ g plant}^{-1}$  of  $H_3BO_3$ ). All treatments initially received two fertirrigations with  $50 \text{ g plant}^{-1}$   $H_3BO_3$ , which is commonly used in the study region. It was evaluated the production per plant ( $\text{kg plant}^{-1}$ ) and the physicochemical characteristics of fruits, such as: longitudinal and transverse diameter (cm), shell thickness (mm), fruit mass (g), percentage of pulp (%), titratable acidity - TA (g citric acid  $100 \text{ g}^{-1}$ ), vitamin C (mg ascorbic acid  $100 \text{ g}^{-1}$ ), soluble solids - SS ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), pH and SS/TA ratio. The results showed that boron fertilization influenced the production per plant providing  $151.64 \text{ kg plant}^{-1}$  in the T1 and the physicochemical quality of mango 'Palmer' was better when foliar spray was used.

**Index terms:** Fertilization, boric acid, Soluble solids, *Mangifera indica* L.

## INTRODUÇÃO

Sendo considerado o maior produtor nacional de manga, o Vale do São Francisco, especificamente o polo agrícola Petrolina - PE / Juazeiro - BA, responde por mais 85 % das exportações brasileiras dessa fruta *in natura* (VALEXPOR, 2016), contribuindo para que o Brasil seja um dos maiores exportadores de manga do mundo, com a participação de aproximadamente 10 % da exportação de frutas frescas (FAO, 2014). Dessa forma, a manga é considerada uma das frutas que mais contribui para a pauta de frutas frescas no Vale do São Francisco, gerando um emprego direto (produção) por hectare, e três indiretos nos demais elos da cadeia produtiva (SANTOS et al., 2013).

Há alguns anos a adubação com boro já era considerada uma das práticas culturais mais empregadas pelos produtores de manga com o objetivo de aumentar a produção (ALBREGTS; HOWARD, 1984), além de ser um dos fatores pré-colheita que podia condicionar os atributos de qualidade pós-colheita de seus frutos.

O boro, na solução do solo, é encontrado na fração solúvel como ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), o qual chega até as raízes via fluxo de massa (MATTIELLO et al., 2009). Essa fração tem sua disponibilidade grandemente influenciada pelo teor de matéria orgânica, pH e teor de argila do solo (VALLADARES et al., 1999), além de sofrer grande perda por lixiviação (ROSOLEM; BÍSCARO, 2007).

O ácido bórico é a fonte de boro mais utilizada nas adubações. Quando aplicado diretamente ao solo é eficiente em suprir os frutos e, quando aplicado via foliar, eleva os teores de boro nas flores, e ambas as formas de aplicação podem melhorar a produtividade das plantas (WÓJCIK et al., 2008). A adubação via fertirrigação tem sido bastante utilizada sob este sistema de cultivo, proporcionando redução dos custos de produção, maior produtividade e qualidade dos frutos, além de permitir maior eficiência na utilização dos fertilizantes pelas plantas devido às pequenas quantidades e alta frequência de aplicação durante o ciclo da cultura.

No processo de frutificação das plantas, o boro possui a importante função de estimular a germinação do grão de pólen e o crescimento do tubo polínico (LEE et al., 2009), fator fundamental para a adequada formação dos frutos. No entanto, esse micronutriente é considerado imóvel na maioria das espécies cultivadas (MARSCHNER, 2012), sendo que sua deficiência pode prejudicar a

frutificação e resultar em frutos mal formados e de baixo valor comercial (PALHA, 2005).

O boro também está relacionado ao metabolismo e transporte dos carboidratos, facilitando o transporte dos açúcares através das membranas, na forma do complexo açúcar-borato (DECHEN; NACHTIGALL, 2006), além de ser um importante nutriente constituinte da estrutura dos polissacarídeos que fornecem resistência à parede celular, resultando em frutas mais resistentes ao transporte e com maior período para a comercialização (TAIZ; ZEIGER, 2009).

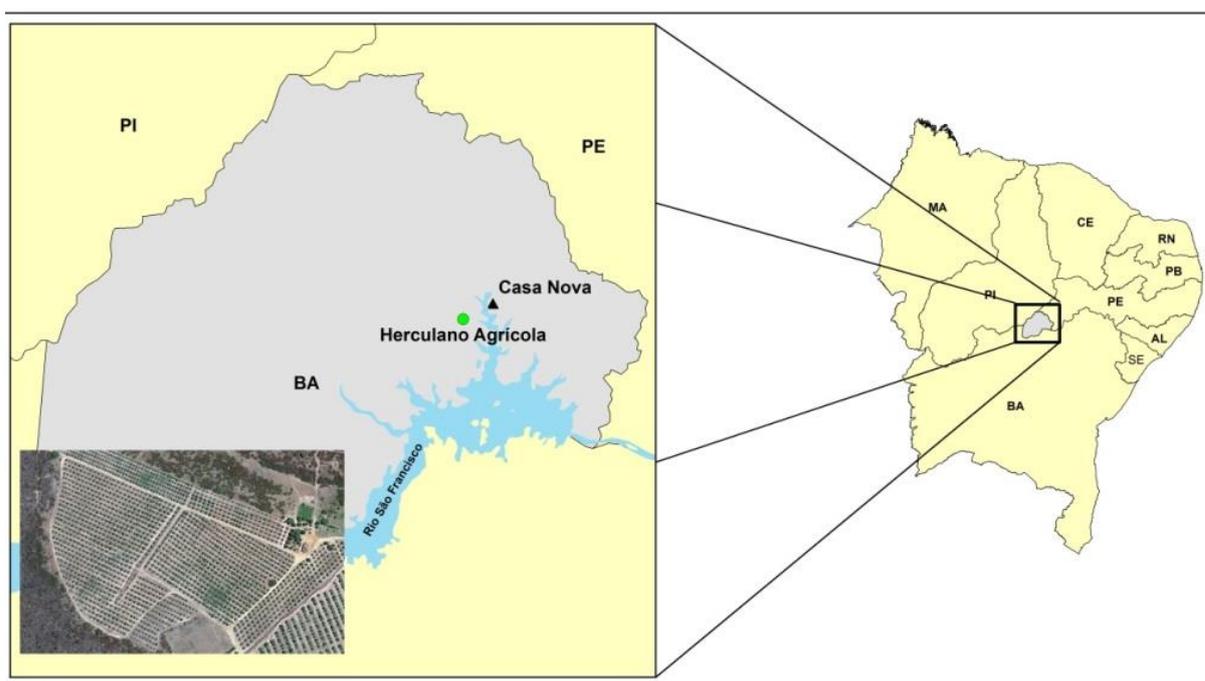
Em um trabalho com fertilização de 36 cultivares, Galli et al. (2013) observaram que plantas responderam positivamente para a aplicação de boro no que diz respeito à produção do fruto e à qualidade, correspondendo à uma maior produção de 880 frutos para a cv. 'Ubá', diferindo significativamente apenas das cv. 'Família' (116,5 frutos), 'Espada' (112,5 frutos), 'Cacipura' (97 frutos), 'Carrie' (90 frutos), 'Florigon' (85 frutos) e 'Edward' (72 frutos), que apresentaram as menores produções. Para a cv. Palmer, a mesma trabalhada no referido trabalho, houve um aumento de 219 (sem aplicação de boro) para 246,5 (com aplicação de boro) frutos planta<sup>-1</sup>. Também foi verificado o aumento da massa dos frutos com a aplicação de boro nas cv. 'Carabao' (243 g), 'Haden' (499 g), 'Petacon' (498 g) e 'Winter' (336 g). Em relação ao teor de sólidos solúveis, a cv. 'Cacipura' apresentou 19,7° Brix, diferindo significativamente das cv. 'Brasil' (15,2° Brix), 'Mabrooca' (15,8° Brix), 'Julima' (13,84° Brix), 'Haden TR' (14,2° Brix), 'Palmer' (12,8° Brix), 'Alda' (15° Brix) e 'Regina' (10,7° Brix), que apresentaram os menores valores.

Considerando o exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da fertilização boratada via fertirrigação e foliar na produção e qualidade físico-química de frutos da mangueira cv. 'Palmer' em Casa Nova - BA.

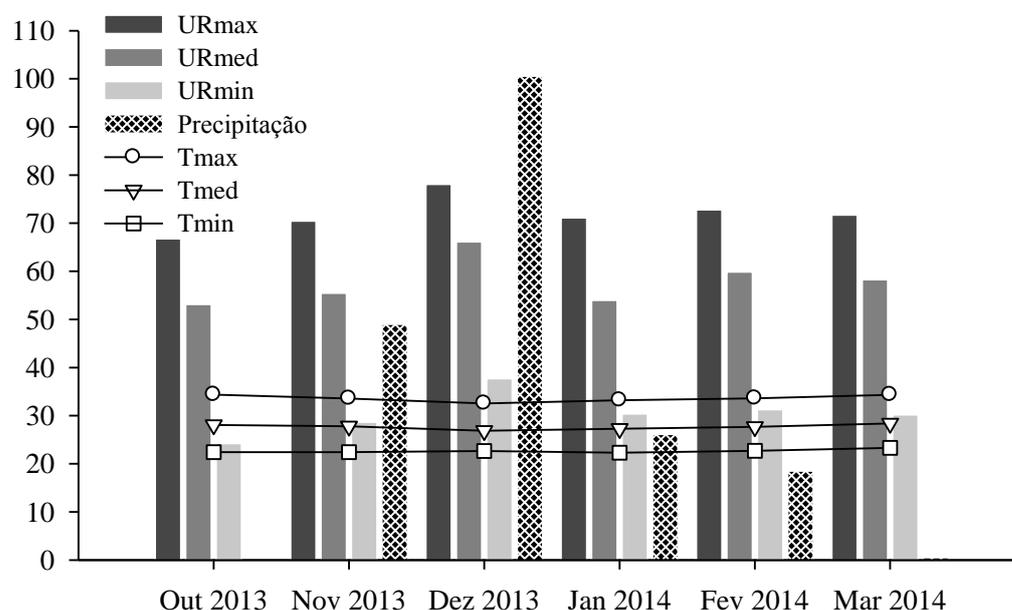
## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em parceria com a fazenda Herculano Agrícola localizado no município de Casa Nova – BA (Figura 1), com coordenadas geográficas 09° 11'43,5" latitude sul, 41° 01'59,2" longitude oeste e altitude de 400,3 m. Estudaram-se plantas da variedade Palmer, com 11 anos de idade, plantadas em espaçamento 7x7m irrigadas pelo sistema localizado de microaspersão. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo BswH' (semiárido), com precipitação

inferior a 500 mm concentrada em três a quatro meses do ano (SILVA et al., 2010). Durante o experimento, a maior temperatura e umidade relativa do ar observada foram de 35,36 °C e 88,70%, enquanto os menores valores registrados foram de 20,68 °C e 22,33%, tendo como média, durante todo o trabalho, 26,66 °C e 61,44%, respectivamente. Os dados de precipitação variaram de 0 a 101 mm durante a execução do experimento (Figura 2).



**FIGURA 1** - Localização da Fazenda Herculano Agrícola, Casa Nova – BA.



**FIGURA 2** - Umidade relativa (%), precipitação pluviométrica (mm) e temperatura mensal (°C) durante a realização do experimento. URmax = Umidade relativa máxima; URmed = Umidade relativa média; URmin= Umidade relativa mínima; Precipitação = Precipitação pluviométrica; Tmax = Temperatura máxima; Tmed= Temperatura média; Tmin = Temperatura mínima.

Antes da instalação do experimento foi coletada amostra de solo na camada de 0-40 cm de profundidade, retirando-se 20 amostras simples para obtenção de amostra composta. A amostra de solo foi seca ao ar, destorroada, homogeneizada e passada em peneira de malha de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Para caracterização química foram determinados os valores de condutividade elétrica no extrato da pasta de saturação ( $CE_{es}$ ), pH ( $H_2O$ ), acidez potencial ( $H+Al$ ), acidez trocável ( $Al^{3+}$ ), teor de matéria orgânica do solo, conforme metodologia proposta por Silva (2009) (Tabela 1). Foram determinados também os teores de fósforo (P), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), potássio ( $K^+$ ), sódio ( $Na^+$ ) e boro (B), e calculados a capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V), segundo metodologia proposta por Silva (2009). Além disso, foram determinados também os teores de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), sendo a leitura realizada no espectrofotômetro de absorção atômica (EAA).

**TABELA 1** - Características químicas do solo sob cultivo de mangueira cv. 'Palmer' antes da instalação do experimento.

<b>CEes</b>	<b>MO</b>	<b>pH(H<sub>2</sub>O)</b>	<b>P</b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	
dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
0,30	19,00	6,5	36,00	0,32	4,3	1,2	0,05	
<b>H+Al</b>	<b>CTC</b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>V</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	mg dm <sup>-3</sup>				
0,96	6,83	0,00	86,00	0,60	3,10	33,00	49,80	0,40

CEes: Condutividade elétrica no extrato de saturação; MO: Matéria orgânica; H+Al: Acidez potencial; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases.

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições de duas plantas cada, mantendo-se duas plantas bordaduras entre as parcelas e no perímetro experimental, sendo que os tratamentos consistiram de:

T1 = Cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)];

T2 = Cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)];

T3 = Cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)];

T4 = Duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (10 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>);

T5 = Duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (20 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>);

T6 = Duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (40 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>).

Todos os tratamentos receberam inicialmente duas fertirrigações com 50 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (com a planta em pleno florescimento), frequentemente utilizadas pelos produtores da região. As adubações dos tratamentos T1 a T6 foram realizadas em dezembro de 2013, iniciando-se quando as panículas encontravam-se recentemente emitidas (aproximadamente aos sete dias após o início da emissão). A definição dos tratamentos foi feita compilando as recomendações da literatura para adubação foliar e fertirrigação (GENÚ; PINTO, 2002), considerando a demanda da cultura.

As plantas foram submetidas às práticas culturais recomendadas para a cultura da mangueira nas condições regionais de cultivo, seguindo as recomendações de Genú e Pinto (2002). Visando o estímulo de novas brotações a partir das gemas axilares, foi realizada a poda, onde foram feitos cortes dos ramos

sempre acima do internódio (ou nó). Quando os novos brotos encontravam-se no segundo fluxo vegetativo, foi aplicado na projeção da copa o Paclobutrazol (PBZ) para inibir a biossíntese das giberelinas e com isso ocasionar a paralização do alongamento das brotações, o crescimento vegetativo e, conseqüentemente, promover o amadurecimento dos ramos. Após 90 dias do travamento, teve-se início à indução floral com sete aplicações de nitrato de cálcio, espaçadas a cada cinco dias, e com concentrações variando entre 2 a 4%. Paralelamente ao travamento e a indução floral foi suspensa aplicação de água com o intuito de promover estresse hídrico na planta, só retornando a aplicação com o início do florescimento.

Logo após o florescimento, amostras de folhas foram coletadas em uma altura mediana da copa em todos os quadrantes da planta, sendo escolhidas as folhas de ramos com flores e da parte mediana dessas para determinar o teor de boro, em que, após a obtenção das folhas, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel, em seguida encaminhadas ao laboratório, lavadas e submetidas à secagem em estufa com temperatura controlada de 65 a 70 °C. Posteriormente as folhas foram moídas em um moinho de facas de aço inoxidável, para reduzir as amostras em um pó fino (peneira de 20 a 40 mesh), facilitando a sua manipulação e assegurando a sua homogeneização. As amostras moídas foram armazenadas em sacos de papel, identificadas e retiradas sub-amostras, com as quais foram preparados os extratos para determinação do boro foliar, de acordo com recomendações de Silva (2009).

Para fins de determinação de produção por planta, foram colhidos apenas os frutos com tamanho mínimo de 12 cm e maturidade fisiológica, definida a partir da coloração da polpa (creme amarela), escala de coloração indicada pelo Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2004). A colheita foi realizada manualmente e no período da manhã, em seguida, os frutos foram pesados para diagnóstico da produção por planta, e encaminhados para o Laboratório de Química Analítica da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Petrolina/PE). No laboratório, os frutos foram selecionados, objetivando a retirada de frutos com injúrias. Em seguida estes foram lavados com água corrente, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (200 mg L<sup>-1</sup>), e lavados novamente com água corrente, para a retirada do excesso da solução. Posteriormente, os frutos foram armazenados em B.O.D. a 10±1 °C por 20 dias e depois a 25±1 °C por 7 dias para completar o seu amadurecimento. A função do resfriamento é retardar os processos metabólicos, reduzindo a produção

de etileno, porém sem ocasionar distúrbios fisiológicos, prolongando assim o tempo de comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Após este período, foram selecionados de forma aleatória seis frutos de cada tratamento para a caracterização física, sendo avaliado: o diâmetro longitudinal (cm), diâmetro transversal (cm) na região mediana do fruto e espessura da casca (mm) com o auxílio de paquímetro digital (Super Tool MK-DC-6); massa do fruto (g) obtida após pesagem em balança semi-analítica, com precisão de 0,1 g; o percentual de polpa (PP, %) foi obtido pela relação entre a massa da polpa e a massa total do fruto.

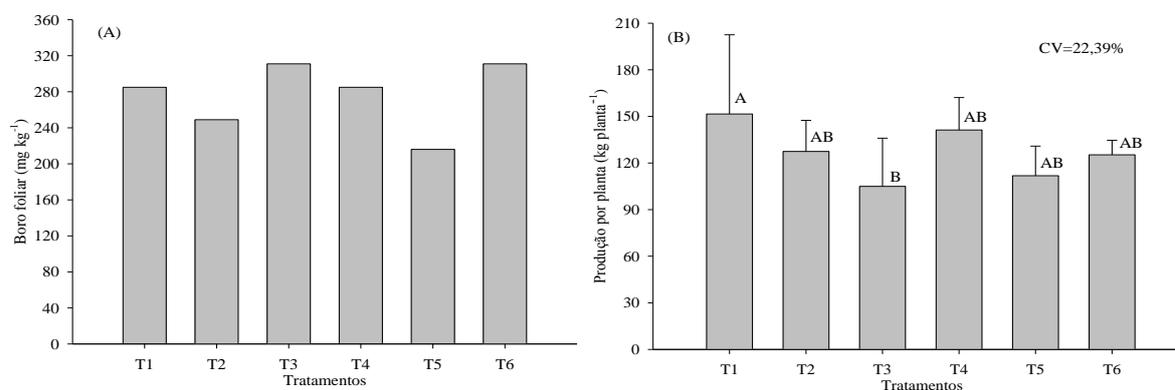
Para a caracterização físico-química, os seis frutos de cada tratamento foram descascados, sendo a polpa obtida em liquidificador doméstico, compondo ao final uma amostra composta. As amostras foram analisadas em triplicata, quanto aos parâmetros de: pH, determinado por potenciometria; sólidos solúveis (SS), utilizando-se um refratômetro tipo Abbe, com resultados expressos em °Brix; a acidez titulável (AT), expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa, foi determinada por titulação com hidróxido de sódio (0,1 N) utilizando-se a fenolftaleína 1% como indicador, de acordo com a metodologia do Manual do Instituto Adolfo Lutz (2008); calculou-se também a relação sólidos solúveis pela acidez titulável (SS/AT); ácido ascórbico, determinada segundo o método da AOAC (1984), modificado por Benassi e Antunes (1988), sendo expresso em mg/100 g.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ( $p < 0,01$ ) para diagnóstico do efeito significativo entre as médias dos tratamentos, usando o software ASSISTAT 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, os teores de boro (B) foliares na mangueira variaram de 216 a 311 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 3A), estando acima da faixa considerada adequada para a mangueira (50 a 100 mg kg<sup>-1</sup>), segundo Genú e Pinto (2002). O teor de B na planta, considerando o desenvolvimento adequado das culturas, é bastante variável em virtude da diferença na composição química das paredes celulares das diversas espécies (BASTOS; CARVALHO, 2004). Apesar dos teores de B foliares estarem acima da faixa adequada para a cultura da mangueira, não foi observado sintoma de toxicidade de B nas folhas de mangueira 'Palmer'. Com isso, o sucesso da

interpretação de análise foliar está condicionado à obtenção de padrões de referências “Normas” que podem ser obtidos em condições específicas de clima, solo e manejo do pomar. Em estudo realizado na Índia, Saran e Kumar (2011) observaram aumento nas concentrações de B em folhas de mangueira “Dashehari” com o incremento da dose aplicada, com maior eficiência quando aplicado via foliar. Em mangueira ‘Alphonso’ na Índia, Raja et al. (2005) também observaram aumento nos teores médios de B foliar de 23 para 67 mg kg<sup>-1</sup> quando aplicado via foliar.



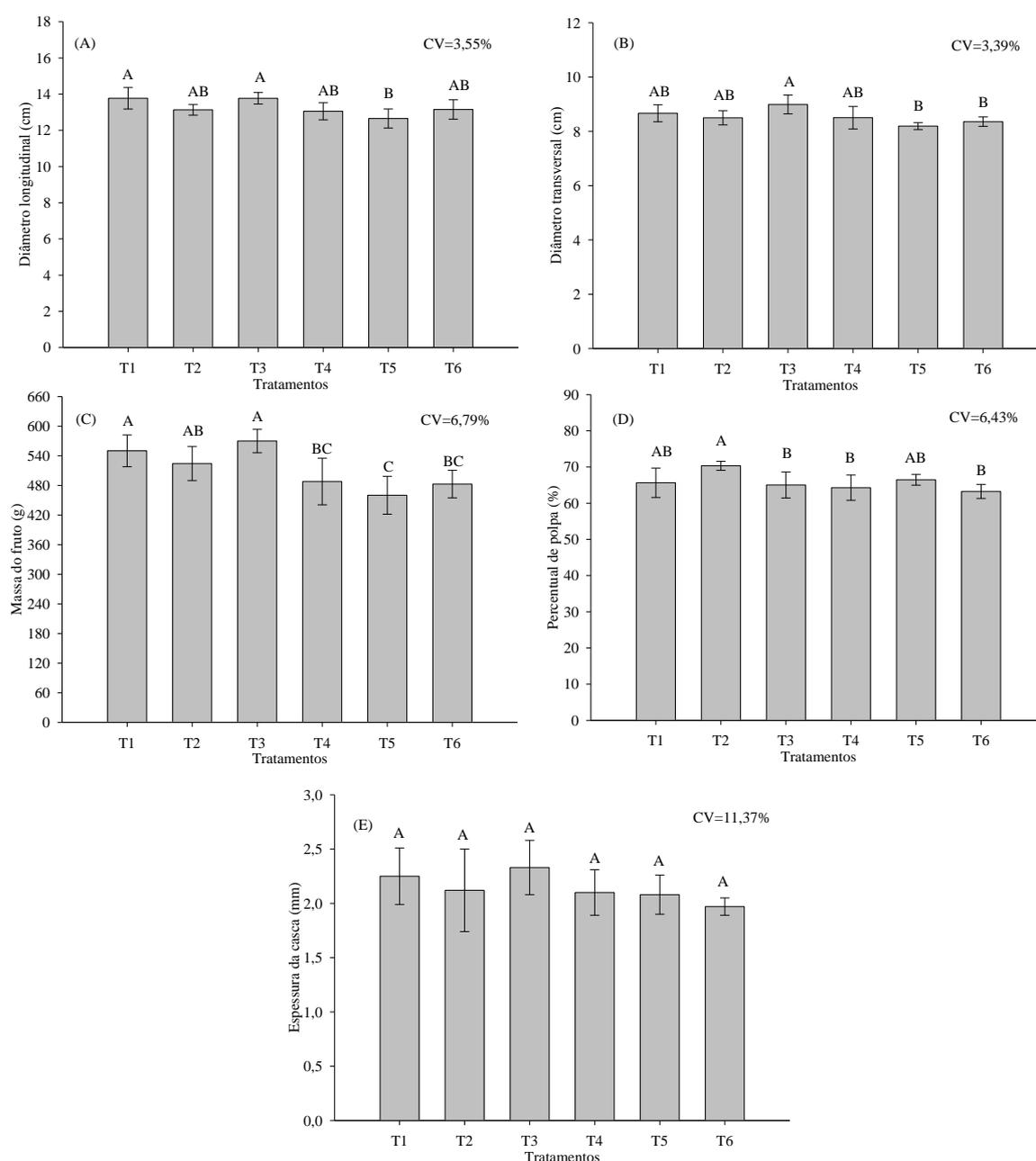
**FIGURA 3** - (A) Boro foliar (mg kg<sup>-1</sup>) e (B) produção por planta (kg planta<sup>-1</sup>) de mangueira ‘Palmer’ em função do manejo da fertilização boratada com respectivas barras de desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ). T1 = Cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)]; T2 = Cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)]; T3 = Cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)]; T4 = Duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (10 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T5 = Duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (20 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); T6 = Duas pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%) + três fertirrigações (40 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>).

A produção por planta de mangueira diferiu entre os tratamentos avaliados, variando de 104,24 kg planta<sup>-1</sup> (tratamento T3) a 151,64 kg planta<sup>-1</sup> (tratamento T1) (Figura 3B). Avaliando-se o efeito da fertilização boratada em 36 cultivares de mangueiras em Pindorama-SP, Galli et al. (2013) observaram respostas positivas à aplicação de B quanto a qualidade e a produção de frutos, obtendo-se uma maior produção com a cv. ‘Ubá’ (880 frutos), diferindo significativamente das cv. ‘Família’ (116,5 frutos), ‘Espada’ (112,5 frutos), ‘Cacipura’ (97 frutos), ‘Carrie’ (90 frutos), ‘Florigon’ (85 frutos) e ‘Edward’ (72 frutos). Para a cv. Palmer houve um aumento de 219 (sem aplicação de boro) para 246,5 frutos planta<sup>-1</sup> (com aplicação de boro).

Em estudo desenvolvido na Índia com o objetivo de proporcionar uma resposta rápida, via pulverização foliar, para a correção de deficiências de micronutrientes, dentre eles o boro, Bhatt et al. (2012) observaram que a aplicação foliar de 0,5% de borax incrementou a produtividade da manga Dashehari. A fertilização foliar boratada é essencial para a obtenção de pomares de mangueira produtivos (BANIKÁ et al., 1997; BAHADUR, et al., 1998), uma vez que o B tem efeito no metabolismo da planta, participando da produção do hormônio natural ácido indolil-3-acético (IAA), ativando algumas enzimas da biossíntese da clorofila, melhorando a germinação do pólen e regulando a absorção de água (NIJJAR, 1985).

O teor de B no solo do presente trabalho ( $0,40 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Tabela 1) é classificado como médio ( $0,36\text{-}0,60 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (ALVAREZ et al., 1999), estando abaixo do nível crítico ( $0,60 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Com isso, espera-se potencial de resposta na produção por planta de mangueira entre os tratamentos avaliados. O nível crítico é conceituado como o teor de nutriente no solo que corresponde à disponibilidade para alcançar a produção de máxima eficiência econômica, estando os demais nutrientes e fatores de produção próximo ao nível adequado (ALVAREZ et al., 1999). Cabe ressaltar que a maioria das tabelas de interpretação de disponibilidade de micronutrientes foi estabelecida sob condição de cultivo não irrigado, mostrando-se a necessidade de estudos voltados para o estabelecimento de classes de disponibilidade de B em condições irrigadas. Além disso, ressalta-se, ainda, que o manejo adequado da adubação com B no sistema solo-planta é frequentemente difícil, devido à faixa de concentração entre a deficiência e a toxicidade ser estreita, se comparada à dos outros nutrientes (PRADO et al., 2006).

O diâmetro longitudinal (Figura 4A) e transversal (Figura 4B) dos frutos pouco diferiu estatisticamente entre os tratamentos, porém, de maneira geral, os tratamentos que receberam cinco pulverizações foliares de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  obtiveram os maiores valores absolutos com destaque para o tratamento T3, que apresentou 13,77 e 8,99 cm de diâmetros longitudinal e transversal, respectivamente. Como o boro tem mobilidade limitada na maioria das plantas, acumulando-se nas folhas mais velhas (BASTOS; CARVALHO, 2004) devido essas transpirem mais que as flores e frutos e participar diretamente da polinização (GALLI et al., 2012) sua aplicação via foliar complementa a necessidade desses órgãos (LEMISKA et al., 2014), resultando no aumento do diâmetro longitudinal e transversal dos frutos.



**FIGURA 4** - (A) Diâmetro longitudinal, (B) diâmetro transversal, (C) massa do fruto, (D) percentual de polpa e (E) espessura da casca de manga 'Palmer' em função do manejo da fertilização boratada com respectivas barras de desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ). T1 = Cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)]; T2 = Cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)]; T3 = Cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)]; T4 = Duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações ( $10 \text{ g planta}^{-1}$  de  $H_3BO_3$ ); T5 = Duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações ( $20 \text{ g planta}^{-1}$  de  $H_3BO_3$ ); T6 = Duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações ( $40 \text{ g planta}^{-1}$  de  $H_3BO_3$ ).

Os diâmetros longitudinais (T1= 13,77; T2= 13,13; T3= 13,77; T4= 13,05; T5= 12,65 e T6= 13,15 cm) e transversais (T1= 8,66; T2= 8,49; T3= 8,99; T4= 8,50; T5= 8,19 e T6= 8,35 cm) dos frutos de todos os tratamentos foram superiores ao relatado por Silva et al. (2014), que para a mangueira 'Palmer' cultivada em São Paulo obtiveram 12,12 cm e 7,83 cm de diâmetro longitudinal e transversal, respectivamente. Como pode-se observar, as cinco pulverizações foliares de  $H_3BO_3$  foram mais eficientes para as características de diâmetros de frutos, tendo em vista a influência do B na produção de frutos bem formados, sem lesões externas ou internas, e sem aspecto de cortiça em sua casca, conforme descrito por Marschner, (1995) e Malavolta et al. (1997). Valantin et al. (2006) afirmam que as variações no comprimento do fruto podem ser consequência de dois processos: a força do dreno durante a divisão celular e a taxa de crescimento do fruto durante a expansão celular.

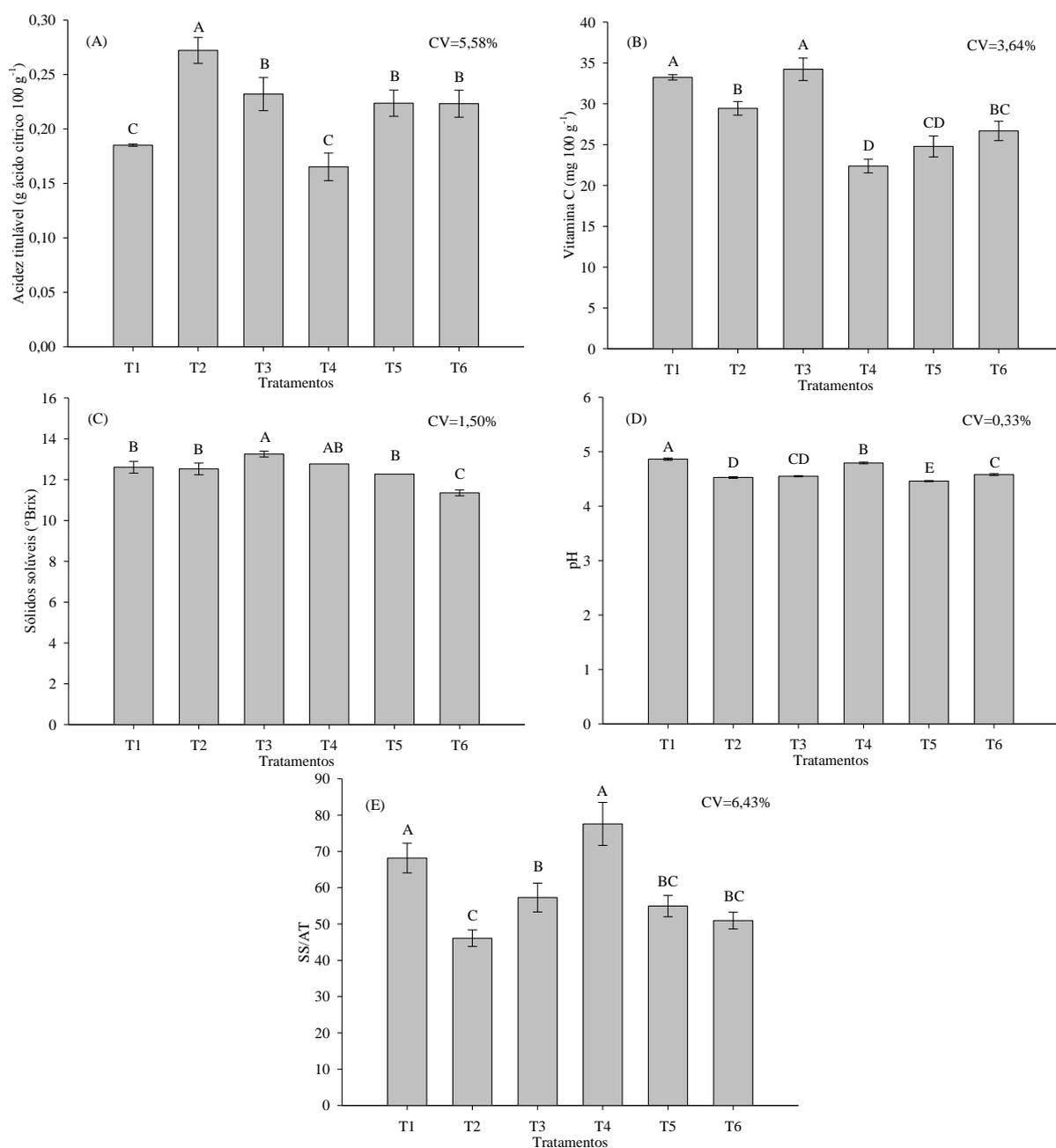
Os frutos provenientes dos tratamentos que receberam cinco pulverizações foliares de  $H_3BO_3$  apresentaram maior massa, com 550,08 g (T1), 524,31 g (T2) e 569,95 g (T3) (Figura 4C) que, de acordo com a classificação estabelecida pelo Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2004), pertence à classe de 550 (551 a 800 g), com um limite de variação de tamanho como garantia para a homogeneidade visual de 125 g. Silva et al. (2012b) verificaram média semelhante de massa de fruto para a cultivar Palmer (562,4 g) na Zona da Mata Mineira. Galli et al. (2013) verificaram aumento da massa dos frutos com a aplicação de boro nas cv. 'Carabao' (243 g), 'Haden' (499 g), 'Petacon' (498 g) e 'Winter' (336 g) em Pindorama-SP. Os resultados obtidos no presente trabalho confirmam a essencialidade do B para a frutificação da planta e, principalmente, objetivando o aumento na massa dos frutos, visto que este é um importante atributo na aceitação do produto pelos consumidores (TREVISAN et al., 2006). O boro influencia na formação de maiores quantidades de tecido, ou seja, bagaço, aumentando a participação dessa variável na relação peso-suco/peso-fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Considerando a norma de classificação para os frutos de mangueira que leva em consideração a massa de fruto, os frutos dos tratamentos T4, T5 e T6 (487,94 g, 460,04 g e 482,72 g), respectivamente, se enquadraram na classe 350 (351 a 550g) (Figura 4C), pelo Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2004).

Historicamente, o B tem sido considerado um nutriente de baixa mobilidade no floema, devido a concentrações mais elevadas serem observadas nos órgãos mais velhos das plantas e os sintomas de deficiências aparecerem inicialmente nas partes mais novas (BASTOS; CARVALHO 2004). Entretanto, Brown e Shelp (1997) afirmam que o B pode ser redistribuído em algumas espécies de plantas, que utilizam polióis como metabólitos secundários, resultando na formação de complexo poliol-B-poliol nos tecidos vegetais fotossintéticos. Com isso, o B pode ser transportado no floema para diversos drenos ativos, incluindo folhas jovens, frutos, sementes e meristemas vegetativos ou reprodutivos (Brown e Shelp, 1997; Perica et al., 2001). Desta forma, a fertilização foliar com B permite uma rápida absorção e translocação deste nutriente para outras partes da planta, constituindo-se uma ótima estratégia de manejo quando se pretende uma rápida resposta a adubação boratada.

O percentual de polpa (Figura 4D) pouco diferiu entre os tratamentos, no entanto, quando aplicado cinco pulverizações foliares, foi observado um maior percentual no tratamento T2 (70,33%) em relação aos tratamentos T3, T4 e T6. Os diferentes manejos de fertilização boratada não resultou em variação na espessura da casca de frutos de mangaueira, com valores médios de 19,7-23,3 mm (Figura 4E). A espessura da casca é um parâmetro considerado importante para determinar a qualidade da manga, uma vez que o percentual de aproveitamento do fruto decorre da maior relação espessura de polpa/casca. Ainda que baixa espessura de casca seja apreciada por se relacionar com melhor aproveitamento de polpa, este fator pode se constituir uma característica limitante ao processo de embalagem e transporte. Frutos com casca muito delgada apresentam alta sensibilidade ao manuseio e tendem a sofrer danos internos na polpa, levando o fruto a uma depreciação da estrutura física interna e redução de período de estocagem. Avaliando o efeito da fertilização foliar boratada na qualidade de laranja em Sun City, EUA, Maurer e Taylor (1999) verificaram que este nutriente não afetou a concentração de suco nem a espessura da casca, apesar dos teores de B nas folhas terem aumentados.

As médias dos resultados obtidos da qualidade físico-química dos frutos de mangaueira 'Palmer' encontram-se na Figura 5, onde verifica-se que o tratamento T2 apresentou maior valor de acidez titulável - AT (0,27% de ácido cítrico) em relação aos demais tratamentos avaliados. Carvalho et al. (2004) observaram para

frutos maduros de manga 'Palmer' em Votuporanga-SP valor médio de AT de 0,07 a 0,35% de ácido cítrico, enquanto que Silva et al. (2012b) observaram valores de AT de 0,20% de ácido cítrico para a cv. 'Palmer' na Zona da Mata Mineira. De acordo com os padrões de identidade e qualidade de frutos de manga estabelecidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2000), os valores de AT do presente trabalho (0,16 a 0,27% de ácido cítrico) estão dentro do padrão de qualidade estabelecido (máximo de 0,32% de ácido cítrico). Pode-se observar que com o aumento da dose aplicada de  $H_3BO_3$  entre os manejos avaliados, houve um aumento considerável na acidez titulável, isso pode estar possivelmente associado a um menor consumo de ácidos orgânicos, neste caso, o ácido cítrico, em decorrência do processo respiratório (MOURA et al., 2000).



**FIGURA 5** - Acidez titulável (A), Vitamina C (B), Sólidos solúveis (C), pH (D) e relação SS/AT (E) de polpa de manga 'Palmer' em função do manejo da fertilização boratada com respectivas barras de desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ). T1 = Cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)]; T2 = Cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,4%)]; T3 = Cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras (0,3%) e demais (0,6%)]; T4 = Duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações (10 g planta<sup>-1</sup> de  $H_3BO_3$ ); T5 = Duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações (20 g planta<sup>-1</sup> de  $H_3BO_3$ ); T6 = Duas pulverizações com  $H_3BO_3$  (0,3%) + três fertirrigações (40 g planta<sup>-1</sup> de  $H_3BO_3$ ).

Avaliando o efeito da fertilização foliar boratada na qualidade de tangerina 'Kinnow' no Paquistão, Ullah et al. (2012) verificaram efeito significativo para a acidez titulável (AT) e para a relação (SS/AT). As plantas pulverizadas com 0,3% de ácido bórico apresentaram o máximo valor de AT nos frutos, enquanto 0,4% de ácido bórico resultou em maior valor da relação (SS/AT) quando comparado às plantas sem pulverização foliar de ácido bórico (controle).

Os frutos provenientes dos tratamentos que receberam somente pulverizações foliares de  $H_3BO_3$  apresentaram maiores valores de vitamina C (T1 = 33,23, T2 = 29,43 e T3 = 34,21 mg  $100g^{-1}$  de ácido ascórbico) em relação aos demais tratamentos (T4 = 22,37; T5 = 24,77 e T6 = 26,67 mg  $100g^{-1}$  de ácido ascórbico) (Figura 5B). Os valores de vitamina C do presente trabalho estão dentro da faixa de variação observada por Machado et al. (2007) de 10,78 a 67,67 mg  $100g^{-1}$  de ácido ascórbico no Recôncavo Baiano. Alves et al. (2010) observaram valores médios de 45,27 mg  $100g^{-1}$  de ácido ascórbico em polpa de manga 'Palmer' adquiridas no mercado local de Lavras-MG.

A quantificação de ácido ascórbico em frutos é importante, uma vez que este componente químico possui alto valor nutricional, além da capacidade antioxidante (CHITARRA; CHITARRA 2005). O estudo do conteúdo de ácido ascórbico ainda pode indicar a preservação de outros nutrientes devido a sua característica termolábil e sua degradação pode resultar no escurecimento não enzimático, além de causar o surgimento de sabores desagradáveis (ALVES et al., 2010). A nutrição adequada de B reduz os teores de compostos fenólicos, a descoloração enzimática e aumento significativo de vitamina C (MESQUITA et al., 2003). Assim, o B apresenta grande importância na maturação de frutos, podendo estar relacionado ao fato de que esse micronutriente é precursor de ascorbato, o qual é necessário para a atividade da enzima ACC oxidase, conforme sugerem os resultados de Cakmak e Römheld (1997) e de Liu e Yang (2000).

Os teores de sólidos solúveis (SS) variaram entre 11,3 a 13,2 °Brix (Figura 5C), estando dentro dos padrões de qualidade, uma vez que o valor mínimo de sólidos solúveis estabelecidos é de 11 °Brix, segundo as normas do Mapa (2000). O tratamento T3 apresentou maior teor de sólidos solúveis (13,2 °Brix) em relação aos tratamentos T1 (12,6 °Brix) e T2 (12,5 °Brix), mostrando incremento nos teores de sólidos solúveis com o aumento na quantidade de  $H_3BO_3$  aplicada via foliar. Em cultivos de maçãs em São Joaquim-SC, Sá et al. (2014) não observaram variação

no teor de SS com aplicação de B. Por outro lado, esses autores observaram que a fertilização boratada foliar aumentou o índice de iodo-amido, que passou de 3,0 (sem aplicação foliar de B) para 4,1 (quando a pulverização foliar ocorreu na floração). Assim, a fertilização foliar boratada resultou em maior degradação do amido em açúcares solúveis, mostrando antecipação na maturação dos frutos.

Nos tratamentos aplicados duas pulverizações + três fertirrigações com  $H_3BO_3$  (T4 = 12,7 °Brix, T5 = 12,2 °Brix e T6 = 11,35 °Brix), houve uma redução no teor de sólidos solúveis com o aumento da aplicação de  $H_3BO_3$ , provavelmente em função da redução nos teores de açúcares nos frutos devido à aplicação de boro. Os açúcares são sintetizados nas folhas e translocados para os frutos numa relação fonte-dreno, respectivamente (TAIZ e ZEIGER, 2009), o aumento nos teores foliares de boro resulta na redução da assimilação de  $CO_2$  e, conseqüentemente, o teor de açúcar foliar, conforme observado por Simón et al. (2013). Para esses autores, o excesso de boro resulta na redução da atividade das enzimas fotossintéticas, além de afetar os cloroplastos e a capacidade de transporte de elétrons.

Os valores de sólidos solúveis encontrados no presente trabalho são superiores a 7,07 °Brix observado por Silva et al. (2012a) em São Manuel-SP. Em contrapartida, Carvalho et al. (2004) observaram teor de sólidos solúveis de 20,37 °Brix para a cv. 'Palmer' em Votuporanga-SP. Esta diferença nos resultados pode estar relacionada com as diferentes condições climáticas e de cultivo utilizadas em cada experimento, além do grau de maturação dos frutos no momento da análise, uma vez que de acordo com Chitarra e Chitarra (2005) este fator influencia de forma direta no teor de sólidos solúveis dos frutos.

Os valores de pH diferiram entre os tratamentos avaliados (Figura 5D), variando de 4,46 (tratamento T5) a 4,86 (tratamento T1), estando acima do encontrado por Carvalho et al. (2004) em Votuporanga-SP, que observaram para manga 'Palmer' valor médio de pH de 4,16. Cavalcante et al. (2012) afirmam que o pH da polpa é uma característica usada para avaliar os componentes ácidos das frutas e sua vida útil, relatando que frutos menos ácidos são mais frequentemente recomendados para consumo *in natura*, enquanto frutos ácidos são os mais adequados para a indústria alimentar. Todos os tratamentos avaliados proporcionaram valores de pH dos frutos dentro da faixa recomendada (3,3 e 4,5) pelo MAPA (2000).

Para os valores da relação SS/AT, os tratamentos T1 (68,17) e T4 (77,57) apresentaram os maiores valores quando comparados aos demais tratamentos (Figura 5E). Os valores médios da relação SS/AT variaram entre 46,07 (T2) e 77,57 (T4). Silva et al. (2012b) verificaram uma relação de SS/AT de 70,5 para a cv. 'Palmer' na Zona da Mata Mineira. Conforme Chitarra e Chitarra (2005), a relação SS/AT possibilita ter um real indicativo do sabor do fruto e por se tratar da relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável é afetada por todos os fatores que interferem nestas características, sejam ambientais ou fisiológicos.

## CONCLUSÕES

Há influência da forma de fertilização boratada (pulverização foliar e fertirrigação) na produção e qualidade de frutos de manga cv. 'Palmer'.

Considerando os critérios mínimos de qualidade exigidos para comercialização de manga no Brasil e a produção por planta, nas condições edafoclimáticas do experimento, pode-se recomendar cinco pulverizações com  $H_3BO_3$  [duas primeiras 0,3% e demais 0,6%].

## REFERÊNCIAS

ALBREGTS, E. E.; HOWARD, C. M. Boron application to strawberries. **Soil and Crop Science Society of Florida**, v. 43, p. 11-14, 1984.

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. L. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. 4.ed. Viçosa: SBCS, 1999. p.25-32.

ALVES, J. A.; NASSUR, R. C. M. R.; PIRES, C. R. F.; ALCÂNTARA, E. M.; GIANNONI, J. A.; LIMA, L. C. O. Cinética de degradação de vitamina C em mangas 'Palmer' minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 34, n. 3, p. 714-721, 2010.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. 1984. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg MD, USA, Official method 43.064.

BAHADUR, L.; MALHI, C.S.; SINGH, Z. **Plant Nutrition**, v. 21, n. 3, p. 589-600, 1998.

BANIK, B. C.; SEN, S. K.; BOSE, T. K. **Environment and Ecology**.v. 6, n. 1, p. 122-125, 1997.

BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G. Absorção radicular e redistribuição do boro pelas plantas, e seu papel na parede celular. *Rev. Univ. Rural, Seropédica*, v. 24, n. 2, p. 47-66, 2004.

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**, New Delhi, v. 1, n. 4, p.300-305, 2012.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of methaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 31, p. 507-513, 1988.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa Nº 1, de 7 de janeiro de 2000. **Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas**. Diário Oficial da União, Nº 6, Brasília, 10 Jan. 2000.

BROWN, P. H.; SHELP, B. J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.85-101, 1997.

CAKMAK, I.; ROMHELD, V. Boron deficiency induced impairments of cellular functions in plant. **Plant and Soil**, v. 193, p. 71-83, 1997.

CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; CASTRO, J. V.; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueiras selecionadas pelo Instituto Agronômico de Campinas comparada a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.2, p. 264-271, 2004.

CAVALCANTE, Í. H. L.; CAVALCANTE, L. F.; MIRANDA, J. M. S.; MARTINS, A. B. **G. Physical and chemical characteristics of tropical and non-conventional fruits**. Food Industrial Processes - Methods and Equipment. Dr. Benjamin Valdez (Ed.). 1st ed. Rijeka: InTech, 2012. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/food-industrial-processes-methods-and-equipment/physical-and-chemical-characteristics-of-tropical-and-non-conventional-fruits>>. Acesso em: 05 de Jan. 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Rev. e Ampl. Lavras: UFLA, p. 785, 2005.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, S. F. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Cap.8, p. 328-352, 2006.

FAO. Production-crops. 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 05 de Jan. 2015.

GALLI, J. A.; PALHARINI, M. C. A.; FISCHER, H. I.; MICHELOTTO, D. M.; MARTINS, L. M. A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de mangueira adubadas com boro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 358-363, 2013.

GALLI, J. A.; PALHARINI, M. C. A.; FISCHER, I. H. Boro: efeito na produção e qualidade de frutos de diferentes variedades de manga. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 9, n. 2, 2012.

GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C de A. **A Cultura da Mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 454, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4<sup>o</sup> ed. São Paulo, 1<sup>o</sup> Ed. digital, p. 1002, 2008.

LEE, S. H.; KIM, W.; HAN, T. Effects of post-harvest foliar boron and calcium applications on subsequent season's pollen germination and pollen tube growth of pear (*Pyrus pyrifolia*). **Scientia Horticulturae**, v. 122, p. 77-82, 2009.

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

LIU, P.; YANG, Y. A. Effects of molybdenum and boron on membrane lipid peroxidation and endogenous protective systems of soybean leaves. **Acta Botanica Sinica**, v. 42, n. 5, p. 461-466, 2000.

MACHADO, S. S.; TAVARES, J. T. Q.; CARDOSO, R. L. Caracterização de polpas de frutas tropicais congeladas comercializadas no Recôncavo Baiano. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, p. 158-163, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **POTAFOS**, p. 319, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, p. 889, 1995.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Elsevier, p. 643, 2012.

MATTIELLO, E. M.; RUIZ, H. A.; SILVA, I. R.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; BEHLING, M. Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1281-1290, 2009.

MAURER, M. A.; TAYLOR, K. C. (1999). **Effect of Foliar Boron Sprays on Yield and Fruit Quality of Navel Oranges**. In: Whright, G.; Kilby, M. (ed.). Citrus and Deciduous Fruit and Nut Research Report. Tucson: University of Arizona/ College of Agriculture. (Publicação obtida no dia 12 de Janeiro de 2006).

MESQUITA, H. A.; ALVARENGA, M. A. R.; CARVALHO, J. G.; PAULA, M. B.; RESENDE, G. M. Produção e qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) em função da aplicação de boro. In: Seminário Mineiro de Bataticultura, Comercialização e Marketing, 4, Poços de Caldas/MG, 2003. **Anais...** Poços de Caldas/MG: EPAMIG, p. 107-110, 2003.

MOURA, C. F. H.; FIGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E. In: **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: UNESP/SBF, p. 102-113, 2000.

NIJJAR, G. S. **Nutrition of Fruit Trees**. Mrs. Usha. Raj Kumar Kalayan, New Delhi, p. 70-119, 1985.

PALHA, M. G. de. **Manual do morangueiro**. 1. Ed. Barradois: Atelier Gráfica, p. 128, 2005.

PERICA, S.; BELLALOU, N.; GREVE, C.; HU, H.; BROWN, P. H. Boron transport and soluble carbohydrate concentrations in olive. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.126, n.3. p.291-296, 2001.

PRADO, R. de M.; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Níveis críticos de boro no solo e na planta para cultivo de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.305-309, 2006.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. Normas de Classificação de Manga. Centro de Qualidade em Horticultura, São Paulo, **CEAGESP**: p. 6, 2004. (CQH. Documentos, 28).

RAJA, M. E.; KUMAR, S. C. A.; RAJU, S. Y. Boron deficiency in mango (*Mangifera indica* L.): A cause delineation study in acidic soils of Maharashtra, India. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 5, n. 5, p. 751-754, 2005.

ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1473-1478, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n10/a15v4210.pdf>> Acesso em: 02 Dez. 2015.

SÁ, A.A.; ERNANI, P.R.; NAVA, G.; AMARANTE, C.V.T. & PEREIRA, A.J. Influência de formas de aplicação de boro na qualidade e no rendimento de maçãs (*Malus domestica*). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 487-494, 2014.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 353, 2013.

SARAN, P. L.; KUMAR, R. Boron deficiency disorders in mango (*Mangifera indica*): field screening, nutrient composition and amelioration by boron application. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 81, n. 6, p. 506-510, 2011.

SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; LEONEL, S.; SOUZA, M. E.; TANAKA, A. A. Caracterização e correlação física e química dos frutos de cultivares de mangueira em São Manuel, São Paulo. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 24, p. 15-26, 2012a.

SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; LEONEL, S. Growth and flowering of five mango cultivar under subtropics conditions of Brazil. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v. 5, n. 3, p. 393-402, 2014.

SILVA, D. F. P.; SIQUEIRA, D. L.; ROCHA, A.; SALOMÃO, L. C. C.; MATIAS, R. G. P.; STRUIVING, T.B. Diversidade genética entre cultivares de mangueiras, baseada em caracteres de qualidade dos frutos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, p. 225-232, 2012b.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, p. 1-5, 2009. CD-Rom.

SILVA, F.C. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 627, 2009.

SILVA, P. C. G.; MORA, M. S. B.; KIIL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F.; FILHO, C. G. Caracterização do semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B.; SILVA, P.C.G. (Orgs.). *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: **Embrapa**, p. 18-48, 2010.

SIMÓN, I.; LÓPEZ, L. D.; GIMENO, V.; NIEVES, M.; PEREIRA, W. E.; MARTÍNEZ, V.; LIDON, V.; SÁNCHEZ, F. G. Effects of boron excess in nutrient solution on growth, mineral nutrition, and physiological parameters of *Jatropha curcas* seedlings. **Journal Plant and Soil Science**. v. 176, p. 165-174, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ed. Porto Alegre: Artmed. p. 719, 2009.

TREVISAN, R.; TREPTOW, R. O.; GONSALVES, E. D.; ANTUNES, L. E. C.; HERTER, F. G. Atributos de qualidade considerados pelo consumidor de Pelotas/RS, na compra de pêssego in natura. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 12, p. 371-374, 2006.

ULLAH, S.; KHAN, A. S.; MALIK, A. U.; AFZAL, I.; SHAHID, M.; RAZZAQ, K. Foliar application of boron influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' Mandarin (*Citrus reticulata blanco.*), **Journal of Plant Nutrition**, v. 35:13, p. 2067-2079, 2012.

VALANTIN, M.; VAISSIERE, B. E.; GARY, C.; ROBIN, P. Source-sink balance affects reproductive development and fruit quality in cantaloupe melon. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 81, p. 105-117, 2006.

VALEXPORT - Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco. Petrolina - PE, 2016. Disponível em: < <http://www.valexport.org.br> > Acesso 03 de janeiro. 2016.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, J. M. P. F.; PÉREZ, D. V.; ANJOS, L. H. C. Disponibilidade de boro e correlação com propriedades dos solos do estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.493-498, 1999.

WÓJCIK, P.; WOJCIK, M.; KLAMKOWSKI, K. Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v. 116, n. 1, p. 58-64, 2008.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

A deficiência de boro provoca a emissão de frutos acometidos por desordem fisiológica e a fertilização boratada é eficiente na redução desse problema, influenciando a produtividade de manga cv. 'Palmer' com destaque para o tratamento que inclui duas fertirrigações com 50 g planta<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + cinco pulverizações com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> [duas primeiras (0,3%) e demais (0,2%)], que atingiu produtividade média de 35,62 t ha<sup>-1</sup>.

A forma de fertilização boratada (pulverização foliar e/ou fertirrigação) influencia a produção e qualidade de frutos de mangueira cv. 'Palmer'. A pulverização foliar com H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> proporcionou melhor resposta na qualidade físico-química de frutos de mangueira cv. 'Palmer'.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBREGTS, E. E.; HOWARD, C. M. Boron application to strawberries. **Soil and Crop Science Society of Florida**, v. 43, p. 11-14, 1984.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2015. Editora Gazeta, p. 75, 2015.

ASSIS, J. S.; SILVA, D. J.; MORAES, P. L. D. Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 326-329, 2004.

AVILAN, R. L. Variaciones de los niveles de nitrogens, fosforo, potassio y calcio em las hojas de mango (*Mangifera indica* L.) atraves de um ciclo de producción. **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 21, n. 1, p.3-10, 1971.

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**, New Delhi, v. 1, n. 4, p.300-305, 2012.

BLEVINS, D. G.; LUKASZEWSKI, K. M. Boron in plant structure and function. **Annual. Review. Plant Physiol. Plant Mol. Biol**, v. 49, p. 481-500, 1998.

BOLAÑOS, L.; LUKASZEWSKI, K. M.; BONILLA, I.; BLEVINS, D. G. Why boron? **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, p. 907-912, 2004.

CARVALHO, M. A. P. de; MAGALHÃES, A. F. de J.; SOUZA, L. F. da S. In: COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia**. Salvador, BA: Ceplac/Ematerba/Embrapa/Epaba/Nitrifertil, p. 135-136, 1989.

COSTA, S.L.; CARVALHO, A.J.; PESSANHA, P.G.O.; MONNERAT, P.H.; MARINHO, C.S. Produtividade da cultura da Pinha (*Annona squamosa* L.) em função de níveis de adubação nitrogenada e formas de aplicação de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 543-546, 2002.

CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, p. 238, 2009.

ESTRADA, C. G.; BLANCO, S. A.; VÁZQUEZ, R. M.; GARZA, A. M. Contenido y extracción de algunos nutrientes por el fruto de mango cv. Manila. **Revista Agronomía Tropical**. Maracay, v. 46, n. 04, p. 431-446. 1996.

FAO. 2014. Production-crops. Disponível em:  
<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 05 de Jan. 2015.

GALLI, J. A.; PALHARINI, M. C. A.; FISCHER, H. I.; MICHELOTTO, D. M.; MARTINS, L. M. A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de mangueira adubadas com boro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 358-363, 2013.

GALLI, J. A.; PALHARINI, M. C. de A.; FISCHER, I. H.; MECHELOTTO, M. D. Boro: efeito na produção e qualidade de frutos de diferentes variedades de manga. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 9, n. 2, 2012.

GANIE, M. A.; AKHTE, F.; BHAT, M. A.; MALIK, A. R.; JUNAID, J. M.; SHAH, M. A.; BHAT, A. H.; BHAT, T. A. Boron – a critical nutrient element for plant growth and productivity with reference to temperate fruits, **Current Science**, India v. 104, n. 1, 2013.

GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C de A. **A Cultura da Mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 454, 2002.

GOMES, T. C. A.; SILVA, M. S. L.; SILVA, J. A. M.; CARVALHO, N. C. S.; SOARES, E. M. B. **Padrão de decomposição e liberação de nutrientes de adubos verdes em cultivos de uva e manga do Submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 23, 2005. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 71).

GUPTA, U. C.; JAMES, Y. W.; CAMPBELL, C. A.; LEYSHON, A. J.; NICHOLAICHUK, W. Boron toxicity and deficiency: A review. **Canadian Journal Soil Science**. Ottawa, v. 65, p. 381–409, 1985.

HAAG, H. P.; SOUZA, M. E. P.; CARMELLO, Q. A. C.; DECHEN, A. R. Extração de macro e micronutrientes por frutos de quatro variedades de manga (*Mangifera indica* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 47, n. 2, p. 459-477, 1990.

HERRERA-RODRÍGUEZ, M. B.; GONZÁLEZ-FONTES, A.; REXACH, J.; CAMACHOCRISTÓBAL, J. J.; MALDONADO, J. M.; NAVARRO-GOCHICOA, M. T.

Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. **Plant Stress**, v. 4, p. 115-122, 2010.

KHALIFA, K. R. M.; HAFEZ, O. M.; ABD-EL-KHAIR, H. Influence of foliar spraying with boron and calcium on productivity, fruit quality, nutritional status and controlling of blossom end rot disease of anna apple trees. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, p. 237-249, 2009.

LABOREM, G.; AVILAN, R.; FIGUEIROA, M. Extracción de nutrientes por uma cosecha de mango (*Mangífera indica* L.). **Agronomia Tropical**, Maracay. v. 29, p. 3-15, 1979.

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**, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 622-628, 2014.

LIMA, L. C. de O. **Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins'**: Transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento. 1997. 147f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

LOOMIS, W. D.; DURST, R. W. Chemistry and biology of boron. **BioFactors**, v. 3 p. 229-239, 1992.

LOURENZANI, W. L.; LOURENZANI, A. E. B. S.; BAGAILOLO, G. R.; RODARTE, T. D. A Fruticultura e sua importância para a Região Nova Alta Paulista. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural, 2008, Rio Branco-Acre. **Anais...**

MAGALHÃES, A. F. J.; BORGES, A. L. Calagem e adubação. In: MATOS, A.P. de (Org). **Manga**: produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 35-44, 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p. 319, 1997.

MEDEIROS, A. A.; AMORIM, J. R. A.; SILVA, D. J.; GUEDES, F. X.; GUERRA, A. G.; DANTAS, J. A. Composição mineral de folhas de mangueira e exportação de nutrientes pelos frutos de mangueira em cultivo irrigado no Rio Grande do Norte. Natal: EMPARN, 13p. (EMPARN. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 30) 2005.

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. **Mycopathologia**, Dordrecht, v. 9, n. 1, p. 25-28, 2011.

NYOMORA, A. M. S.; BROWN, P. H.; PINNEY, K.; POLITO, V. S. Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, p. 265-270, 2000.

O'NEILL, M. A.; EBERHARD, S.; ALBERSHEIM, P.; DARVILL, A. G. Requirement of borate crosslinking of cell wall rhamnogalacturonan II for *Arabidopsis* growth. **Science**, v. 294, p. 846-849, 2001.

PINTO, P. A. C.; DIAS, L. E.; ALVAREZ, V. H.; CHOUDHURY, M. M.; VIEIRA, G. Avaliação do estado nutricional da mangueira Tommy Atkins no Submédio do Vale do rio São Francisco: Cálculo dos índices DRIS. **Instituto de Biodiversidade Agrária e Desenvolvimento Rural**, n. 6, p. 5-13, 2008.

PRADO, R. M. Nutrição e desordens fisiológicas na cultura da manga. In: ROZANE, D.E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. ed. **Manga – Produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, p. 199–231. 2004.

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

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; PIZA JUNIOR, C. de T. Frutíferas. 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**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, cap. 17, p. 121-153. 1997.

SÁ, A. A.; ERNANI, P. R.; NAVA, G.; AMARANTE, C. V. T.; PEREIRA, A. J. Influência de formas de aplicação de boro na qualidade e no rendimento de maçãs (*Malus domestica*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.487-494, 2014.

SARAN, P. L.; KUMAR, R. Boron deficiency disorders in mango (*Mangifera indica* L.): field screening, nutrient composition and amelioration by boron application. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 81, n. 6, p. 506-510, 2011.

SERGENT, E.; LEAL, F.; CASANOVA, E. Niveles foliares de NPK en mango (*Mangifera indica* L.). **Revista de la Facultad de Agronomía**. Maracay, v. 19, n. 2, p. 319–328, 1993.

SHELP, B. J. **Physiology and biochemistry of boron in plants. In: Boron and its role in crop production**. U.C. Gupta (ed) CRC Press, Boca Raton, FL, p. 53-85, 1993.

SILVA, A. C. da; SOUZA, A. P. de; LEONEL, S.; SOUZA, M. E. de; RAMOS, D. P.; TANAKA, A. A. Growth and Flowering of Five Mango Cultivar under Subtropics Conditions of Brazil. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v. 5, n. 3, p. 393-402, 2014.

SILVA, M. S. L.; GOMES, T. C. A. Manejo de solo. In: MOUCO, M. A. C. (Ed.). **Cultivo da mangueira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. (Sistema de Produção). Disponível em: <<http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/fontesHTML/manga/cultivodamangueira/>>. Acesso em: 09 Jan. 2016.

SILVA, M. S. L.; GOMES, T. C. A.; MACHADO, J. C.; SILVA, J. A. M.; CARVALHO, N. C. S.; SOARES, E. M. B. **Produção de fitomassa de espécies vegetais para adubação verde no Submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 6, 2005. (Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido, 71)

SOUZA, F. V. **Curva de crescimento e exportação de nutrientes e sódio por frutos de mangueira Palmer, Haden e Tommy Atkins**. Jaboticabal-SP, 2007. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007.

USHA, K.; SINGH, B. Effect of macro and micro-nutrient spray on fruit yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Perlette. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 1, n. 594, p. 197-202, 2002.

VALEEXPORT - Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco. Petrolina - PE, 2016. Disponível em: <<http://www.valexport.org.br>> Acesso 03 de janeiro. 2016.

WAINWRIGHT, H.; BURBAGE, M. B. Physiological disorders in mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Journal of Horticultural Science**, v. 64, n. 2, p. 125-135, 1989.

WIMMER, M.A.; EICHERT, T. Review: mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. **Plant Science**, v. 203–204, p. 25–32, 2013.

WÓJCIK, P.; WOJCIK, M.; KLAMKOWSKI, K. Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v. 116, p. 58-64, 2008.