

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DO BORO NO CRESCIMENTO E ACÚMULO
DE NUTRIENTES EM PORTA-ENXERTOS DE
CARAMBOLEIRA**

Clariana Valadares Xavier
Engenheira Agrônoma

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DO BORO NO CRESCIMENTO E ACÚMULO
DE NUTRIENTES EM PORTA-ENXERTOS DE
CARAMBOLEIRA**

Clariana Valadares Xavier

Orientador: Prof. Dr. William Natale

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2014

X3i Xavier, Clariana Valadares
Influência do boro no crescimento e acúmulo de nutrientes em
porta-enxertos de caramboleira / Clariana Valadares Xavier. --
Jaboticabal, 2014
xii, 62 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: William Natale
Banca examinadora: Amanda Hernandez, Renato de Mello Prado
Bibliografia

1. *Averrhoa carambola*. 2. Adubação. 3. Nutrientes. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.811:634.674

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: INFLUÊNCIA DO BORO NO CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM PORTA-ENXERTOS DE CARAMBOLEIRA

AUTORA: CLARIANA VALADARES XAVIER

ORIENTADOR: Prof. Dr. WILLIAM NATALE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. WILLIAM NATALE

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Profa. Dra. AMANDA HERNANDES

Coordenadoria de Assistência Técnica Integral / Casa da Agricultura de Batatais / Batatais/SP



Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 13 de novembro de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CLARIANA VALADARES XAVIER – Nascida em Urucânia, MG em 05 de fevereiro de 1986 graduou-se Engenheira Agrônoma em janeiro de 2011 na Universidade Federal de Viçosa, Câmpus de Viçosa, MG. Durante o curso de graduação realizou diversos estágios, dentre outras atividades realizadas. Em agosto de 2012 iniciou o Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal. Durante o mestrado foi bolsista nos primeiros vinte e quatro meses da CAPES. Realizou diversas atividades, participação em simpósios e congressos, participação em grupos de Pesquisa, condução de experimentos e estágio docência. Na vida acadêmica publicou diversos resumos em anais de eventos, além de artigos científicos em revistas com corpo editorial.

“Só se vê bem com o coração. O essencial é invisível para os olhos”.

Antoine de Saint-Exupéry.

DEDICO

À minha mãe Elizabeth, aos meus irmãos Clarissa e José Vinicius e ao André.

OFEREÇO

*Aos meus avôs Maria e Jesus; ao meu primo Luiz Gustavo
e a Priscila Montani (in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

À Deus, agradeço a tudo na vida.

À minha família pelo apoio constante nesta caminhada, pela paciência e amor, principalmente à minha mãe por ser tão única e especial.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), pela oportunidade oferecida.

À CAPES, pela concessão da bolsa do mestrado sem a qual seria impossível a realização do projeto e do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. William Natale e sua esposa, pela orientação e compreensão.

Aos irmãos José Mauro da Silva e João Mateus da Silva pela oportunidade de realização do experimento no viveiro de mudas do Sítio São João, em Taquaritinga, SP.

Ao professor Jairo Osvaldo Cazetta por disponibilizar a casa de vegetação para realização de parte da pesquisa.

Aos amigos da equipe de trabalho, Antônio João de Lima Neto, Rafael Marangoni Montes e Viviane Cristina Modesto.

Aos professores Manoel Evaristo Ferreira e Jairo Osvaldo Cazetta pela participação no Exame Geral de Qualificação e pelas valiosas contribuições para a melhoria desse trabalho.

Ao meu namorado André e sua família, por todo carinho, compreensão, paciência, apoio e companheirismo em todos os momentos.

A todos os amigos e colegas, que estando presentes ou não, sempre torceram pelo meu sucesso e sempre me incentivaram e também, pela amizade durante essa caminhada.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Adubos pelo auxílio e amizade, em especial à, Cláudia Campos Dela Marta.

Às funcionárias da seção de Pós-Graduação e aos funcionários da Biblioteca da FCAV, pelo atendimento e auxílio.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Revisão de Literatura.....	3
1.2.1 Importância econômica.....	3
1.2.2 Aspectos gerais da caramboleira.....	4
1.2.3 Produção de mudas e exigências nutricionais da caramboleira.....	5
1.2.4 Importância do boro.....	7
1.2.5 Uso do boro na produção de mudas de frutíferas.....	9
1.2.6 Eficiência nutricional.....	10
1.3 Referências.....	13
CAPÍTULO 2 – PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE CARAMBOLEIRA ADUBADOS COM DIFERENTES DOSES DE BORO	21
Resumo.....	21
2.1 Introdução.....	22
2.2 Material e Métodos.....	24
2.3 Resultados e Discussão.....	27
2.4 Conclusões.....	31
2.5 Referências.....	31
CAPÍTULO 3 – INFLUÊNCIA DO BORO NO TEOR, ACÚMULO E EFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS EM PORTA-ENXERTOS DE CARAMBOLEIRA	36
Resumo.....	36
3.1 Introdução.....	37
3.2 Material e Métodos.....	38
3.3 Resultados e Discussão.....	41
3.4 Conclusões.....	50
3.5 Referências.....	51
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
APÊNDICES	56

INFLUÊNCIA DO BORO NO CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM PORTA-ENXERTOS DE CARAMBOLEIRA

RESUMO – O Brasil é o terceiro produtor mundial de frutas, com uma produção que supera os 40,0 milhões de toneladas. Dentre as frutas tropicais, destaca-se a da caramboleira devido ao seu sabor, aroma e propriedades nutricionais. Apesar disso, são escassas as informações sobre a adubação e a nutrição de porta-enxertos dessa frutífera. Diante disso, o trabalho objetivou avaliar a influência do boro sobre o crescimento, composição mineral e eficiência nutricional de porta-enxertos de caramboleira. O trabalho foi desenvolvido entre os meses de setembro de 2012 e fevereiro de 2013, em um viveiro comercial de produção de mudas, localizado em Taquaritinga, SP. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com cinco doses de boro: zero; 1; 2; 3; e, 4 mg dm⁻³ de B e quatro repetições. Aos 170 dias após a aplicação do boro avaliou-se: altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas. Em seguida, as plantas foram coletadas, separadas em parte aérea e raízes, secas, pesadas, moídas e determinados os teores, calculados os acúmulos, a eficiência de absorção, de transporte e de utilização de macronutrientes e micronutrientes. Todos os parâmetros de crescimento avaliados não responderam à aplicação das doses de boro. O acúmulo de Ca e Cu na planta, responderam à aplicação de boro. As doses mais elevadas de boro aumentaram a eficiência de utilização de Ca. Pelos resultados, conclui-se que as doses elevadas de boro promoveram menor teor, e eficiência de absorção para a maioria dos macro e micronutrientes.

Palavras-chave: *Averrhoa carambola* L., adubação, nutrientes

INFLUENCE OF BORON ON GROWTH AND NUTRIENT ACCUMULATION IN ROOTSTOCKS STAR FRUIT

ABSTRACT – Brazil is the third largest producer of fruit, with a production that exceeds 40.0 million tonnes. Among the tropical fruits, stands out from the star fruit because of its taste, aroma and nutritional properties. Nevertheless, there is little information about the nutrition and fertilization rootstock of this plant. Thus, the study aimed to evaluate the influence of boron on growth, mineral composition and nutritional efficiency of star fruit rootstocks. The study was conducted between the months of September 2012 and February 2013, in a production nursery seedlings, located in Taquaritinga, SP. The experimental design was randomized blocks with five doses of boron (B): zero; 1; 2; 3; and 4 mg dm⁻³ of B, four replications. At 170 days after application of boron were evaluated: plant height, stem diameter and number of leaves. Then the plants were collected, divided into shoot and roots, dried, weighed, ground and determine the content, calculated accumulations, the efficiency of absorption, transport and utilization of macro and micronutrients. All growth parameters evaluated did not respond to the application of boron doses. The accumulation of Ca and Cu in the plant, responded to boron application. Higher doses of boron increased the efficiency of utilization of Ca. From the results, it is concluded that high doses promote low boron content and absorption efficiency for most macro and micronutrients.

Keywords: *Averrhoa carambola* L., fertilization, nutrients

CAPITULO 1 – Considerações gerais

1.1 Introdução

A fruticultura é um dos segmentos que mais cresce na economia brasileira, principalmente as frutas para consumo *in natura* e para a produção de sucos, néctares, geleias e derivados. Este aumento se deve a maior conscientização da população sobre a importância das frutas na alimentação, bem como à melhoria na renda das famílias, se comparada com os anos anteriores (CEPEA, 2011).

Este fato faz com que o Brasil desponte no mercado, sendo o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma produção de cerca de 45 milhões de toneladas ao ano em uma área cultivada de aproximadamente 2,2 milhões de hectares (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012; 2013). Entretanto, participa com apenas 2% no comércio global do setor, o que indica o alto consumo interno, devido às dificuldades na exportação, como por exemplo, com as barreiras alfandegárias (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2010).

Apesar de estar em terceiro lugar como maior produtor de frutas frescas do mundo, com uma produção anual representativa, o Brasil ainda tem um grande potencial a ser explorado no mercado internacional, para ocupar melhor posição entre os países exportadores (MAPA, 2007).

Na safra 2012/2013 o volume de frutas exportadas foi de, aproximadamente, 680 mil toneladas de frutos, totalizando cerca de US\$ 630 milhões (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012; 2013).

Além de a fruticultura ter um papel significativo na economia do país, o setor destaca-se pelo caráter econômico-social, sendo responsável pela geração de 5,6 milhões de empregos diretos, correspondente a 27% do total da mão de obra agrícola brasileira (FACHINELLO et al., 2011).

Dentre as plantas frutíferas cultivadas no país encontra-se a caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) que é considerada por alguns autores como originária da Ásia (TEIXEIRA et al., 2001). Já no Brasil foi introduzida em 1811, em Pernambuco na cidade de Olinda, e está distribuída por todo o mundo (LENNOX; RAGOONATH, 1990). Esta fruta é muito apreciada devido ao seu aroma, sabor e propriedades

nutricionais, como fonte de vitaminas A, C, K e diversos aminoácidos, além de possuir uma beleza exótica e única na natureza (FREITAS et al., 2011). Sendo, portanto, considerada uma frutífera de grande potencial de mercado devido, também, ao rápido desenvolvimento e alta produtividade.

Em vista da crescente popularização da cultura da carambola no cenário nacional, à preocupação e à conscientização dos viveristas, considerando-se a falta de informações e pesquisas científicas no que se refere à adubação e nutrição mineral de frutíferas (FREITAS et al., 2011; HERNANDES et al., 2011; ROZANE, 2008), torna-se necessária a realização de estudos que permitam avaliar mais detalhadamente os efeitos dos nutrientes na caramboleira.

A produção de porta-enxerto de caramboleira, com estado nutricional adequado é de extrema importância, pois define o êxito na implantação do pomar das caramboleiras, além de influenciar na qualidade da muda, na precocidade de produção e no retorno econômico do capital investido (FREITAS et al., 2011).

Portanto, torna-se necessário suprir as exigências nutricionais das culturas. Dentre os nutrientes, o boro atua em vários processos biológicos importantes, como componente ativo e essencial do substrato, alterando sistemas enzimáticos e a translocação de açúcares e metabolismo de carboidratos, além de desempenhar papel importante na síntese da parede celular, no acúmulo de fenóis, no metabolismo do N e na atividade de hormônios, além de influenciar na fotossíntese (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar a influência do boro sobre o crescimento, a composição mineral e a eficiência nutricional de porta-enxertos de caramboleira, contribuindo assim com a literatura científica escassa sobre o assunto, e por consequência, auxiliar na maximização da produção da carambola no país.

1.2 Revisão de Literatura

1.2.1 Importância econômica

A caramboleira destaca-se entre as frutíferas com potencial de exploração no Brasil. Essa foi introduzida, no país, juntamente com o limão caiano (*Averrhoa bilimbi* L.) e outras plantas de origem asiática. A partir desse momento seu cultivo se espalhou para todo o litoral do País e, atualmente, está distribuída em todas as regiões, exceto nas quais ocorrem geadas (BASTOS, 2006).

Os principais países produtores dessa fruta são Taiwan, Malásia e Brasil, com produção estimada variando de 3.000 a 40.000 toneladas de frutos nesses países (GOENAGA, 2007).

No cenário nacional, o estado de São Paulo se destaca como o maior produtor da fruta, sendo responsável por 68% da produção brasileira, concentrando-se nas regiões de Mirandópolis, Campinas, Taquaritinga e Lins (BASTOS, 2005). Oliveira et al. (2009) estima-se que a área plantada de caramboleiras seja de aproximadamente 300 ha, localizada predominantemente na região Sudeste.

O volume de carambolas comercializadas pela Ceagesp – SP, em 2011, foi de 3.700 toneladas de frutos (AGRIANUAL, 2012), mas esse volume ainda é considerado baixo, quando comparado ao de outros países produtores da fruta, uma possível explicação para isso, seria as informações escassas, assim como as pesquisas científicas relacionadas à adubação e a nutrição dessa frutífera (PRADO; NATALE; ROZANE, 2007).

A produtividade da caramboleira varia entre 15 e 45 t/ha de acordo os tratos culturais e idade da frutífera, podendo atingir até 60 t/ha. O ponto de colheita ideal da carambola ocorre quando 25 a 75% de sua superfície se encontra amarelada. Plantas enxertadas começam a produzir a partir do 2º ano, alcançado a produção comercial a partir do 5º ano, e mantendo-se produtiva por até 20 anos (BASTOS, 2004). Natale et al. (2008) alcançaram, em plantas adultas de caramboleira, produtividade acumulada de 123,5 t/ha em cinco anos consecutivos.

1.2.2 Aspectos gerais da caramboleira

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) é uma frutífera que foi introduzida no Brasil no início do século XVIII, originária da Ásia e pertencente à família Oxalidaceae, é típica das regiões tropicais (POPENOE, 1924).

Porém, ainda existem dúvidas sobre o seu verdadeiro centro de origem, por não haver relatos sobre a existência nesse continente de plantas em estado selvagem. Alguns estudiosos indicam a Malásia e a Indonésia, como centros de origem; outros citam a Índia e o Sri Lanka (GALÁN SAÚCO et al., 1993; NAKASONE; PAULL, 1998).

A caramboleira é uma frutífera tropical exótica que pode ser encontrada na Austrália, Filipinas, além de ilhas do Pacífico Sul (AVINASH et al., 2012), América Central e do Sul, Caribe, África, Israel e em áreas subtropicais dos Estados Unidos (LENNOX; RAGOONATH, 1990).

A caramboleira pertence à divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, subclasse *Rosidae*, ordem *Geraniales*, família *Oxalidaceae* (USDA, 2006). Seu formato é de estrela de cinco pontas, quando cortada transversalmente, apresenta frutos e bagas carnosas, têm forma ovóide ou elipsoidal (DONADIO et al., 2001), ou seja, varia de oblongo a elipsóide, com 6 a 15 cm de comprimento e com 4 a 5 recortes longitudinais, que correspondem aos carpelos (CAMPBELL; KOCH, 1989), já a sua casca é translúcida, lisa e brilhante, e a cor varia do esbranquiçado ao amarelo-ouro intenso (WILSON, 1990).

A planta em sua integridade é aproveitada, pois as folhas são empregadas popularmente como antidiabético e juntamente com a raiz possuem características terapêuticas, além disso, seus frutos apresentam grande quantidade de ácido oxálico, que pode ser usado como estimulante do apetite, antidesintérico, antiescorbútico e febrífugo (CORRÊA, 1926). Além disso, o sumo das sementes é utilizado para remover manchas, as flores, consumidas em saladas, e o suco, além de saudável, por possuir os ativos citados anteriormente pode auxiliar no tratamento alternativo e natural de doenças (DONADIO et al., 2001).

A carambola pode ser consumida como fruta fresca ou na forma de saladas, sucos, compotas, doces caseiros e geleias. Pode ser utilizada, ainda para a

produção de vinhos (AVINASH et al., 2012). É uma fruta rica em cálcio, ferro e fósforo (COOPER et al., 2007). E na medicina alternativa, pode ser utilizada no combate da febre, escorbuto e estimulador de apetite, além de ter efeito antioxidante como reafirma Donadio et al. (2001).

O período de vida útil da planta é de 25 anos, quando sua altura máxima é alcançada, e ainda de acordo com Galán Saúco et al. (1993) esta espécie tem crescimento lento e é relativamente pequena, raramente excedendo 8 a 9 metros de altura, porém registros também já ocorreram com alguns exemplares mais vigorosos que atingiram 12 a 15 metros.

A cultura tem um maior rendimento em regiões de pluviosidade anual de 1.500 a 3.000 mm, com uma faixa de temperatura do ar entre 21 a 32 °C (NAKASONE; PAULL, 1998; PÉREZ-BARRAZA; VÁZQUEZ-VALDIVIA; OSUNA-GARCÍA, 2005). Em relação aos solos, a caramboleira é pouco exigente desde que bem drenados. No entanto, essa frutífera desenvolve-se melhor em solos profundos, férteis e ricos em matéria orgânica (DONADIO et al., 2001). São indicados solos com pH entre 5,5 e 6,5, embora a planta tolere acidez abaixo de 5,5 (GALÁN SAÚCO et al., 1993).

1.2.3 Produção de mudas e exigências nutricionais da caramboleira

A produção de mudas é de extrema importância, pois influencia na implantação do pomar das caramboleiras, definindo assim, a produtividade e a qualidade dos frutos.

Assim como as mudas interferem na qualidade da caramboleira, o adequado estado nutricional é um dos fatores primordiais que determinam o sucesso na implantação do pomar, a precocidade de produção e o retorno econômico do capital investido pelo empresário agrícola (FREITAS et al., 2011).

As mudas de carambolas podem ser obtidas por meio de sementes ou enxertia (borbulhia ou garfagem). Devido à variabilidade genética torna-se inviável o método de sementes, pois através deste obtém-se uma pequena viabilidade das sementes e o tempo para iniciar a produção se torna oneroso, sendo recomendado para ser usado apenas na formação do porta-enxerto (NAKASONE; PAUL, 1998),

embora muitos viveiristas e produtores ainda utilizem as sementes para a produção de mudas (BASTOS, 2002).

No entanto, há escassez de trabalhos relacionados à produção de mudas dessa frutífera, principalmente com relação à formação de porta-enxerto (BASTOS et al., 2007).

As vantagens da utilização do porta-enxerto estão relacionadas a capacidade de desenvolver em condições adversas do solo cuja variedade da copa não conseguiria. As adversidades podem ser de ordem física, química e biológica (DONADIO et al., 2001).

Uma das etapas fundamentais no processo de formação de porta-enxertos para a produção de mudas é a escolha do substrato.

O substrato é definido como meio físico natural ou sintético, onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas na ausência de solo (KÄMPT, 2000), deve ser isento de patógenos, possuir boa capacidade de retenção de água, boa drenagem, elevada capacidade de troca de cátions e baixo custo (KÄMPT, 2000; SALVADOR, 2000; WEDLING et al., 2002). A composição química do substrato é determinante para o desenvolvimento adequado dos porta-enxertos (SCHÄFER et al., 2006) apresentando variação no comportamento em função da espécie vegetal utilizada.

O fornecimento adequado de nutrientes ao porta-enxerto, se faz necessário por contribuir com maior uniformidade e rapidez no crescimento das mudas, reduzindo, assim, o tempo de permanência destas no viveiro, obtendo mudas de qualidade e, posteriormente sucesso na implantação do pomar. Diante disso, alguns trabalhos foram realizados com o intuito de preencher essa lacuna.

Freitas et al. (2011), em estudo com mudas enxertadas de caramboleira “Nota 10”, em solução nutritiva, verificaram que o acúmulo de nutrientes obedeceu à seguinte sequência: $(N > K > Ca > P > S > Mg > Fe > Mn > Zn > B > Cu)$, sendo maior nas folhas para todos os nutrientes, à exceção do fósforo (P), zinco (Zn), ferro (Fe) e cobre (Cu). O período de maior exigência de nutrientes foi entre 90 a 150 dias após o transplante. Aos 150 dias houve um acúmulo de 1,76 mg/planta de B nesta variedade.

Avaliando o fracionamento de manganês (Mn) acumulado nos tecidos de mudas de caramboleira, Hernandez et al. (2011) observaram que os maiores teores de Mn foram encontrados nas raízes e, os menores, no caule e nas folhas, sugerindo que a caramboleira tende a fixar o Mn nas raízes, possivelmente como mecanismo de defesa para limitar o transporte para a parte aérea, evitando a intoxicação da planta.

Em um estudo de caracterização biométrica e acúmulo de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira “Malásia” cultivada em solução nutritiva, Rozane et al. (2013) concluíram que a ordem decrescente dos nutrientes acumulados em cada hipobíoto produzido é de (em mg por planta): nitrogênio (N) = 634; potássio (K) = 368; cálcio (Ca) = 152; magnésio (Mg) = 106; enxofre (S) = 98; fósforo (P) = 88, (em µg por planta) de: ferro (Fe) = 2.963; manganês (Mn) = 2.165; boro (B) = 722; zinco (Zn) = 780, e cobre (Cu) = 96. O acúmulo médio de nutrientes foi maior nas folhas > caule = raízes e o período de maior exigência de nutrientes pelos porta-enxertos é compreendido entre 25 a 75 dias após o transplante.

Ao avaliar em produção de mudas de caramboleiras ‘B-10’ e ‘Golden Star’, Rozane et al. (2011a) verificaram que não houve diferenças no acúmulo de nutrientes entre as mudas de caramboleira de ambas as cultivares, sendo a ordem decrescente dos nutrientes em cada muda de ‘B-10’, no final do período experimental: N > K > Ca > Mg > S > P > Fe > Mn > B > Cu > Zn. Para a ‘Golden Star’, a ordem foi: N > K > Ca > Mg > P > S > Fe > Mn > B > Cu > Zn. Para as duas cultivares, o acúmulo médio foi maior nas folhas > caule > raízes. O período de maior exigência para ‘B-10’ foi entre 208 a 233 e, para ‘Golden Star’, entre 233 a 283 dias após a repicagem.

Deve-se ressaltar, ainda, que a caramboleira possui certa tolerância à pequenas variações nas concentrações de nutrientes (ROZANE et al., 2011b), por ser considerada uma planta rústica (DONADIO et al., 2001).

1.2.4 Importância do boro

Para que as plantas tenham um bom desenvolvimento e boa produtividade é importante o conhecimento do manejo da adubação, para que sejam fornecidos os

nutrientes necessários para suprir as exigências das culturas e com isso manter o equilíbrio nutricional. Os micronutrientes (boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco) são requeridos em pequenas quantidades, sendo, porém, fundamentais para desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA et al., 1997)

O boro (B), em deficiência, é um dos micronutrientes que mais problemas têm causado em culturas brasileiras (GUPTA, 1979; BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998). Isso ocorre devido aos fatores que interferem na disponibilidade do B presente no solo para as plantas. Goldberg (1997) considera a relação entre esses fatos e a proporção da disponibilidade deste nutriente, como: a) a textura do solo: quanto mais argiloso o solo, maior é a disponibilidade do nutriente para as plantas; b) a umidade do solo: a disponibilidade de B geralmente diminui com a redução da umidade do solo; c) a temperatura: quando aumenta causa maior adsorção de B, entretanto, o que pode também ter correlação é devido à interação entre o efeito da temperatura com a umidade do solo; d) a matéria orgânica: quanto menor a quantidade de matéria orgânica, menor é a disponibilidade de B para as plantas.

Entre os micronutrientes, certamente o boro merece ser estudado com atenção por estar diretamente relacionado ao crescimento meristemático, ao alongamento celular, à biossíntese da parede celular, ao funcionamento da membrana celular, ao transporte de auxinas (AIA), ao metabolismo de carboidrato e à síntese de ácidos nucléicos (TARIQ; MOTT, 2007).

Yamada (2000) ressalta que as funções deste micronutriente são fundamentais para crescimento das raízes, refletindo no desenvolvimento da parte aérea das plantas. Na maioria das culturas, a deficiência de B prejudica os tecidos vegetais em crescimento (MARSCHNER, 2012).

O B em solução move-se até as raízes por meio do fluxo de massa, até que ocorra um equilíbrio entre as concentrações do nutriente nas raízes e na solução (DECHEN; NACHTIGALL, 2007), sendo absorvido pelas plantas como ácido bórico (GUPTA, 1979) e, das raízes é transportado via xilema a toda parte aérea. O movimento do B se dá pela corrente transpiratória, via xilema, com pouca mobilidade no floema na maioria das espécies de plantas (CERDA et al., 1982). Entretanto, Blevins e Lukaszewski (1998) salientam que as plantas se diferenciam quanto à redistribuição de B.

As diferenças quanto às exigências em boro pelas culturas são atribuídas à variação na composição química das paredes celulares entre as diversas espécies (MARSCHNER, 2012). Cerca de 90% do B é constituinte da parede celular (BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998); entretanto, em plantas manejadas adequadamente, acredita-se que mais de 60% do total de B pode estar na forma solúvel (MENDEL; KIRKBY, 2001). É conhecido que as plantas monocotiledôneas apresentam menor exigência de B e são mais sensíveis à toxidez do micronutriente do que as plantas dicotiledôneas. Esta sensibilidade diferenciada pode ocorrer devido às diferenças na parede celular entre as monocotiledônea e dicotiledôneas (BROWN et al., 1992).

1.2.5 Uso do boro na produção de mudas de frutíferas

A qualidade da muda em culturas perenes está diretamente relacionada com o rendimento agrícola e a alta produtividade, portanto é de suma importância para implantação e formação do pomar (MINAMI et al., 1994). A qualidade irá garantir maior homogeneidade do pomar, rápida formação e início precoce de produção. Torna-se cada vez mais frequente, em viveiros comerciais, a preocupação com o estado nutricional da planta para a obtenção de mudas com qualidade.

A utilização agrônômica de boro favorece a obtenção de plantas com qualidade e estado nutricional adequado. Na recomendação da dose de aplicação de B, exige-se cautela, uma vez que o intervalo entre a sua concentração adequada para as plantas e a que pode provocar toxidez é bastante estreita (HAVLIN et al., 2005), variando entre espécies e até entre genótipos de uma mesma espécie (GONÇALVES E VALERI, 2001).

Apesar da falta de estudos e de literaturas relacionadas com o boro na cultura da carambola, alguns parâmetros de outras frutíferas foram correlacionados a fim de demonstrar resposta a tal micronutriente. Na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, Prado et al. (2006) verificaram efeito positivo e significativo das doses de boro sobre a altura, diâmetro do caule, número de folhas, matéria seca da parte aérea e das raízes dessa frutífera. O incremento no crescimento das mudas esteve

associado à dose de $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, porém doses superiores a esta provocaram redução significativa do desenvolvimento nas mudas de maracujá.

Viégas et al. (2004) concluíram que as omissões individuais de boro e outros nutrientes como nitrogênio e potássio foram as mais limitantes para a produção de matéria seca total, em plantas de camucamu, provocando redução nos teores e acúmulo nas diversas partes da planta.

A deficiência de boro tem mostrado efeitos danosos às culturas. Algumas plantas, como o dendezeiro e o coqueiro, são sensíveis à deficiência de boro (VIÉGAS; BOTELHO, 2000). Sua deficiência pode manifestar-se por redução dos tecidos meristemáticos (extremidades da raiz e ramos) que, em seguida, tornam-se desorganizados e morrem (GUPTA, 1993; MARSCHNER, 2012).

O excesso deste micronutriente pode ser prejudicial às culturas. Em trabalho realizado por Salvador et al. (2003) com a goiabeira, os autores verificaram pontos necróticos nas folhas mais velhas, iniciando-se no ápice e evoluindo em coalescência pelas margens. Observaram, ainda, algumas manchas circulares de coloração purpúrea espalhadas pelo limbo foliar, devido ao excesso de boro. Essa localização dos sintomas reflete a distribuição do B na maioria das plantas, uma vez que esse elemento tende a se acumular nas folhas em razão do fluxo transpiratório (NABLE et al., 1997; ROESSNER et al., 2006).

1.2.6 Eficiência nutricional

O fornecimento adequado de nutrientes é de extrema importância para aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção. A eficiência nutricional é utilizada para caracterizar plantas em sua capacidade de absorver e utilizar nutrientes, sendo relacionada à eficiência de absorção, translocação e utilização de nutrientes (AMARAL et al., 2011). Deve-se ser considerado que cada porta-enxerto tem uma carga genética diferenciada, pois as sementes são provenientes de polinização aberta, devido à autoincompatibilidade de polinização, afetando assim a atividade de enzimas que estão relacionadas com a capacidade da planta de absorver e utilizar nutrientes.

A eficiência nutricional, em geral, pode expressar a relação entre a produção obtida e os insumos aplicados, ou seja, a quantidade de matéria seca ou de grãos produzidos por unidade de nutriente aplicado (FAGERIA, 1998).

A eficiência de absorção é a quantidade de nutriente absorvido por unidade de matéria seca das raízes e, pode ser avaliada em estudos de cinética de absorção de nutrientes (BALIGAR; FAGERIA, 1998).

Já a eficiência de uso de nutrientes, pode ser obtida através da relação entre a biomassa total da planta e a concentração do nutriente (SIDDIQI; GLASS, 1981), sendo esta influenciada pelo transporte para a parte aérea e pela exigência metabólica (MARTINEZ et al., 1993).

A eficiência de utilização diminui com as doses crescentes de um nutriente, uma vez que, não há incremento na produção de biomassa pelas plantas na mesma proporção em que ocorre a absorção e o acúmulo do nutriente nos tecidos, ocorrendo assim um declínio na utilização interna do nutriente para a produção de biomassa (SIDDIQI; GLASS, 1981).

Alguns mecanismos e processos na planta contribuem para o uso eficiente de nutrientes, como: sistema radicular eficiente (que possibilita maior absorção de nutrientes), alta relação entre raízes e parte aérea, sistema radicular extensivo (que permite um maior volume de solo explorado), habilidade do sistema radicular na modificação da rizosfera (a fim de superar baixos níveis de nutrientes), maior eficiência de absorção ou de utilização de nutrientes e, alta taxa fotossintética (FAGERIA; BALIGAR, 1993).

Alguns trabalhos mostram que a eficiência de absorção, translocação e utilização de nutrientes é influenciada pela adubação. Em algodoeiro, Araújo e Silva (2012) verificaram que a adubação com boro aumentou a eficiência de absorção, já a eficiência de utilização foi influenciada positivamente pelo aumento da concentração de B, havendo efeito negativo nas concentrações mais elevadas deste micronutriente. No entanto, não evidenciaram repostas sobre a eficiência de transporte.

Ao avaliarem o efeito de micronutrientes, em mudas de goiabeira em soluções nutritivas, Franco e Prado (2006), observaram que as soluções não influenciaram a eficiência de absorção e de utilização de B nas mudas.

Quanto aos efeitos da adubação boratada na produção das culturas, Yamada (2000), ressalta a necessidade de pesquisas e estudos que contribuam efetivamente para se recomendar com mais precisão este tipo de adubação.

1.3 Referências

AGRIANUAL 2012: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2012. 512 p.

AMARAL, J. F. T.; MARTINEZ, H. E. P.; LAVIOLA, B. G.; FERNANDES FILHO, E. I.; CRUZ, C. D. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 4, p. 621-629, 2011.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2010. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2010. 129 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2012. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2012. 128 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2013. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2013. 136 p.

ARAÚJO, E. O.; SILVA, M. A. C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 1, p. 720-727, 2012.

AVINASH, P.; SWAPNEEL, K.; DARSHANA, P.; ANITA, P. A. Comprehensive Review of An Important Medicinal Plant – *Averrhoa carambola* L. **Pharmacognosy Communications**, Ulahasnagar, v. 2, n. 2, p. 13-17, 2012.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Plant nutrient efficiency: towards the second paradigm. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILLHERME, L. R. G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p. 183-204.

BASTOS, D. C. **Efeito da época de coleta, estágio do ramo e do tratamento com IBA no enraizamento de estacas de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.)**. 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002.

BASTOS, D. C. A cultura da carambola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 193-384, 2004.

BASTOS, D. C. **Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias**. 2006. 65 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BASTOS, D. C.; SCARPARE FILHO, J. A.; PIO, R.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P. de. Desenvolvimento inicial de mudas enxertadas e de estacas de caramboleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 338-340, 2005.

BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P.; ENTELMANN, F. A. Diferentes substratos na produção de porta-enxertos de caramboleira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 312-316, 2007.

BLEVINS, D. G.; LUKASZEWSKI, K. M. Boron plant structure and function. **Annual Review of Plant Physiology**, Stanford, v. 49, p. 481-500, 1998.

BROWN, P. H.; PICCHIONI, G.; JENKIN, M.; HU, H. Use of ICP-MS and 10B to trace the movement of boron in plants and soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 23, n. 17-20, p. 2781-2807, 1992.

CAMPBELL, C. A.; KOCH, K. E. Sugar/acid composition and development of sweet and tart carambola fruit. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 3, p. 455-457, 1989.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Quem é o consumidor brasileiro de frutas e hortaliças?** 2011. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 05 jun. 2014.

CERDA, A.; CARO, M.; SANTA CRUZ, F. Redistribuição de nutrientes em limonero verna determinados por um método indireto. **Anales de Edafologia y Agrobiologia**, Madrid, v. 41, n. 3, p. 697-704, 1982.

COOPER, A.; POIRIER, S. MURPHY, M.; OSWALD, M. J.; PROCISE, C.; SIMONNE, A.; BOBROF, L. B. **South Florida Tropical's**: carambola. 2007. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HE/HE61300.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2014.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1926. 400 p.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.

DONADIO, L. C.; SILVA, J. A. A.; ARAÚJO, P. S. R.; PRADO, R. M. **Caramboleira (*Averrhoa carambola* L.)**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2001. 81 p.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMITZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. esp., p. 109-120, 2011.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES, 1993, Lincoln. **Proceedings...** Lincoln: University of Nebraska, 1993. p. 142-159.

FRANCO, C. F.; PRADO, R. M. Uso de soluções nutritivas no desenvolvimento e no estado nutricional de mudas de goiabeira: macronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 199-205, 2006.

FREITAS, N.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; TORRES, M. H.; AROUCA, M. B. Marcha de absorção de nutrientes e crescimento de mudas de caramboleira enxertada com a cultivar nota -10. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1231-1242, 2011.

GALÁN SAÚCO, V.; MENINI, U. G.; TINDALL, H. D. **Carambola cultivation**. Roma: FAO Plant Production and Protection, 1993. 74 p.

GOENAGA, R. Yield and fruit quality traits of carambola cultivars grown at three locations in Puerto Rico. **Hort Technology**, Alexandria, v.17, n. 4, p. 604-607, 2007.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. In: DELL, B.; BROWN, P. H.; BELL, R. W. **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 35-48.

GONÇALVES, J.L.M. & VALERI, S.V. Micronutrientes para culturas: Eucalipto e pinus. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.van & ABREU, C.A., eds. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/Potafos, 2001. p.393-423.

GUPTA, U. C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**. San Diego, v. 31, p. 273-307, 1979.

GUPTA, U. C. **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 237 p.

HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 7.ed. Upper Saddle River, Pearson Education, 2005. 515p.

HERNANDES, A.; CAZETTA, J. O.; NATALE, W.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; ROMUALDO, L. M. Fracionamento de manganês acumulado nos tecidos de mudas de caramboleira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1679-1685, 2011.

KÄMPT, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254 p.

LENNOX, A.; RAGOONATH, J. Carambola and bilimbi. **Fruits**, Paris, v. 45, n. 5, p. 497-501, 1990.

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 Fósforo, 1997. 319 p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA/SPA, 2007. 102 p. (Série Agronegócios, 7).

MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2012 651p.

MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F.; SACRAMENTO, L. V. S. do; RODRIGUES, L. A. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo. II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 239-244, 1993.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 859 p.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J.; PENTEADO, S. R.; ESCARPARI FILHO, J. A. **Produção de mudas hortícolas de alta qualidade**. Piracicaba: ESALQ/SEBRAE, 1994. 155 p.

NABLE, R.O.; BAÑUELOS, G.S. & PAULL, J.G. **Boron toxicity**. Plant Soil, 193:181-198, 1997.

NAKASONE, H.Y.; PAULL, R. E. **Tropical fruits**. Oxon: CAB International, 1998. 445 p.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A.; HERNANDES, A. Resposta da caramboleira à calagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1136-1145, 2008.

OLIVEIRA, M. T. R.; BERBERT, P. A.; VIEIRA, H. D.; THIÉBAUT, J. T. L.; CARLESSO, V. O.; PEREIRA, R. C. Avaliação do vigor de sementes de carambola em função da secagem e do armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 477-482, 2009.

PÉREZ-BARRAZA, M. H.; VÁZQUEZ-VALDIVIA, V.; OSUNA-GARCÍA, J. A. El cultivo del carambolo (*Averrhoa carambola* L.): una alternativa para el tropico seco. **Revista Chapingo**: serie horticultura, Chapingo, v. 11, n. 1, p. 83-87, 2005.

POPENOE, W. **Manual of tropical and subtropical fruits**. New York: The Macmillan, 1924. p. 429-431.

PRADO, R. 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, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452006000200034>>.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Soil-liming effects on the development and nutritional status of the carambola tree and its fruit-yielding capacity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 38, n. 3-4, p. 493-511, 2007.

ROESSNER, U.; PATTERSON, J.H.; FORBES, M.G.; FINCHER, G.B.; LANGRIDGE, P. & BACIC, A. An investigation of boron toxicity in barley using metabolomics. **Plant Physiol.**, 142:1087-1101, 2006.

ROZANE, D. E. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em caramboleiras nas fases de hipobíoto, muda e plantas em formação**. 2008. 161 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; NATALE, W.; FRANCO, C.F. Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em hipobíotos de caramboleiras, cultivados em diferentes soluções nutritivas. 350 **Revista Ceres**, v.58, p.366-372, 2011b.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A. de.; SILVA, S. H. M. G. da. Produção de mudas de caramboleiras “B-10” e “Golden Star”: I - Parâmetros biológicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1300-1307, 2011a.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROMUALDO, L. M.; FRANCO, C. F. Caracterização biométrica e acúmulo de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira cultivada em solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 426-436, 2013.

SALVADOR, E. D. **Caracterização física e formulação de substratos para o cultivo de algumas ornamentais**. 2000. 148 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do boro e do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de goiabeira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 325-331, 2003.

SCHÄFER, G.; SOUZA, P. V. D. de; KOLLER, O. C.; SCHWARZ, S. F. Desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos cultivados em diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 1723-1729, 2006.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

TARIQ, M.; MOTT, C. J. B. Effect of Boron on the behavior of nutrients in soil-plant systems – A Review. **Asian Journal of Plant Sciences**, Secunderabad, v. 6, n. 1, p. 195-202, 2007.

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; DONADIO, L. C.; SILVA, J. A. A. Caracterização pós-colheita de seis cultivares de carambola (*Averrhoa carambola* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 546-550, 2001.

USDA. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service – Plants. **Classification for Kingdom Plantae Down to Species *Averrhoa carambola* L.** 2006. Disponível em: <<http://plants.usda.gov/index.html>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

VIÉGAS, I. J. M.; BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. (Org.). VIÉGAS, I. J. M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2000. p. 229-273.

VIÉGAS, I. J. M.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, F. J. da; CONCEIÇÃO, H. E. O. da; NAIFF, A. P. M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro não crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 315-319, 2004.

WEDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

WILSON, C. W. III. Carambola and Bilinbi. In: NAGY, S.; SHAW, P. E.; WARDOWSKY, F. S. **Fruits of tropical and subtropical origem**: composition, properties and uses. Florida: Florida Science Source, 1990. p. 277-301.

YAMADA, T. **Boro**: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? Piracicaba: POTAFOS, 2000. 20 p.

CAPÍTULO 2 – Produção de porta-enxertos de caramboleira adubados com diferentes doses de boro

Resumo – Dentre as frutas tropicais, a da caramboleira se destaca devido ao seu sabor, aroma e propriedades nutricionais. Apesar disso, são escassas as informações sobre a adubação de porta-enxertos dessa frutífera. O presente trabalho propôs avaliar o efeito de diferentes doses de boro sobre o crescimento de porta-enxerto de caramboleira. O experimento foi desenvolvido no município de Taquaritinga-SP, em um viveiro comercial de produção de mudas. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com cinco doses de boro: 0; 1; 2; 3 e 4 mg dm⁻³ de B, e quatro repetições. O porta-enxerto utilizado estava com um ano e dois meses de idade no momento da instalação do experimento, acondicionado em sacos de polietileno tendo como substrato mistura de casca de pinus compostada e vermiculita expandida. Aos 170 dias, após a aplicação dos tratamentos, avaliou-se: a altura das plantas; o diâmetro do caule; o número de folhas; a massa seca da parte aérea, das raízes e total, leitura SPAD e o índice de qualidade de Dickson (IQD). O porta-enxerto de caramboleira não respondeu às doses de boro aplicadas ao substrato, não influenciando os parâmetros biométricos; massa seca da parte aérea, das raízes e total; valor SPAD e índice IQD.

Termos de indexação: *Averrhoa carambola* L., micronutriente, produção de mudas.

PRODUCTION ROOTSTOCKS STAR FRUIT FERTILIZED WITH DIFFERENT DOSES OF BORO

Summary – Of tropical fruit, star fruit from the stands because of its taste, aroma and nutritional properties. Nevertheless, there is little information on the fertilization of rootstock of this plant. This paper proposes to evaluate the effect of different doses of boron on the growth of rootstock star fruit. The experiment was carried out in

Taquaritinga-SP, a commercial nursery production of seedlings. The design was a randomized complete block design with five doses of boron: 0; 1; 2; 3; 4 mg dm⁻³ to B, and four replications. The rootstock used was a year and two months old at the time of the experiment, packed in polyethylene bags as substrate mix of composted pine bark and expanded vermiculite. To 170 days after application of treatments were evaluated: plant height; stem diameter; the number of leaves; the dry weight of shoots, roots and all, SPAD reading and IQD index. The rootstock caramboleira did not respond to doses of boron applied to the substrate and therefore did not influence the biometric parameters; dry mass of shoots, roots and total; SPAD value and IQD index.

Index terms: *Averrhoa carambola* L., micronutrient, seedling production.

2.1 Introdução

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) é uma planta originária da Ásia, típica das regiões tropicais (BASTOS, 2004). Devido ao seu sabor, aroma e propriedades nutricionais, bem como fonte de vitaminas A, C, K e diversos aminoácidos, a carambola é destaque entre as frutas tropicais, além de possuir uma beleza exótica e única na natureza (FREITAS et al., 2011).

Os principais países produtores de carambola são Taiwan, Malásia e Brasil, com produção estimada variando de 3.000 a 40.000 toneladas de frutos nesses países (GOENAGA, 2007). Em 2011, o volume de carambolas comercializadas pela CEAGESP-SP foi de 3.700 toneladas de frutos (AGRIANUAL, 2012).

A utilização de sementes no processo de multiplicação deve ser utilizada apenas para a formação dos porta-enxertos (BASTOS et al., 2007). Portanto, a caramboleira é propagada comercialmente através da enxertia, por meio de borbulhia ou garfagem.

Embora o uso de porta enxertos seja prática comum para diversas espécies, para as quais é possível encontrar uma série de estudos a respeito, verifica-se escassez de pesquisas relacionadas à produção de porta enxertos para produção de mudas de caramboleira (BASTOS et al., 2007).

Uma das etapas fundamentais no processo de formação de porta-enxertos para a produção de mudas é a escolha do substrato. O substrato é definido como meio físico natural ou sintético, onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas na ausência de solo; esse material deve ser isento de patógenos, possuir boa capacidade de retenção de água, boa drenagem, elevada capacidade de troca de cátions e baixo custo (KÄMPT, 2000). No cenário do Brasil, os produtores e os viveristas já comprovaram na prática os benefícios do uso de substrato na formação de mudas em recipientes, podendo-se destacar: melhores condições fitossanitárias, menores índices de perdas após o transplante para o campo e aumento da produtividade (ABREU et al., 2002).

A produção de porta-enxerto com estado nutricional adequado é de extrema importância, pois influencia nas condições de desenvolvimento da copa, definindo assim, a qualidade da muda, o sucesso na implantação do pomar, a precocidade de produção e o retorno econômico do capital investido (FREITAS et al., 2011).

Vários autores estudaram a influência da adubação com macronutrientes na produção de mudas em substrato. Entretanto, pesquisas envolvendo micronutrientes não têm recebido a mesma atenção (MATTOS JÚNIOR et al., 2008).

Entre os micronutrientes, certamente o boro (B) merece ser estudado por estar diretamente relacionado ao crescimento meristemático, ao alongamento celular, à biossíntese da parede celular, ao funcionamento da membrana celular, ao transporte de auxinas (AIA), ao metabolismo de carboidrato e à síntese de ácidos nucléicos (TARIQ; MOTT, 2007). Também, deve-se ressaltar que as funções deste micronutriente são fundamentais para crescimento das raízes, refletindo no desenvolvimento da parte aérea das plantas (YAMADA, 2000). Na maioria das culturas, a deficiência de B prejudica o crescimento dos tecidos vegetais (MARSCHNER, 2012).

As diferenças quanto às exigências em boro pelas culturas são atribuídas à variação na composição química das paredes celulares entre as diversas espécies (MARSCHNER, 2012). Cerca de 90 % do B é constituinte da parede celular, entretanto, em plantas manejadas adequadamente, acredita-se que mais de 60 % do total de B pode estar na forma solúvel (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Entretanto, os sintomas de deficiência e de toxicidade desse micronutriente estão relacionados à sua mobilidade, considerada baixa ou muito limitada no floema. Pesquisas recentes, entretanto, demonstram que a mobilidade do B é bastante variável entre as espécies (SOUZA et al., 2012).

O desenvolvimento de estudos com adubação boratada objetiva fornecer quantidades adequadas deste nutriente ao porta-enxerto, o que contribui para maior uniformidade e rapidez no crescimento das mudas, e reduz o tempo de permanência destas no viveiro. Muitos trabalhos têm demonstrado os efeitos da aplicação do B em diversas culturas; entretanto, há poucos registros que demonstrem seus efeitos na produção porta-enxerto de caramboleira. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos do boro no crescimento de porta-enxerto de caramboleira cultivado em substrato.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de setembro de 2012 e fevereiro de 2013, em um viveiro comercial de produção de mudas, situado no “Sítio São João”, localizado às margens da Rodovia Washington Luiz, km 333,8, cujas coordenadas geográficas são 21° 44' de latitude Sul e 48° 29' de longitude Oeste, com altitude de 512 m, no município de Taquaritinga-SP. O clima da região é classificado, segundo Köppen (1948), como Cwa, subtropical com chuvas de verão e inverno relativamente seco.

Porta-enxertos de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), provenientes de uma cultivar desenvolvida no viveiro, foram propagados via sementes e utilizados. No momento da instalação do experimento, as plantas possuíam um ano e dois meses de idade. O porta-enxerto de caramboleira recebeu, antes da instalação do experimento, três adubações com a fórmula 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), sendo 1 g por planta em cada aplicação, sendo que a primeira adubação foi realizada trinta dias após a emergência e as outras duas, espaçadas a cada 60 dias.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, composto por cinco doses boro (0; 1; 2; 3 e 4 mg dm⁻³ de B) e quatro repetições, com cada parcela contendo três plantas, totalizando 60 caramboleiras, porém somente um porta-

enxerto por recipiente. Para definição das doses utilizou-se como referência a dose de 0,5 mg dm⁻³ de B sugerida por Malavolta (1980), para experimentos em vasos. As doses de 0; 1; 2; 3 e 4 mg dm⁻³ de B usadas correspondiam a 0; 11,76; 23,53; 35,29 e 47,06 mg de ácido bórico (H₃BO₃ com 17 % de B) por unidade experimental, e estas foram aplicadas na forma sólida na superfície do substrato em cada saco.

Os porta-enxertos foram cultivados em sacos de polietileno (18 x 30 cm), com volume de 2 dm³, tendo como substrato casca de pinus compostada e vermiculita expandida (Multiplant Citrus®) e estes foram colocados sobre bancadas sem espaçamento entre os sacos.

A análise dos teores de nutrientes disponíveis no substrato utilizado para enchimento dos recipientes foi realizada no Instituto Agrônomo de Campinas e encontra-se no Quadro 1. O valor pH (5,9) do substrato encontrava-se na faixa onde há maior disponibilidade de nutrientes, quando comparado à faixa de interpretação de resultados de análises proposta pelo Comitê Europeu de Padronização, que indica pH 5,5-6,5 (BAUNGARTEN, 2002). O valor para teor total de sais solúveis, medido por meio da condutividade elétrica (CE), foi de 1,6 dS m⁻¹; através da classificação proposta por Ballester-Olmos (1993), estando próxima ao valor ideal de 2,0- 3,5 dS m⁻¹ apropriado para a maioria das plantas.

Quadro 1. Análise do substrato empregado no experimento para as concentrações disponíveis dos nutrientes.

pH	CE	N-Nitrato	P	Cloreto	S	N-amônio	K	Na	Ca
	dS m ⁻¹	mg L ⁻¹							
5,9	1,6	106,7	11	20,2	84,3	2,5	108,9	24,8	148,3
Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Umidade	N	Carbono Orgânico	Relação C/N
mg L ⁻¹						%	g kg ⁻¹		
50,6	0,3	<0,01	0,03	0,02	0,02	58,5	8,3	366,5	44:1

pH em água 1:1,5. Método de extração: 1:1,5 (Holanda). Métodos de determinação: N-(amoniaco e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES; B: água quente. Umidade 65 °C. Resultados para os teores totais de carbono e nitrogênio foram obtidos pelo novo equipamento de análise elementar de CNS (marca ELEMENTAR CNS). Fonte: Instituto Agrônomo de Campinas (Rajj et al., 1996).

O porta-enxerto foi irrigado com água de poço semi-artesiano, por sistema de microaspersão, acionado diariamente, de maneira a evitar o encharcamento do

substrato, evitando assim a lixiviação do nutriente. O viveiro foi coberto com uma tela de polipropileno com 30 % de sombreamento, a fim de proporcionar proteção às plantas quanto à alta incidência de luz solar, bem como diminuir a evapotranspiração.

Antes da aplicação dos tratamentos, duas caramboleiras do mesmo lote foram coletadas de forma aleatória, a fim de avaliar os parâmetros biométricos iniciais. As plantas foram divididas em parte aérea e raízes, secas em estufa, determinando-se a massa seca. As caramboleiras selecionadas apresentaram as seguintes características: altura média ($59,3 \pm 0,2$ cm); diâmetro médio do caule ($4,8 \pm 0,2$ mm); número médio de folhas (11 ± 1); massa seca da parte aérea ($4,9 \pm 0,5$ g) e massa seca das raízes ($7,8 \pm 1,1$ g). A altura das plantas foi medida do colo do porta-enxerto até a gema apical, com uma régua métrica. O diâmetro do caule foi determinado com paquímetro digital a 15 cm do colo do porta-enxerto (ponto da enxertia) e o número de folhas foi obtido pela contagem de todas as folhas da planta.

A eliminação das plantas daninhas, o controle de doenças e pragas e todas as práticas culturais necessárias foram realizadas de acordo com os critérios compatíveis com a produção de mudas do viveiro em questão, seguindo as práticas habituais do local.

Durante a condução do experimento foram realizadas duas adubações com a fórmula 10-10-10 (N-P₂O₅-K₂O), sendo a primeira após a aplicação do boro e, a segunda, 60 dias após a primeira, sendo 1g por planta em cada aplicação.

Aos 170 dias após a aplicação dos tratamentos, 590 dias após a semeadura, época recomendada para enxertia da caramboleira, tanto por borbulhia como por garfagem, foram avaliadas as variáveis biológicas indicativas do crescimento das plantas: altura, diâmetro do caule e número de folhas. Após a coleta dos dados biométricos foi realizada a leitura correspondente ao teor de clorofila na folha, expressa em valores SPAD (Soil Plant Analysis Development), com clorofilômetro Minolta SPAD-502, na região medial do limbo foliar, na terceira folha (do ápice para a base do ramo). Na caramboleira adulta é recomendado que a determinação do teor de clorofila com SPAD seja realizado na sexta folha, recém-madura, época de pleno florescimento da cultura (PRADO; NATALE, 2004). Entretanto, na literatura

não há indicação da folha adequada para a determinação do teor de clorofila com SPAD em plantas jovens ou mudas de caramboleira.

Posteriormente, as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e raízes, lavadas inicialmente com água corrente. Em seguida, lavadas com detergente neutro na concentração de 0,1 %, depois com solução de HCl na concentração de 0,3 % (v/v) e, por último, com água destilada, e deionizada, e em seguida seco em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 - 70 °C até atingir massa constante e, posteriormente a secagem, pesado em balança analítica para a obtenção da massa seca de da parte aérea e de raízes, e com a soma destes, a massa seca total.

Com os dados obtidos foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD), uma medida morfológica integrada usada para avaliar a qualidade das mudas, através da fórmula (DICKSON et al., 1960, citado por DIAS et al., 2012): $IQD = MST / [(H/D) + (MSPA/MSR)]$ na qual: MST = massa seca total (g); H = altura da parte aérea (cm); D = diâmetro do coleto (mm); MSR = massa seca das raízes (g); MSPA = massa seca da parte aérea (g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, que foi realizada no *Software AgroEstat* (BARBOSA; MALDONADO Jr, 2014).

2.3 Resultados e Discussão

As doses de boro aplicadas ao substrato não influenciaram os dados biométricos (altura, número de folhas e diâmetro do caule); massa seca da parte aérea, das raízes e total; valor SPAD e índice IQD (Quadro 2). Não foram observados sintomas visíveis de anormalidades causados pela deficiência de B que, segundo Marschner (2012), se caracteriza por inibição do crescimento das raízes. E tão pouco foram observados sintomas de excesso de B que, segundo Malavolta et al. (1997) caracteriza-se por clorose generalizada das plantas e manchas necróticas. Algumas espécies sensíveis apresentam sintomas de toxicidade com quantidades de B de apenas 1 mg L⁻¹, enquanto outras, mais tolerantes, suportam em solução nutritiva concentrações de até 10 mg L⁻¹ de B (FURLANI; CASTRO, 2001).

Quadro 2. Valores médios de altura (ALT), diâmetro do caule (DIA), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e leitura SPAD (SPAD) de porta-enxerto de caramboleira adubado com boro.

Doses de B -- mg dm ⁻³ --	ALT --- cm ---	DIA --- mm ---	NF	MSPA ----- g por planta-----	MSR	MST	IQD	SPAD
0	102,37 ± 4,77	7,77 ± 0,15	35,32 ± 2,70	22,67 ± 1,05	21,28 ± 0,87	43,96 ± 1,23	0,31 ± 0,15	43,12 ± 1,55
1	108,90 ± 4,15	7,91 ± 0,20	33,17 ± 2,54	21,91 ± 1,43	20,23 ± 0,86	42,14 ± 2,25	0,29 ± 0,11	44,44 ± 0,86
2	102,90 ± 4,81	7,53 ± 0,13	35,40 ± 1,90	21,99 ± 0,46	20,39 ± 0,72	42,38 ± 0,89	0,29 ± 0,25	43,69 ± 2,08
3	108,35 ± 5,08	8,17 ± 0,09	37,50 ± 1,36	23,55 ± 0,87	23,28 ± 0,76	46,83 ± 1,34	0,33 ± 0,20	44,28 ± 1,17
4	101,50 ± 2,93	7,62 ± 0,28	34,00 ± 2,76	22,74 ± 1,29	21,20 ± 1,28	43,95 ± 2,57	0,31 ± 0,31	41,10 ± 1,97
Teste F	0,51 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,57 ^{ns}
DMS(5%)	22,27	0,93	11,68	5,44	4,65	8,97	1,11	8,05
CV	9,4%	5,3%	14,8%	10,7%	9,7%	9,1%	16,1%	8,2%

ns – significativo.

Entretanto, deve-se levar em consideração que as condições de cultivo (substrato/solução nutritiva) foram diferentes. Em geral, aumento na velocidade de crescimento e desenvolvimento das plantas são estudados em cultivos sem solo, pois permitem melhor controle das proporções dos nutrientes, como é o caso das soluções nutritivas (ROZANE et al., 2011). No Brasil, como o substrato é um insumo de uso relativamente recente (ABREU et al., 2002), optou-se por fazer tal comparação.

A altura média das plantas foi 104,8 cm (Quadro 2) e não obteve respostas às doses de B adicionadas ao substrato. Esse resultado coincide com o obtido por Zanão Júnior et al. (2014) que não observaram, também, diferenças significativas na altura de rosas crescidas em substratos com diferentes doses de B. Devido à ausência de literatura sobre a caramboleira, optou-se pela comparação com espécies diferentes, porém deve-se ressaltar que ambas são dicotiledôneas (roseira/caramboleira) e exigem maiores quantidades de B que as espécies monocotiledôneas (BROWN et al., 1992).

As quantidades de B aplicadas ao substrato não influenciaram o diâmetro do porta-enxerto. Porém, os valores encontrados após 170 dias foram superiores aos 6 mm considerados adequados para a realização da enxertia nessa frutífera (ROZANE et al., 2013). Oliveira et al. (2010), ao utilizarem doses de ácido bórico em mudas de maracujazeiro cultivadas em substrato, verificaram que o diâmetro caulinar não foi influenciado pelas doses do nutriente. Uma possível explicação para a não influência deste micronutriente no parâmetro avaliado seria o sombreamento causado pelo crescimento das caramboleiras, além do espaçamento reduzido entre as plantas (ROZANE et al., 2013). Todavia, tanto neste último artigo citado, como no estudo em questão, foi empregado o espaçamento indicado em cultivo comercial de caramboleiras, sugerindo que o desenvolvimento das plantas não foi limitado pelo fornecimento de B.

Quanto ao número de folhas, não houve efeito da adubação boratada sobre esta variável (Quadro 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2010), em mudas de maracujazeiro. Porém, Souza et al. (2012) verificaram acréscimos de 6,3 % no número de folhas com a adubação de B via solo, em experimento com mudas de pessegueiro.

A massa seca da parte aérea do porta-enxerto não foi afetada pelas doses de boro aplicadas ao substrato (Quadro 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues et al. (2009), ao avaliarem mudas de mamoneira.

Em relação à massa seca do sistema radicular (MSR), sabe-se que o B está diretamente relacionado ao desenvolvimento das raízes por promover maior crescimento dos meristemas (YAMADA, 2000). Porém, no presente estudo as doses de boro adicionadas não incrementaram a MSR. Efeito positivo de doses de boro sobre a massa seca do sistema radicular foi verificado por Oliveira et al. (2010), em mudas de maracujazeiro, ao observarem que doses superiores a $4,16 \text{ mg dm}^{-3}$ de B no substrato promoveram aumento nessa variável; observaram, ainda, que mudas adubadas com a dose mais elevada (9 mg dm^{-3} de B) apresentam maior incremento na MSR. No entanto, Fageria (2000) relatou que a dose adequada de B para o desenvolvimento do sistema radicular varia com a cultura, tendo encontrado adequação na faixa de $0,4$ a $2,9 \text{ mg kg}^{-1}$ para trigo, arroz e milho cultivados em vasos, com a primeira cultura requerendo mais B para o desenvolvimento das raízes que as outras duas. No entanto, deve-se considerar que as espécies de plantas são diferentes. Freitas et al. (2006) induziu deficiência de B em plantas de *Passiflora edulis* (maracujá-doce), mas não encontrou redução significativa na massa seca das raízes.

A leitura SPAD se manteve uniforme em resposta ao aumento das doses de B (Quadro 2). Segundo Dechen e Nachtigall (2007), o boro desempenha papel importante no metabolismo de N, influenciando indiretamente nos teores de clorofila. Esse micronutriente atua na redução dos conteúdos de aminoácidos e proteínas, os quais poderiam ser maiores ou menores em plantas deficientes, dependendo da severidade da carência, da idade e do órgão da planta (MARSCHNER, 2012). Neste estudo, porém, não foi possível verificar correlação entre a leitura SPAD e as doses de B, apesar de Leal et al. (2007) terem verificado que o incremento das doses de N promoveu efeito significativo sobre as leituras SPAD, com valor médio de 56 unidades, em plantas adultas de caramboleira, ou seja, há interação positiva entre boro e nitrogênio.

A adubação com boro no porta-enxerto de caramboleira não influenciou o índice de qualidade de Dickson (IQD). Este é um índice tradicionalmente utilizado na

produção de mudas de espécies florestais. Porém, as mesmas características que compõe esse índice são importantes para a produção de mudas de frutíferas. Segundo Gomes (2001), quanto maior o IQD melhor será a qualidade da muda produzida.

Uma possível explicação para a ausência de resposta da caramboleira aos tratamentos, é que tenha havido aporte de B oriundo do substrato, em quantidade suficiente para o desenvolvimento adequado das plantas até o estágio de avaliação. Embora, não exista ainda uma interpretação da análise de B em substratos, a toxicidade de boro (B) em mudas de porta-enxertos foi associada a teores de $B > 5 \text{ mg kg}^{-1}$ no substrato (MATTOS JÚNIOR et al., 1995).

Outra possível explicação para a não resposta do porta-enxerto à adubação boratada, seria que a planta, que já estava com 1,2 anos quando iniciado o estudo, teria em seus tecidos quantidades acumuladas de B suficientes para o crescimento inicial. Dannel et al. (2000) encontraram resultados mostrando que o B ligado à parede celular de plantas de girassol não é totalmente imóvel, uma vez que aproximadamente 28 % desse nutriente, inicialmente presente na parede celular, foram trocados ou liberados após três horas de omissão de B na solução nutritiva.

2.4 Conclusões

O porta-enxerto de caramboleira não respondeu às doses de boro aplicadas ao substrato, não influenciando nos parâmetros biométricos como altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas; massa seca da parte aérea, das raízes e total; valor SPAD e índice IQD.

2.5 Referências

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 17-28.

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, FNP Consultoria & Comércio, 2012. 512 p.

BALLESTER-OLMOS, J. F. (Ed.). **Substratos para el cultivo de plantas ornamentales**. Valencia: Saijen, 1993. 44 p.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.1.0.711. rev 77. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2014.

BASTOS, D. C. A cultura da carambola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 1-2, 2004.

BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P.; ENTELMANN, F. A. Diferentes substratos na produção de porta-enxertos de caramboleira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 312-316, 2007.

BAUNGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 17-28.

BROWN, P. H.; PICCHIONI, G.; JENKIN, M.; HU, H. Use of ICP-MS and 10B to trace the movement of boron in plants and soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 23, n. 17-20, p. 2781-2807, 1992.

DANNEL, F.; PFEFFER, H.; RÖMHELD, V. Characterization of root boron pools, boron uptake and boron translocation in sunflower using the stable isotopes 10B and 11B. **Australian Journal Plant Physiology**, Collingwood, v. 27, n. 5, p. 397-405, 2000.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.

DIAS, M. J. T.; SOUZA, H. A. de; NATALE, W.; MODESTO, V. C.; ROZANE, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Semina**: ciências agrárias, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2837-2848, 2012.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forest Chronicle**, Sainte Anne de Bellevue, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5558/tfc36010-1>>.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 57-62, 2000.

FREITAS, M. S. M.; MONNERAT, P. H.; PINHO, L. G. R.; CARVALHO, A. J. C. Deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce: qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 492-496, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452006000300033> >.

FREITAS, N.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; TORRES, H.; AROUCA, M. B. Marcha de absorção de nutrientes e crescimento de mudas de caramboleira enxertada com a cultivar nota-10. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1231-1242, 2011.

FURLANI, A. M. C.; CASTRO, C. E. F. Plantas ornamentais e flores. In: FERREIRA, M. E.; ABREU, C. A.; RAIJ, B. van (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 533-552.

GOENAGA, R. Yield and fruit quality traits of carambola cultivars grown at three locations in Puerto Rico. **HortTechnology**, Alexandria, v. 17, p. 604-607, 2007.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 166 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

KÄMPT, A. N. (Ed.). **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba, Agropecuária, 2000. 254 p.

KÖEPPEN, W. **Climatologia**: con um estúdio de los climas de la Tierra. México, Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LEAL, R. M.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; ZACCARO, R. P. Adubação nitrogenada na implantação e formação de pomares de caramboleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1111-1119, 2007.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

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

MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2012 651p

MATTOS JÚNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CARVALHO, S. A.; ABREU, M. F. Substratos para a produção de mudas cítricas em recipientes: caracterização da toxicidade de boro. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 16, p. 255-262, 1995.

MATTOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; CORRÊA, E. R. L.; ABREU, M. F.; CARVALHO, S. A. Disponibilidade de boro em substrato para produção de porta-enxertos de citros em fase de sementeira. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 983-989, 2008.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 859 p.

OLIVEIRA, L. A. A.; SILVA, K. B. da; TOSTA, M. S.; GUIMARÃES, A. A.; SILVA, R. M. da. Doses de sulfato de zinco e ácido bórico na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde de Agroecologia Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 5, n. 3, p. 24-31, 2010.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Leaf sampling in carambola trees. **Fruits**, Paris, v. 59, n. 4, p. 261-269, 2004.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLAN, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1996. 39 p.

RODRIGUES, H. C. A.; CARVALHO, S. P.; SOUZA, H. A.; JESUS, A. M. S. Crescimento de cultivares de mamoneira em função da aplicação de boro, durante a formação de mudas. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 10, n. 5, p. 377-382, 2009.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; FRANCO, C. F. Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em hipobiotos de caramboleiras, cultivados em diferentes soluções nutritivas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 366-372, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000300018>>.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROMUALDO, L. M.; FRANCO, C. F. Caracterização biométrica e acúmulo de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira cultivada em solução nutritiva. **Revista de Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 426-436, 2013.

SOUZA, J. A.; CANESIN, R. C. F. S.; BUZETTI, S. Mobilidade de boro em mudas de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 930-935, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000300036>>.

TARIQ, M.; MOTT, C. J. B. Effect of Boron on the behavior of nutrients in soil-plant systems – a review. **Asian Journal of Plant Sciences**, Faisalab, v. 6, p. 195-202, 2007.

YAMADA, T. (Ed.). **Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?** Piracicaba: POTAFOS, 2000. 20 p.

ZANÃO JÚNIOR, L. A. Z.; CARVALHO-ZANÃO, M. P.; LÚCIO, R.; FONTES, F.; GROSSI, J. A. S. Produção e qualidade de rosas em razão de doses de boro aplicadas no substrato. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 524-531, 2014.

CAPÍTULO 3 – Influência do boro no teor, acúmulo e eficiências nutricionais em porta-enxertos de caramboleira

Resumo – As plantas se distinguem quanto à capacidade de absorver, transportar e utilizar os nutrientes em seu metabolismo. Há poucos trabalhos na literatura a respeito da influência do boro na eficiência nutricional de porta-enxertos de caramboleira. Diante da falta de informações, o trabalho objetivou avaliar a influência do boro sobre o teor, o acúmulo, a eficiência de absorção, de transporte e de uso de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com cinco doses de boro: zero; 1; 2; 3; e 4 mg dm⁻³ de B e quatro repetições. Aos 170 dias após a aplicação do boro, as plantas foram coletadas, separadas em parte aérea e raízes, secas, pesadas, moídas e determinados os teores, calculados os acúmulos, a eficiência de absorção, de transporte e de utilização de macro e micronutrientes. Os resultados permitiram concluir que as doses mais elevadas de boro aumentaram a eficiência de transporte e utilização de Ca. Doses elevadas de boro promovem menor teor, e eficiência de absorção para a maioria dos macro e micronutrientes.

Termos de indexação: *Averrhoa carambola* L., absorção de nutrientes, macronutrientes.

Influence of boron in the content, accumulation and nutrient efficiencies in rootstocks star fruit

Summary – The plants are distinguished as the ability to absorb, transport, and utilize the nutrients in their metabolism. There are few studies about the influence of boron on nutritional efficiency of star fruit rootstocks. Given the lack of information, the study aimed to evaluate the influence of boron on the content, the accumulation, the absorption efficiency, transport and use of nutrients in star fruit rootstocks. The

design was a randomized complete block design with five boron doses: zero; 1; 2; 3; and 4 mg dm⁻³ B and four replications. At 170 days after the application of boron, the plants were harvested, separated in shoots and roots, dried, weighed, ground and determine the content, calculated accumulations, the absorption efficiency, transport and use of macro and micronutrients. The results showed that higher doses of boron increased transport efficiency and use of boron high doses Ca. promote lower content, and absorption efficiency for most macro and micronutrients.

Index terms: *Averrhoa carambola* L., absorption of nutrients, macronutrients.

3.1 Introdução

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) é uma espécie tropical exótica para o Brasil, com grande crescimento econômico, distribuída em todas as regiões, exceto nas quais ocorrem geadas (BASTOS, 2006). Na fase de mudas, o boro é o terceiro micronutriente mais acumulado (ROZANE et al., 2013).

O boro (B) é um elemento essencial a todos os vegetais, fazendo parte do crescimento meristemático, da biossíntese da parede celular, do funcionamento da membrana celular, no transporte de auxinas (AIA), no metabolismo de carboidrato e na síntese de ácidos nucléicos (TARIQ; MOTT, 2007), ou seja, exerce papel fundamental no desenvolvimento da planta.

Salienta-se que não apenas o boro interfere na planta, pois a absorção dos nutrientes é influenciada por diversos fatores, e estes ainda variam de acordo com os estádios de desenvolvimento da cultura (MALAVOLTA et al., 1997), além de afetarem e dependerem do crescimento da planta, da eficiência das raízes e da disponibilidade de nutrientes no solo (ARAÚJO; SILVA, 2012). Rozane (2008), ao trabalhar com mudas de caramboleira cultivadas em hidroponia, verificou aumento no teor de todos os nutrientes nas raízes em função do tempo, com exceção do cálcio (Ca) e zinco (Zn) que não diferiram.

Segundo Araújo e Silva (2012), um elemento pode estimular ou inibir a absorção de outros e as interações entre nutrientes interferem na composição mineral das plantas. Essas interações podem ser determinadas, levando em

consideração o crescimento das plantas e os teores de nutrientes no tecido vegetal (FAGERIA, 2002).

A interação entre nutrientes tem sido relatada na literatura por alguns autores, como por exemplo; em mudas de goiaba, somente o teor foliar de fósforo e enxofre foram afetados significativamente pelas doses de B (SALVADOR et al., 2003). De acordo com Araújo et al. (2013), o teor de Ca e Mg na raiz e no fruto do algodoeiro são influenciados pelas concentrações de B. Já Dursun et al. (2010) observaram efeito negativo nos teores de Ca e Mg em pimenta, pepino e tomate, com o aumento de doses de B no solo.

O boro pode influenciar, ainda, a absorção, o transporte e o uso de nutrientes pelas plantas. Em algodoeiro, Araújo e Silva (2012) verificaram que a adubação com boro aumentou a eficiência de absorção, já a eficiência de utilização foi influenciada positivamente pelo aumento da concentração de B, havendo efeito negativo nas concentrações mais elevadas deste micronutriente.

Diante disso, o trabalho teve como objetivo avaliar a influência do boro sobre o teor, o acúmulo, a eficiência de absorção, de transporte e de uso de macro e micronutrientes, em porta-enxertos de caramboleira.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em um viveiro comercial de produção de mudas, situado no “Sítio São João”, localizado às margens da Rodovia Washington Luiz, km 333,8, cujas coordenadas geográficas são 21° 44’ de latitude Sul e 48° 29’ de longitude Oeste, com altitude de 512 m, no município de Taquaritinga, SP, entre os meses de setembro de 2012 e fevereiro de 2013. O clima da região, segundo Köppen (1948), é classificado, como Cwa, subtropical com chuvas de verão e inverno relativamente seco.

O porta-enxerto de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) utilizado foi de uma cultivar desenvolvida no viveiro, propagado via sementes; no momento da instalação do experimento as plantas possuíam um ano e dois meses de idade. Antes da instalação do experimento, o porta-enxerto de caramboleira recebeu três adubações com a fórmula 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), sendo 1 g por planta em cada aplicação. A

primeira adubação foi realizada trinta dias após a emergência e as outras duas, espaçadas a cada 60 dias.

As plantas estavam acondicionadas em sacos de polietileno (18 x 30 cm), com volume de 2 dm³, tendo como substrato casca de pinus compostada e vermiculita expandida (Multiplant Citrus®) e colocadas em bancadas sem espaçamento entre os sacos. A análise dos teores de nutrientes disponíveis no substrato utilizado para enchimento dos recipientes foi feita no Instituto Agronômico de Campinas e encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Análise do substrato empregado no experimento para as concentrações disponíveis dos nutrientes.

pH	CE	N-Nitrato	P	Cloreto	S	N-amônio	K	Na	Ca
	dS m ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----							
5,9	1,6	106,7	11	20,2	84,3	2,5	108,9	24,8	148,3
Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Umidade	N	Carbono Orgânico	Relação C/N
----- mg L ⁻¹ -----						%	----- g kg ⁻¹ -----		
50,6	0,3	<0,01	0,03	0,02	0,02	58,5	8,3	366,5	44:1

pH em água 1:1,5. Método de extração: 1:1,5 (Holanda). Métodos de determinação: N-(amoniaco e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES; B: água quente. Umidade 65 °C. Resultados para os teores totais de carbono e nitrogênio foram obtidos pelo novo equipamento de análise elementar de CNS (marca ELEMENTAR CNS). Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (Rajj et al., 1996).

O porta-enxerto foi irrigado com água de poço semi-artesiano, por sistema de microaspersão, acionado diariamente, de maneira a evitar o encharcamento do substrato. O viveiro era coberto por tela de polipropileno com 30% de sombreamento, a fim de proporcionar proteção às plantas quanto à alta incidência de luz solar, bem como diminuir a evapotranspiração.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos, quatro repetições e três plantas por parcela, totalizando 60 caramboleiras, sendo um porta-enxerto por recipiente de 2 dm³. Os tratamentos foram doses de boro (B), na forma de ácido bórico (17% de B), tendo como referência a dose de 0,5 mg dm⁻³ de B sugerida por Malavolta (1980), para experimentos em vasos. As doses utilizadas foram: zero; 1; 2; 3 e 4 mg dm⁻³ de B que correspondem a: 0; 11,76; 23,53; 35,29; 47,06 mg de ácido bórico (H₃BO₃) por

unidade experimental, aplicadas na forma sólida na superfície do substrato em cada saco.

A eliminação das plantas daninhas, o controle de doenças e pragas e todas as práticas culturais necessárias foram realizadas de acordo com os critérios compatíveis com a produção de mudas do viveiro em questão, seguindo as práticas habituais do local.

Durante a condução do experimento foram realizadas duas adubações com a fórmula 10-10-10 (N-P₂O₅-K₂O), sendo a primeira após a aplicação do boro e, a segunda, 60 dias após a primeira, sendo 1g por planta em cada aplicação.

Aos 590 dias após a semeadura, 170 dias após a aplicação dos tratamentos, época em que os porta-enxertos estavam aptos a serem enxertados, tanto por borbulhia como por garfagem, as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e raízes, lavadas inicialmente com água destilada, em seguida com detergente neutro na concentração de 0,1%, depois com solução de HCl na concentração de 0,3 % e, posteriormente, lavadas com água destilada e deionizada. Após isto, o material foi seco em estufa com circulação de ar a $65 \pm 5^{\circ}\text{C}$ até massa constante e, por último, triturado em moinho tipo Wiley para avaliação do estado nutricional, segundo a metodologia de Bataglia et al. (1983), nos laboratórios do Departamento de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp.

De posse dos valores de matéria seca e teor de nutrientes foi realizado o cálculo para determinar o acúmulo, o qual é dado por:

$$A = [MSPA \text{ ou } MSR (g) \times \text{teor do macronutriente } (g \text{ kg}^{-1}) \text{ ou do micronutriente } (mg \text{ kg}^{-1})] / 1000$$

em que: MSPA = massa seca da parte aérea; MSR = massa seca das raízes. A quantidade total de nutrientes acumulada na planta inteira foi calculada pelo somatório das quantidades acumuladas na parte aérea e nas raízes.

A partir da massa seca e do acúmulo de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) na planta, foram calculados os seguintes índices: a) eficiência de absorção (conteúdo total do nutriente na planta/massa seca de raízes), conforme

Swiader et al. (1994), que indica a capacidade de extração da planta de nutrientes do meio de cultivo; b) eficiência de transporte $\{(\text{conteúdo do nutriente na parte aérea}/\text{conteúdo total do nutriente na planta}) \times 100\}$, de acordo com Li et al. (1991), que indica a capacidade da planta de transportar os nutrientes das raízes para a parte aérea; c) eficiência de utilização (matéria seca total produzida²/conteúdo total do nutriente na planta), segundo Siddiqi & Glass (1981), que indica a capacidade da planta em converter o nutriente absorvido em matéria seca total.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, com o auxílio do *Software AgroEstat* (BARBOSA; MALDONADO Jr, 2014).

3.3 Resultados e Discussão

Os porta-enxertos de caramboleira, submetidos às doses de boro aplicadas ao substrato, apresentaram respostas diferentes de acordo com a parte da planta e com o nutriente analisado. De todos os macronutrientes, apenas os teores de P na parte aérea e os de Ca e S nas raízes foram influenciados pelas doses de boro (Tabelas 2 e 3 – apêndices). Já em relação aos micronutrientes, a adubação com boro influenciou os teores de B na parte aérea e, de B e Cu nas raízes dos porta-enxertos de caramboleira (Tabelas 4 e 5 – apêndices).

O teor de P, na parte aérea dos porta-enxertos de caramboleira, apresentou comportamento quadrático, atingindo o valor máximo de $2,56 \text{ g kg}^{-1}$ na dose de $1,56 \text{ mg dm}^{-3}$ de B (Figura 1). Os resultados estão de acordo com os encontrados por Prado et al. (2006) que observaram este mesmo comportamento nos teores de P na parte aérea, em mudas de maracujazeiro-amarelo adubadas com boro. Salienta-se que o menor teor de P na parte aérea, nas maiores doses de B, pode ser atribuído ao desbalanço nutricional por antagonismo entre o B e o macronutriente (PEIXOTO et al., 1996).

Resultados contrários foram observados por Araújo e Silva (2012) que avaliando o efeito de doses de boro na absorção de fósforo pelo algodoeiro, em cultivo hidropônico, verificaram que o teor de P na parte aérea diminuiu linearmente com o aumento das concentrações de B, o que pode estar associado ao efeito de diluição, uma vez que as doses de boro proporcionaram incremento na massa seca.

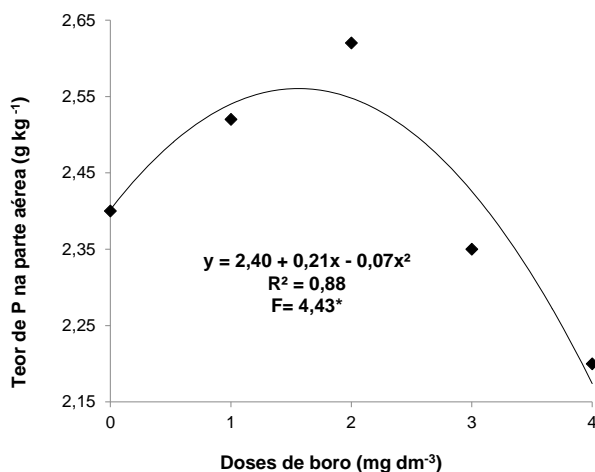


Figura 1. Teor de fósforo na parte aérea dos porta-enxertos de caramboleira.

Deve-se considerar que as condições de cultivo (substrato/solução nutritiva) foram diferentes. O substrato no país, é um insumo de uso relativamente recente (ABREU et al., 2002), optou-se fazer tal comparação, em geral, aumento na velocidade de crescimento e desenvolvimento das plantas são estudados em cultivos sem solo, pois permitem melhor controle das proporções dos nutrientes, como é o caso das soluções nutritivas (ROZANE et al., 2011).

O teor de cálcio nas raízes diminuiu linearmente com as doses de boro atingindo valor de 1,94 g kg⁻¹ na dose de 4 mg dm⁻³ de B (Figura 2A).

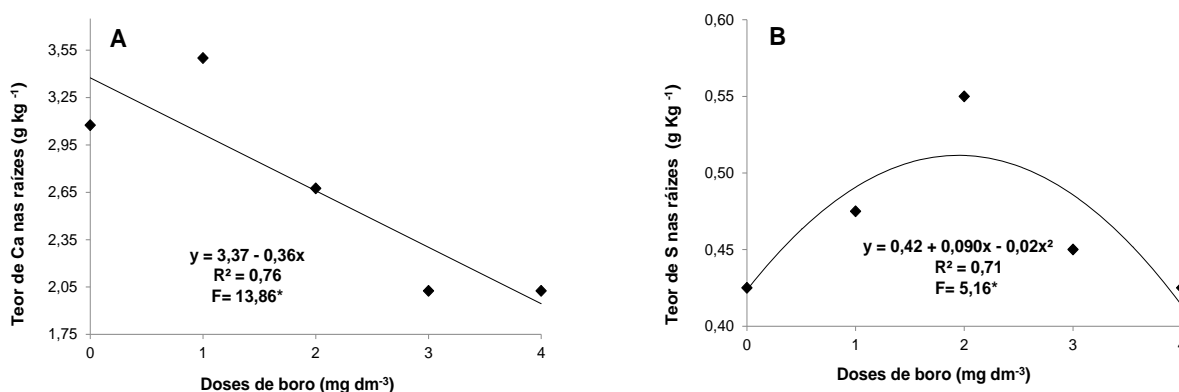


Figura 2. Teor de cálcio (A) e enxofre (B) nas raízes dos porta-enxertos de caramboleira.

Relações antagônicas entre o B e o Ca também foram relatadas por Dursun et al. (2010) que observaram efeito negativo nos teores de Ca com o aumento de

doses de B no solo, em pimenta, pepino e tomate. Ahmed et al. (2008), em algodoeiro, também verificaram a interação negativa entre o B e o Ca em diferentes partes da planta, inclusive na raiz. As maiores doses de B proporcionaram menor teor de Ca nas raízes, que pode ser explicado pelas funções semelhantes do boro e do cálcio na síntese da parede celular (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Nas raízes dos porta-enxertos de caramboleira, o teor de enxofre (S) apresentou comportamento quadrático, atingindo o valor máximo de $0,51 \text{ g kg}^{-1}$ na dose de $1,95 \text{ mg de B dm}^{-3}$ (Figura 2B). Em mudas de goiabeira, Salvador et al. (2003) evidenciaram, também, significância das doses de boro sobre os teores de S na planta. A diminuição no teor de S pode ter ocorrido em função das doses elevadas de boro reduzirem a absorção do macronutriente. Loué (1993) descreveu correlações significativas entre o B disponível no solo com os teores foliares de S.

Quanto ao boro, seu teor na parte aérea dos porta-enxertos de caramboleira atingiu o valor máximo de $30,4 \text{ mg kg}^{-1}$ na dose de $2,67 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, com comportamento quadrático (Figura 3A).

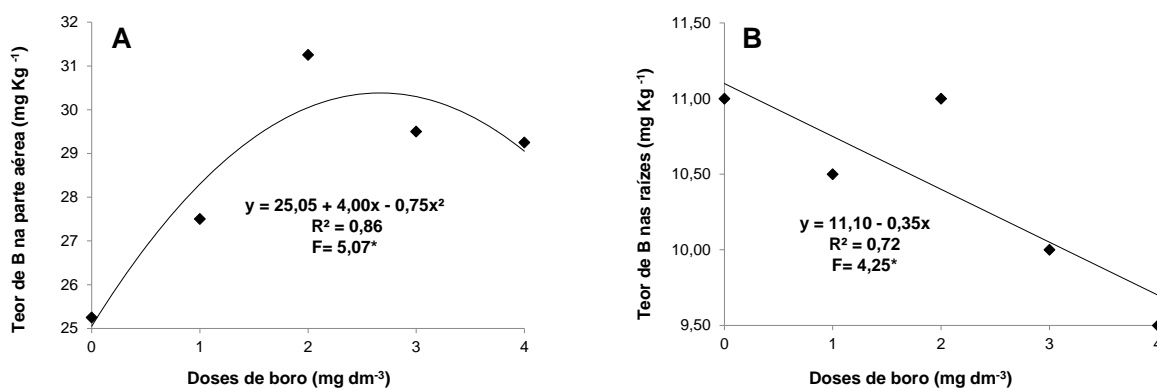


Figura 3. Teor de boro na parte aérea (A) e nas raízes (B) dos porta-enxertos de caramboleira.

Porém, em mudas de maracujazeiro-amarelo, Prado et al. (2006) observaram que os teores de B aumentaram linearmente com a aplicação deste nutriente. É oportuno ressaltar que, geralmente, com o aumento da concentração de boro no substrato, ocorre maior absorção do micronutriente pelas plantas (FAGERIA et al., 2011). A não resposta da matéria seca do porta-enxerto quanto a adubação boratada, retratada anteriormente (Capítulo 2), sugere que a faixa das doses de boro

aplicadas neste caso pode ter proporcionado apenas um consumo “de luxo” deste micronutriente.

Nas raízes, o teor de boro dos porta-enxertos de caramboleira diminuiu linearmente com as doses de B aplicadas ao substrato (Figura 3B), possibilitando redução de 12,6%, quando comparado à testemunha. O teor relativamente elevado de B, obtido sem aplicação do nutriente, pode ser atribuído ao seu teor inicial no substrato.

O teor de cobre nas raízes dos porta-enxertos de caramboleira, aumentou até a dose de 1,98 mg dm⁻³ de B, diminuindo com as doses de boro mais elevadas aplicadas ao substrato (Figura 4). Esse resultado é semelhante ao encontrado por, Prado et al. (2006), em mudas de maracujazeiro amarelo, ao registrarem que os teores de Cu diminuíram de forma quadrática, nas raízes. Esses resultados podem ser explicados, segundo Jarrell e Bervely (1981), pela interação entre os nutrientes em algum sítio de absorção, afetando a absorção ou translocação de um deles.

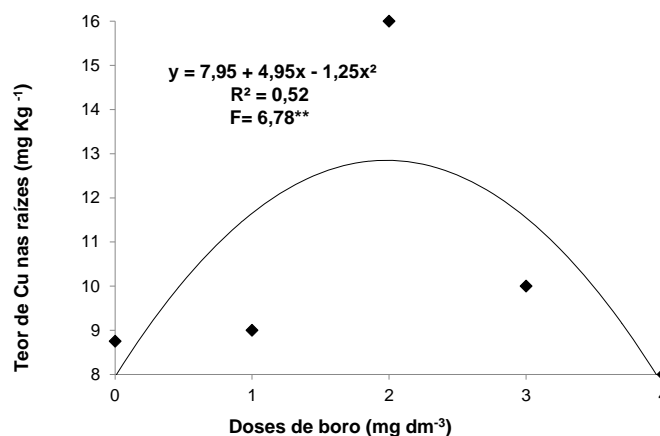


Figura 4. Teor de cobre nas raízes dos porta-enxertos de caramboleira.

Os acúmulos de N, P, K, Mg, S (parte aérea, raízes e planta inteira) e Ca (parte aérea e na planta inteira) não foram influenciados pelas doses de boro (Tabelas 6, 7 e 8 – apêndices).

O acúmulo de Ca nas raízes (Figura 5) diminuiu linearmente com as doses de boro, atingindo o valor de 0,043 g na dose de 4 mg dm⁻³ de B. Araújo et al. (2013), em plantas de algodoeiro, verificaram-se resposta significativa das concentrações de B para conteúdo de Ca na raiz, sendo que as maiores concentrações de B

proporcionaram menor absorção e extração de Ca pelas raízes do algodoeiro. Isso pode ser justificado devido às funções semelhantes do boro e do cálcio na biossíntese da parede celular de plantas superiores (MENGEL; KIRKBY, 2001); no entanto, o B tende a formar uma ligação mais forte que o Ca na estrutura da parede celular (TEASDALE; RICHARDS, 1990) sendo que maiores doses de B tendem a diminuir o acúmulo de cálcio nos tecidos.

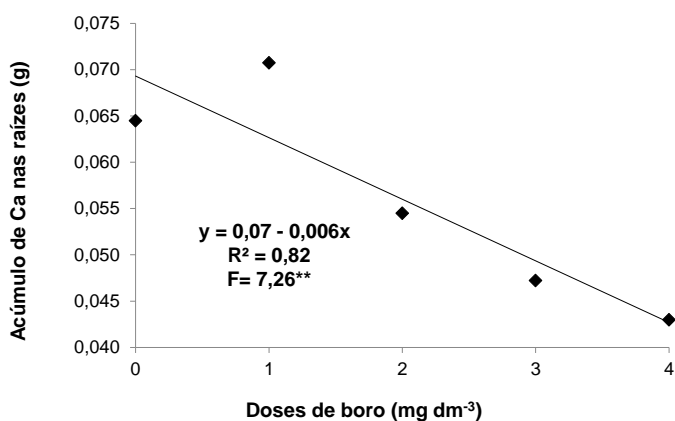


Figura 5. Acúmulo de cálcio nas raízes dos porta-enxertos de caramboleira.

Os acúmulos de B, Fe, Mn, Zn (parte aérea, raízes e planta inteira) e Cu (parte aérea) não foram influenciados pelas doses de boro (Tabelas 9, 10 e 11 – apêndices). O acúmulo de cobre, nas raízes e na planta inteira, se ajustou ao modelo quadrático, atingindo o maior valor na dose de 2,06 e 2,03 mg dm⁻³ de B, respectivamente (Figura 6A e 6B).

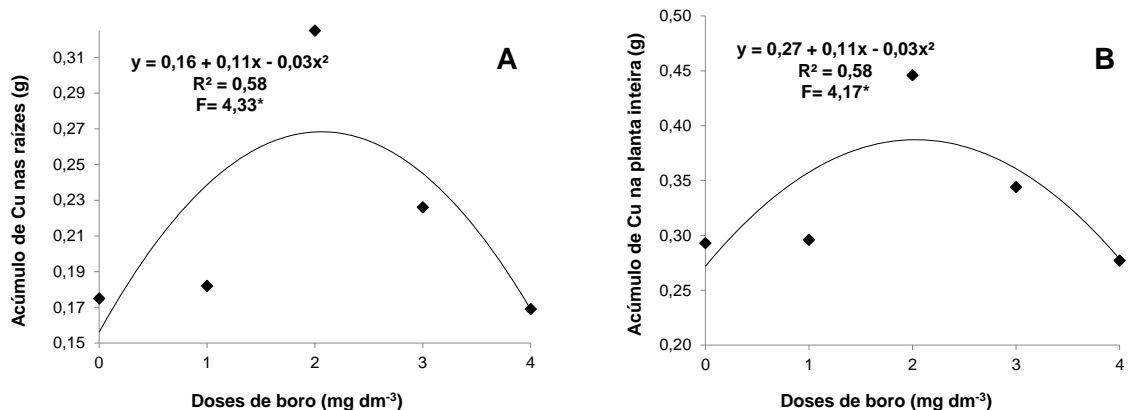


Figura 6. Acúmulo de cobre nas raízes (A) e na planta inteira (B) dos porta-enxertos de caramboleira.

Segundo Fageria (2002), o Cu mostra efeitos positivo e negativo na absorção de micronutrientes, dependendo da espécie e da concentração deste nutriente. Nos trabalhos descritos por Loué (1993), há uma interação negativa entre o boro e o cobre.

A eficiência de absorção dos nutrientes pelos porta-enxertos de caramboleira foi influenciada pelas doses de boro (Tabelas 12 e 13 – apêndices), em relação ao N, S, B e Cu. Esses nutrientes apresentaram comportamento quadrático, atingindo o valor máximo de $0,0128 \text{ g g}^{-1}$ de N na dose de $1,84 \text{ mg dm}^{-3}$ de B (Figura 7A); $0,0187 \text{ g g}^{-1}$ de S na dose de $1,86 \text{ mg dm}^{-3}$ de B (Figura 7B); $0,043 \text{ mg g}^{-1}$ de B na dose de $2,26 \text{ mg dm}^{-3}$ de B (Figura 7C) e $0,0186 \text{ mg g}^{-1}$ de Cu na dose de $1,92 \text{ mg dm}^{-3}$ de B (Figura 7D), respectivamente.

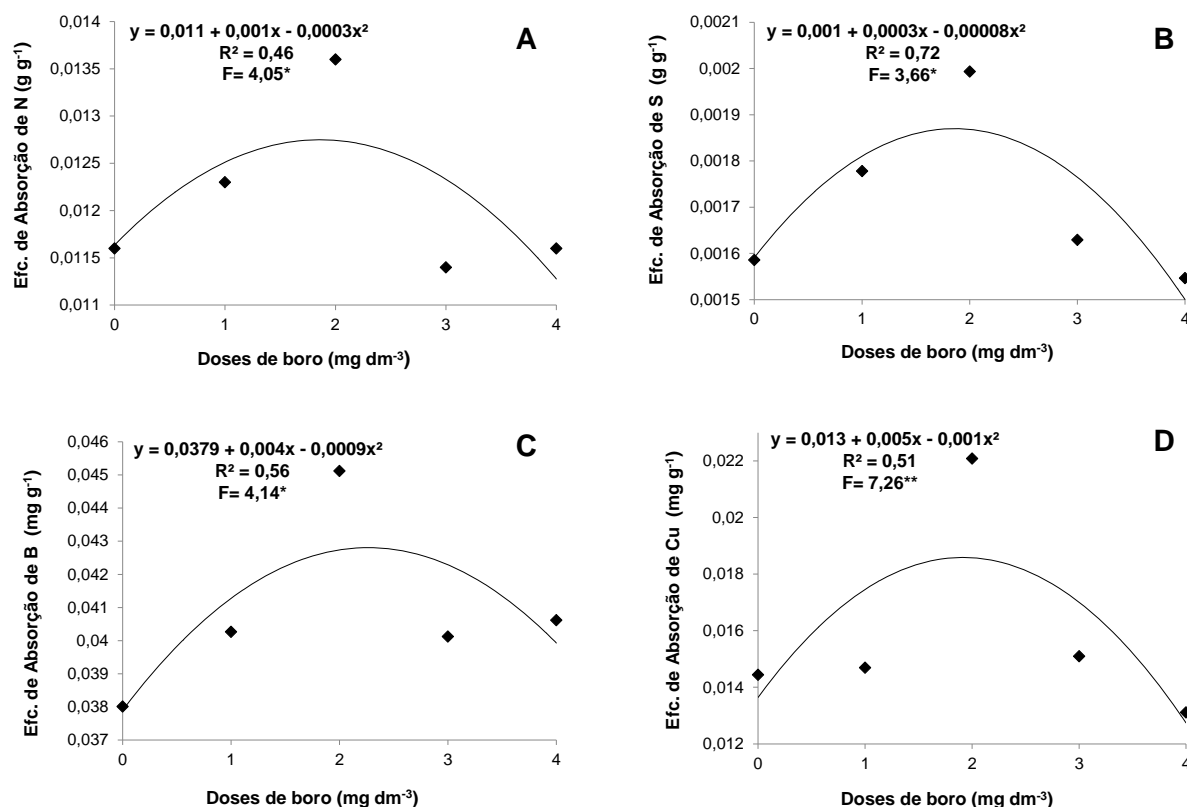


Figura 7. Eficiência de absorção de nitrogênio (A), enxofre (B), boro (C) e cobre (D) nos porta-enxertos de caramboleiras.

A eficiência de absorção de nitrogênio nos porta-enxertos de caramboleiras aumentou até a dose de 1,84 mg dm⁻³ de B, diminuindo com o incremento das doses de boro (Figura 7A), mostrando que a absorção de N é influenciada pela interação com outros nutrientes. Ruiz et al. (1998) indicaram efeito positivo do B no metabolismo de N, que pode resultar em uma influência positiva do B na síntese de proteínas e enzimas. López- Lefebre et al. (2002) verificaram que o suprimento de B estimula a assimilação do N por plantas de tabaco com acúmulo de aminoácidos e proteínas. No entanto, segundo Shelp et al. (1995), há antagonismo entre o boro e as formas nitrogenadas.

Em relação ao enxofre, o aumento das doses de boro desfavoreceu a eficiência de absorção deste macronutriente (Figura 7B), que pode ser justificado pela interação SxB (LOUÉ, 1993) reduzindo a absorção do macronutriente.

A eficiência de absorção do boro nas plantas de caramboleiras diminuiu de acordo com a elevação das concentrações de B (Figura 7C). Segundo Fageria et al. (2011), com o aumento da concentração de boro no substrato, deveria ocorrer maior

absorção do micronutriente pelas plantas. Entretanto, isso indica que a caramboleira tem exigência menor de B nesta fase de crescimento. Já em relação ao cobre, a sua eficiência de absorção foi reduzida com o aumento das quantidades de boro aplicadas ao substrato (Figura 7D). Segundo Fageria (2002) e Loué (1993) o B pode demonstrar efeitos negativo na absorção de Cu.

As doses de boro influenciaram a eficiência de transporte do Ca (Figura 8A e Tabela 14 – apêndices), do B (Figura 8B e Tabela 15 – apêndices) e do Cu (Figura 8C e Tabela 15 – apêndices).

Pelos resultados, verifica-se que o boro aumentou o transporte do cálcio de 74,2% para 80,2% em função das doses aplicadas e, do próprio boro de 71,8 % para 76,8% em função da adubação boratada, das raízes para a parte aérea dos porta-enxertos. Resultados semelhantes foram encontrados por López-Lefebvre et al. (2002), em que observaram relação sinérgica entre os elementos B e Ca sinalizando que o transporte de Ca aumentou com as doses de B.

Em estudos realizados por Araújo et al. (2013), em cultivares de milho, observaram redução do índice de transporte de Ca em função das doses de boro aplicadas, ou seja, houve maior acumulação de Ca nas raízes (no interior das células ou no espaço livre aparente) em detrimento da parte aérea.

Em relação ao próprio boro, ressalta-se ainda que, com o incremento das doses deste micronutriente, houve aumento do índice de transporte do B, o que difere dos resultados das pesquisas efetuadas por Prado et al. (2006) em mudas de maracujazeiro-amarelo.

A eficiência de transporte do Cu foi influenciada de forma quadrática pelas doses de boro aplicadas, atingindo o valor mínimo de 31% na dose de 2,2 mg dm⁻³ de B.

As diferenças encontradas quanto à absorção e movimentação dos nutrientes, de acordo com Araújo et al. (2013), são devido ao fato destes processos envolverem vários mecanismos que podem limitar sua ascensão para a parte aérea no movimento de íons nas raízes e seu descarregamento no xilema.

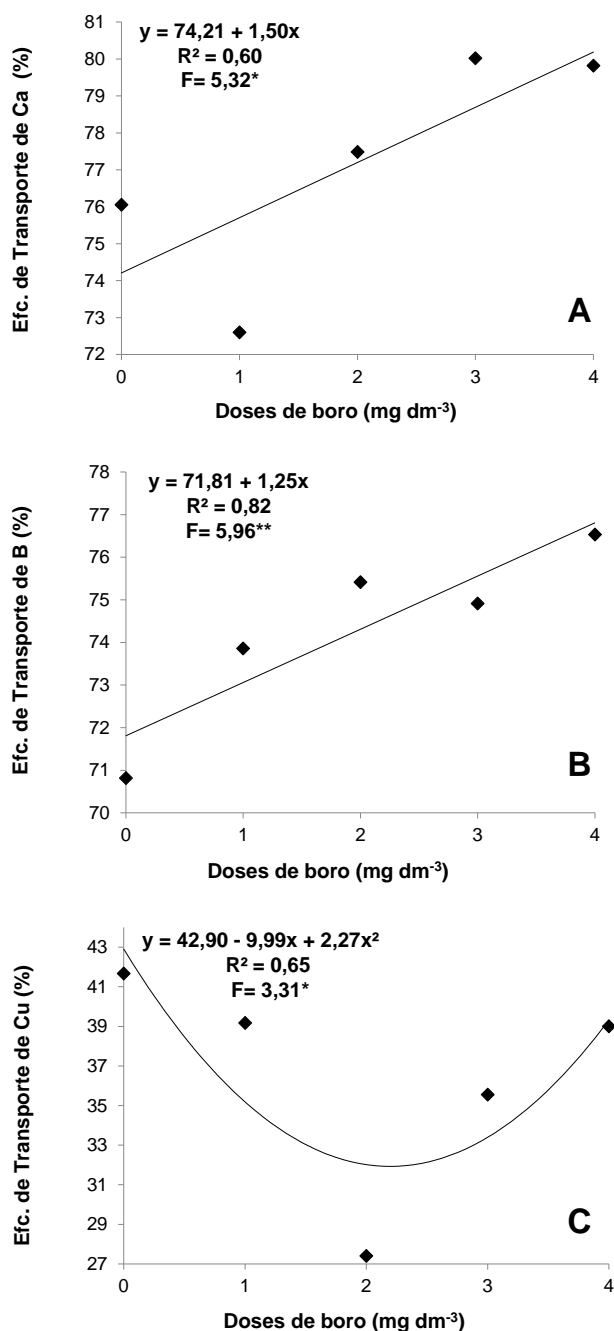


Figura 8. Eficiência de transporte de cálcio (A), boro (B) e cobre (C) nos porta-enxertos de caramboleiras.

A eficiência de uso de N, P, K, Mg, S, B, Fe, Mn e Zn não foi afetada pelas doses de B (Tabelas 16 e 17 – apêndices).

O boro promoveu efeito linear positivo e significativo na eficiência de uso do Ca, sendo a maior eficiência obtida com a dose de 4 mg dm⁻³ de B (Figura 9A). Isso indica que, para cada g de Ca acumulado foram produzidas 9.268 g de matéria

seca. Em plantas de algodoeiro, Araújo et al. (2013), estudando diferentes concentrações de boro e zinco, verificaram que a eficiência de utilização de Ca foi influenciada positivamente pelo aumento das concentrações de boro, Isso pode ser justificado pelo envolvimento do boro na estrutura da parede celular (BROWN et al., 1992). Com a aplicação de doses de boro no substrato, houve maior formação de ésteres de borato na parede celular, contribuindo assim com as funções do cálcio.

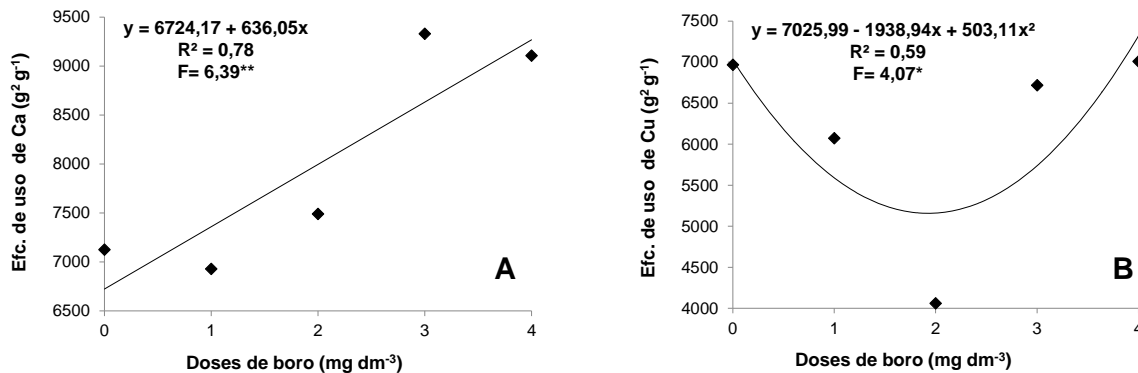


Figura 9. Eficiência de uso de cálcio (A) e de cobre (B) nos porta-enxertos de caramboleiras.

A eficiência de utilização do Cu foi influenciada de forma quadrática pelas doses de boro aplicadas (Figura 9B). A mínima eficiência de uso do Cu ($5.158 \text{ g}^2 \text{ ms g}^{-1}$) foi atingida na dose de $1,93 \text{ mg dm}^{-3}$ de B.

Vale ressaltar que, alguns mecanismos e processos na planta contribuem para o uso eficiente de nutrientes, como: sistema radicular eficiente; alta relação entre raízes e parte aérea e maior eficiência de absorção (FAGERIA; BALIGAR, 1993).

3.4 Conclusões

Os acúmulos de Ca na raiz e de Cu (na raiz e na planta inteira) foi influenciado pelas concentrações de B;

A eficiência de transporte de Ca e B das raízes para a parte aérea das plantas foi favorecida com a elevação das doses de boro;

O boro aumentou a eficiência de utilização de Ca nas plantas; e

Doses elevadas de boro promoveram menor teor, e eficiência de absorção para a maioria dos macro e micronutrientes.

3.5 Referências

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; BATAGLIA, O.C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 17-28.

AHMED, N.; ABID, M.; AHMAD, F. Boron toxicity in irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 40, n. 6, p. 2442-2452, 2008.

ARAÚJO, E. O.; SILVA, M. A. C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, p. 720-727, 2012.

ARAÚJO, E. O.; SANTOS, E. F.; CAMACHO, M. A. Absorção de cálcio e magnésio pelo algodoeiro cultivado sob diferentes concentrações de boro e zinco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, p. 383-389, 2013.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônomicos. Versão 1.1.0.711. rev 77. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2014.

BASTOS, D. C. **Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias**. 2006. 65 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p.

BROWN, P. H.; PICCHIONI, G.; JENKIN, M.; HU, H. Use of ICP-MS and 10B to trace the movement of boron in plants and soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 23, n. 17-20, p. 2781-2807, 1992.

DURSun, A.; TURAN, M.; EKINCI, M.; GUNES, A.; ATAogLU, N.; ESRINGU, A.; YILDIRIM, E. Effects of boron fertilizer on tomato, pepper and cucumber yields and chemical composition. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 41, p. 1576-1593, 2010.

FAGERIA, N. K. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p.1765-1772, 2002.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES, 1993, Lincoln. **Proceedings...** Lincoln: University of Nebraska, 1993. p. 142-159.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; COBUCCI, T. Zinc nutrition of lowland rice. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 42, n. 14, p. 1719–1727, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00103624.2011.584591>>.

JARRELL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, Burligton, v. 34, p. 197-224, 1981.

KÖEPPEN, W. **Climatologia**: con um estúdio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LI, B.; MCKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, Bethesda, v. 37, n. 2, p. 613-626, 1991.

LÓPEZ-LEFEBRE, L. R.; RIVERO, R. M.; GARCIA, P. C.; SANCHEZ, E.; RUIZ, J. M.; ROMERO, L. Boron effect on mineral nutrients of tobacco. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 3, p. 509-522, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1081/PLN-120003379>>.

LOUÉ, A. **Oligo-éléments en agriculture**. Antibes: Nathan, 1993. 557 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

PEIXOTO, J. R.; CARVALHO, M. L. M. Efeito da uréia, do sulfato de zinco e do ácido bórico na formação de mudas do maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 325-330, 1996.

PRADO, R. 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. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452006000200034>>.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLAN, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1996. 39 p.

ROZANE, D. E. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em caramboleiras nas fases de hipobíoto, muda e plantas em formação**. 2008. 161 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; FRANCO, C. F. Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em hipobiotos de caramboleiras, cultivados em diferentes soluções nutritivas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 366-372, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000300018>>.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROMUALDO, L. M.; FRANCO, C. F. Caracterização biométrica e acúmulo de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira cultivada em solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 426-436, 2013.

RUIZ, J. M.; BAGHOUR, M.; BRETONES, G.; BELAHIR, A.; ROMERO, L. Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.): role of boron as a possible regulatory factor. **International Journal of Experimental Botany**. v.159, n.1, p.121–126, 1998.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do boro e do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de goiabeira. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 325-331, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542003000200011>>.

SHELP, B. J.; MARENTES, E.; KITHEKA, A. M.; VIVEKANANDAN, P. Boron mobility in plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 94, p. 356-361, 1995.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01904168109362919>>.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 17, p. 1687-1699, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01904169409364840>>.

TARIQ, M.; MOTT, C. J. B. Effect of boron on the behavior of nutrients in soil-plant systems – a review. **Asian Journal of Plant Science**, Faisalabad, v. 6, p. 195-202, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3923/ajps.2007.195.202>>.

TEASDALE, R. D.; RICHARDS, D. K. Boro deficient in cultured pine cells. quantitative studies of interaction with Ca and Mg. **Plant Physiology**, Rockville, v. 93, n. 3, p. 1071-1077, 1990.

CAPÍTULO 4 – Considerações finais

A adubação de plantas frutíferas é realizada de maneira pouca precisa e empírica, devido às informações escassas, principalmente relacionadas ao boro;

Apesar da importância deste micronutriente para as culturas em geral, é necessário mais relatos e pesquisas científicas relacionadas à adubação e nutrição de frutíferas;

Os parâmetros avaliados como altura, diâmetro do porta-enxerto, área foliar; a massa seca da parte aérea, das raízes e total não diferiram estaticamente dos tratamentos aplicados;

As doses de boro influenciaram nos teores de macro e micronutrientes e no acúmulo de elementos, ocorrendo comportamento quadrático nos teores de P e B (na parte aérea), de S e Cu (nas raízes) e nos acúmulos de Ca na raiz e de Cu (na raiz e na planta inteira);

Com o incremento das doses de boro a eficiência de transporte de Ca e B das raízes para a parte aérea das plantas foi favorecida positivamente;

O boro aumentou a eficiência de utilização de Ca nas plantas;

Doses elevadas de boro promoveram menor teor, e eficiência de absorção para a maioria dos macro e micronutrientes; e

Doses entre 1,8 a 2,5 mg dm⁻³ de B promoveram maior teor, acúmulo e eficiência de absorção e utilização para a maioria dos macro e micronutrientes, porém não alteram os parâmetros de crescimento.

Portanto, novos experimentos com diferentes doses de boro devem ser realizados de modo que esclareça o manejo adequado deste nutriente para o cultivo de caramboleiras.

APÊNDICES

Tabela 2. Valores médios dos teores de macronutrientes na parte aérea de porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g por planta-----					
0	7,00	2,40	5,42	9,20	2,95	1,07
1	7,40	2,52	5,75	8,62	3,25	1,20
2	8,02	2,62	6,52	8,45	3,30	1,30
3	7,15	2,35	5,65	8,00	3,27	1,15
4	7,07	2,20	5,77	7,50	2,90	1,05
Teste F	1,43 ^{NS}	4,43*	0,64 ^{NS}	2,37 ^{NS}	1,58 ^{NS}	2,41 ^{NS}
Reg. Linear	0,01 ^{NS}	5,49*	0,13 ^{NS}	9,29*	0,02 ^{NS}	0,24 ^{NS}
Reg. Quadrática	3,53 ^{NS}	10,15*	1,11 ^{NS}	0,01 ^{NS}	6,12*	8,32*
CV (%)	9,5	6,4	17,82	9,99	9,82	11,23

* significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 3. Valores médios dos teores de macronutrientes nas raízes de porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g por planta-----					
0	4,07	1,57	3,10	3,08	1,77	0,42
1	4,30	1,57	3,25	3,50	1,97	0,47
2	4,75	1,62	3,40	2,68	2,02	0,55
3	4,12	1,55	3,20	2,03	1,87	0,45
4	4,12	1,5	3,50	2,03	1,87	0,42
Teste F	0,97 ^{NS}	0,37 ^{NS}	0,95 ^{NS}	13,86*	1,61 ^{NS}	5,16*
Reg. Linear	0,01 ^{NS}	0,54 ^{NS}	2,09 ^{NS}	42,08**	0,17 ^{NS}	0,12 ^{NS}
Reg. Quadrática	2,07 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,01 ^{NS}	1,07 ^{NS}	4,35 ^{NS}	14,49**
CV (%)	13,23	9,6	9,97	13,1	8,07	9,81

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 4. Valores médios dos teores de micronutrientes na parte aérea de porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B	B	Cu	Fe	Mn	Zn
---mg dm ⁻³ ---	----- mg por planta -----				
0	25,25	5,25	29,00	13,50	65,50
1	27,50	5,25	32,25	14,50	62,00
2	31,25	5,50	33,50	18,50	64,00
3	29,50	5,00	30,50	16,25	63,25
4	29,25	4,75	29,25	15,75	55,75
Teste F	5,07*	1,70 ^{NS}	0,65 ^{NS}	2,73 ^{NS}	1,09 ^{NS}
Reg. Linear	9,82**	3,26 ^{NS}	0,03 ^{NS}	2,95 ^{NS}	2,55 ^{NS}
Reg. Quadrática	7,73*	2,33 ^{NS}	2,15 ^{NS}	4,62 ^{NS}	0,63 ^{NS}
CV (%)	7,07	8,5	15,62	14,65	11,64

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 5. Valores médios dos teores de micronutrientes nas raízes de porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B	B	Cu	Fe	Mn	Zn
---mg dm ⁻³ ---	----- mg por planta -----				
0	11,00	8,75	197,00	12,50	29,75
1	10,50	9,00	141,75	11,25	28,75
2	11,00	16,00	146,75	12,50	36,25
3	10,00	10,00	143,25	10,75	27,00
4	9,50	8,00	140,50	10,50	30,75
Teste F	4,25*	6,78**	0,92 ^{NS}	0,77 ^{NS}	2,32 ^{NS}
Reg. Linear	12,25**	0,02 ^{NS}	1,95 ^{NS}	1,73 ^{NS}	0,00 ^{NS}
Reg. Quadrática	1,61 ^{NS}	14,15**	1,05 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,71 ^{NS}
CV (%)	6,08	24,02	32,79	18,83	15,07

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 6. Valores médios dos acúmulos de macronutrientes na parte aérea de porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g por planta-----					
0	0,157	0,055	0,124	0,209	0,068	0,024
1	0,160	0,056	0,124	0,187	0,071	0,026
2	0,177	0,058	0,143	0,185	0,073	0,029
3	0,167	0,055	0,132	0,188	0,077	0,027
4	0,160	0,050	0,129	0,170	0,066	0,024
Teste F	0,83 ^{NS}	0,45 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,71 ^{NS}	1,34 ^{NS}
Reg. Linear	0,19 ^{NS}	0,57 ^{NS}	0,33 ^{NS}	2,85 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,01 ^{NS}
Reg. Quadrática	2,01 ^{NS}	1,06 ^{NS}	0,79 ^{NS}	0,05 ^{NS}	1,80 ^{NS}	4,80*
CV (%)	10,88	14,9	16,21	15,47	14,73	13,13

^{NS} não significativo.

Tabela 7. Valores médios dos acúmulos de macronutrientes nas raízes de porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g por planta-----					
0	0,085	0,033	0,065	0,065	0,037	0,009
1	0,086	0,032	0,065	0,071	0,039	0,010
2	0,098	0,033	0,069	0,055	0,041	0,011
3	0,096	0,035	0,075	0,047	0,043	0,011
4	0,087	0,031	0,075	0,043	0,039	0,009
Teste F	0,60 ^{NS}	0,80 ^{NS}	1,82 ^{NS}	7,26**	1,16 ^{NS}	1,94 ^{NS}
Reg. Linear	0,33 ^{NS}	0,05 ^{NS}	6,64*	23,89**	1,73 ^{NS}	0,01 ^{NS}
Reg. Quadrática	1,24 ^{NS}	0,41 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,56 ^{NS}	2,14 ^{NS}	6,75*
CV (%)	16,8	10,72	10,12	15,36	11,33	15,14

** significativo a 1% e ^{NS} não significativo.

Tabela 8. Valores médios dos acúmulos totais de macronutrientes em porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g por planta-----					
0	0,244	0,088	0,189	0,274	0,104	0,033
1	0,247	0,088	0,190	0,258	0,110	0,035
2	0,274	0,091	0,213	0,240	0,113	0,040
3	0,263	0,092	0,207	0,235	0,120	0,037
4	0,246	0,082	0,204	0,213	0,105	0,032
Teste F	1,57 ^{NS}	0,48 ^{NS}	0,98 ^{NS}	1,77 ^{NS}	1,03 ^{NS}	2,55 ^{NS}
Reg. Linear	0,41 ^{NS}	0,20 ^{NS}	1,91 ^{NS}	6,88*	0,34 ^{NS}	0,03 ^{NS}
Reg. Quadrática	4,00 ^{NS}	1,05 ^{NS}	0,78 ^{NS}	0,00 ^{NS}	2,51 ^{NS}	8,82*
CV (%)	8,24	12,14	10,73	14,23	11,69	10,56

^{NS} não significativo.

Tabela 9. Valores médios dos acúmulos de micronutrientes na parte aérea de porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B	B	Cu	Fe	Mn	Zn
---mg dm ⁻³ ---	----- mg por planta -----				
0	0,567	0,118	0,657	0,306	1,470
1	0,604	0,113	0,688	0,317	1,340
2	0,687	0,121	0,736	0,406	1,400
3	0,694	0,117	0,715	0,381	1,480
4	0,659	0,108	0,661	0,354	1,270
Teste F	2,49 ^{NS}	0,62 ^{NS}	0,75 ^{NS}	2,45 ^{NS}	1,14 ^{NS}
Reg. Linear	6,21*	0,62 ^{NS}	0,07 ^{NS}	3,50 ^{NS}	0,95 ^{NS}
Reg. Quadrática	2,83 ^{NS}	0,81 ^{NS}	2,62 ^{NS}	3,55 ^{NS}	0,23 ^{NS}
CV (%)	10,7	10,89	11,42	15,23	12,23

^{NS} não significativo.

Tabela 10. Valores médios dos acúmulos de micronutrientes nas raízes de porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B	B	Cu	Fe	Mn	Zn
---mg dm ⁻³ ---	----- mg por planta -----				
0	0,234	0,175	3,99	0,263	0,627
1	0,212	0,182	2,83	0,224	0,582
2	0,224	0,325	3,01	0,259	0,756
3	0,233	0,226	3,34	0,250	0,627
4	0,201	0,169	2,96	0,223	0,651
Teste F	1,07 ^{NS}	4,33*	1,08 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,77 ^{NS}
Reg. Linear	1,06 ^{NS}	0,10 ^{NS}	1,19 ^{NS}	0,41 ^{NS}	0,15 ^{NS}
Reg. Quadrática	0,21 ^{NS}	10,00**	1,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,35 ^{NS}
CV (%)	12,25	29,14	27,84	21,33	22,86

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 11. Valores médios dos acúmulos totais de micronutrientes em porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B	B	Cu	Fe	Mn	Zn
---mg dm ⁻³ ---	----- mg por planta -----				
0	0,802	0,293	4,650	0,569	2,100
1	0,816	0,296	3,520	0,541	1,920
2	0,911	0,446	3,740	0,665	2,160
3	0,927	0,344	4,050	0,631	2,110
4	0,861	0,277	3,620	0,578	1,920
Teste F	1,53 ^{NS}	4,17*	0,94 ^{NS}	1,32 ^{NS}	0,58 ^{NS}
Reg. Linear	2,61 ^{NS}	0,02 ^{NS}	1,04 ^{NS}	0,60 ^{NS}	0,13 ^{NS}
Reg. Quadrática	2,05 ^{NS}	9,68**	0,71 ^{NS}	1,65 ^{NS}	0,32 ^{NS}
CV (%)	10,37	20,42	23,92	14,61	14,63

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 12. Valores médios da eficiência de absorção de macronutrientes em porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g por planta -----					
0	0,0116	0,0042	0,0090	0,0130	0,0050	0,0015
1	0,0123	0,0043	0,0094	0,0120	0,0050	0,0017
2	0,0136	0,0045	0,0107	0,0110	0,0056	0,0019
3	0,0114	0,0039	0,0089	0,0100	0,0052	0,0016
4	0,0116	0,0038	0,0096	0,0100	0,0049	0,0015
Teste F	4,05*	1,23 ^{NS}	0,83 ^{NS}	3,15 ^{NS}	0,96 ^{NS}	3,66*
Reg. Linear	0,49 ^{NS}	2,03 ^{NS}	0,08 ^{NS}	11,79**	0,21 ^{NS}	0,56 ^{NS}
Reg. Quadrática	7,03*	1,48 ^{NS}	0,81 ^{NS}	0,00 ^{NS}	3,14 ^{NS}	9,98**
CV (%)	7,31	11,89	16,14	14,35	11,09	11,2

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 13. Valores médios da eficiência de absorção de micronutrientes em porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg por planta -----				
0	0,0380	0,0140	0,2280	0,0270	0,1000
1	0,0400	0,0140	0,1760	0,0260	0,0900
2	0,0450	0,0220	0,1830	0,0320	0,1000
3	0,0400	0,0150	0,1740	0,0270	0,0900
4	0,0400	0,0130	0,1710	0,0270	0,0900
Teste F	4,14*	7,26**	0,79 ^{NS}	1,91 ^{NS}	2,22 ^{NS}
Reg. Linear	1,56 ^{NS}	0,29 ^{NS}	1,90 ^{NS}	0,03 ^{NS}	2,95 ^{NS}
Reg. Quadrática	7,78*	14,66**	0,69 ^{NS}	2,59 ^{NS}	1,20 ^{NS}
CV (%)	6,27	16,56	28,42	12,24	8,85

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 14. Valores médios da eficiência de transporte de macronutrientes em porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g por planta-----					
0	64,76	61,91	64,80	76,05	64,00	72,78
1	65,08	63,45	65,64	72,60	64,02	73,23
2	64,73	63,75	67,13	77,48	63,94	71,75
3	63,78	60,53	64,05	80,02	63,90	72,00
4	64,53	60,98	63,55	79,82	62,24	72,46
Teste F	0,04 ^{NS}	1,16 ^{NS}	0,35 ^{NS}	5,32*	0,14 ^{NS}	0,10 ^{NS}
Reg. Linear	0,06 ^{NS}	1,28 ^{NS}	0,29 ^{NS}	12,73**	0,32 ^{NS}	0,10 ^{NS}
Reg. Quadrática	0,00 ^{NS}	1,30 ^{NS}	0,66 ^{NS}	0,71 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,06 ^{NS}
CV (%)	7,36	4,31	7,35	3,43	6,39	5,26

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 15. Valores médios da eficiência de transporte de micronutrientes em porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg por planta -----				
0	70,81	41,66	14,71	53,49	70,14
1	73,86	39,17	19,73	58,43	69,89
2	75,41	27,40	19,99	61,27	66,05
3	74,91	35,55	18,25	60,31	70,23
4	76,53	39,00	18,55	61,21	65,95
Teste F	5,96**	3,31*	1,65 ^{NS}	1,33 ^{NS}	3,14 ^{NS}
Reg. Linear	19,64**	0,86 ^{NS}	1,42 ^{NS}	3,76 ^{NS}	4,02 ^{NS}
Reg. Quadrática	2,17 ^{NS}	7,74*	3,46 ^{NS}	1,26 ^{NS}	0,00 ^{NS}
CV (%)	2,39	16,72	18,04	9,57	3,7

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.

Tabela 16. Valores médios da eficiência de uso de macronutrientes em porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g por planta -----					
0	7934	22277	10374	7126	18745	58334
1	7204	20344	9426	6928	16078	50035
2	6575	19970	8605	7490	15876	45935
3	8336	24153	10747	9329	18238	58944
4	7869	23616	9532	9105	18299	59259
Teste F	2,08 ^{NS}	2,48 ^{NS}	0,78 ^{NS}	6,39 ^{**}	1,63 ^{NS}	2,90 ^{NS}
Reg. Linear	0,43 ^{NS}	2,95 ^{NS}	0,01 ^{NS}	20,04 ^{**}	0,14 ^{NS}	0,89 ^{NS}
Reg. Quadrática	2,62 ^{NS}	2,70 ^{NS}	0,46 ^{NS}	0,53 ^{NS}	4,06 ^{NS}	6,50 [*]
CV (%)	12,7	10,83	19,64	11,23	12,19	13,2

** significativo a 1% e ^{NS} não significativo.

Tabela 17. Valores médios da eficiência de uso de micronutrientes em porta-enxertos de caramboleira adubados com boro.

Doses de B ---mg dm ⁻³ ---	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg por planta -----				
0	2414	6967	442	3402	921
1	2178	6072	515	3302	925
2	1981	4061	486	2820	846
3	2372	6720	563	3501	1043
4	2255	7011	543	3357	1010
Teste F	2,67 ^{NS}	4,07 [*]	0,55 ^{NS}	0,93 ^{NS}	1,88 ^{NS}
Reg. Linear	0,14 ^{NS}	0,14 ^{NS}	1,52 ^{NS}	0,02 ^{NS}	2,68 ^{NS}
Reg. Quadrática	4,38 ^{NS}	9,44 ^{**}	0,11 ^{NS}	1,09 ^{NS}	0,89 ^{NS}
CV (%)	9,42	19,86	25,16	16,80	12,00

** significativo a 1%; * significativo a 5% e ^{NS} não significativo.