

UNIVERSIDADE BRASIL

CURSO DE AGRONOMIA

**PRODUÇÃO DE RABANETE COM APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES
CRESCENTES DE BORO**

RADISH PRODUCTION WITH FOLIAR APPLICATION OF BORON INCREASING
DOSES

Vagner Parejo Miranda

DESCALVADO

2017

VAGNER PAREJO MIRANDA

**PRODUÇÃO DE RABANETE COM APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES
CRESCENTES DE BORO**

Orientadora: Prof.a Dr.a Valéria Peruca de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Graduação em Agronomia

DESCALVADO

2017

FICHA DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e à minha namorada, que sempre estiveram ao meu lado, apoiando e acreditando, mesmo nos momentos de maior dificuldade, aos meus tios, primos e avós, e aos meus amigos pela atenção e por sempre estarem me incentivando em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por sempre iluminar meu caminho, trazendo força para enfrentar as dificuldades da vida, e por fazer sempre acreditar em meus objetivos.

A minha mãe, Janilda Parejo Miranda, que sempre acreditou em mim desde início, ao meu pai, Edson Silva Miranda, e ao meu irmão, Anderson Parejo Miranda, por toda forma de incentivo.

A minha namorada, Naiara Aline Martins, que está presente em todos os momentos, sempre me apoiando e incentivando.

A minha adorada orientadora, Prof.a Dra. Valéria Peruca de Melo, por acreditar nas minhas opiniões e na conclusão deste trabalho.

Ao coordenador do curso de Agronomia, Prof. Dr. Fábio Mazzonetto, a todos que fazem parte do corpo docente do curso de Agronomia e a todos os funcionários da Universidade Brasil, pela atenção e carinho.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Pizetta pela atenção e aos esclarecimentos técnicos importantes que contribuíram para este trabalho.

A todos os professores os meus sinceros agradecimentos pelo aprendizado, conhecimento e experiência que levarei por toda vida.

A todos os meus amigos e colegas do curso de Agronomia que sempre foram atenciosos, e que DEUS continue abençoando todos eles, com muito sucesso e paz.

A todos que fizeram e fazem parte da minha vida, muito obrigado.

EPIGRÁFE

A lei da mente é implacável.
O que você pensa, você cria;
O que você sente, você atrai;
O que você acredita
Torna-se realidade.

Buda

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1. Cultura do rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.).....	2
3.2. Absorção e Translocação de Boro.....	3
3.3 Importância de Boro na Nutrição de Plantas.....	4
3.4 Aplicação Foliar de Boro e tempo de Absorção.....	5
3.5. Transporte e Mobilidade do Boro nas Plantas.....	6
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6. CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Análise granulométrica de amostras de solo (0-20 cm) coletada na área em que o experimento foi conduzido.....	10
Tabela 2. Análise de fertilidade da amostra de solo (0-20 cm) coletada na área em que o experimento foi conduzido.....	10
Tabela 3. Análise de micronutrientes da amostra de solo (0-20 cm) coletada na área em que o experimento foi conduzido.....	10
Tabela 4. Valores médios e análise de regressão de variáveis submetidas a diferentes doses de octaborato de sódio via foliar na cultura do rabanete.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Preparo do solo.....	11
Figura 2. Preparo do solo.....	11
Figura 3. Adubação de plantio.....	12
Figura 4. Vista geral do experimento 7 dias após a germinação, quando foi realizada a aplicação da primeira dose da adubação de cobertura.....	13
Figura 5. Vista geral do experimento 14 dias após a germinação, quando foi realizada a aplicação da segunda dose da adubação de cobertura.....	13
Figura 6. Vista geral do experimento 21 dias após a germinação, quando foi realizada a aplicação da terceira dose da adubação de cobertura.....	14
Figura 7. Experimento aos 10 dias após a germinação, para aplicação de octaborato de sodio.....	14
Figura 8. Experimento aos 20 dias após a germinação, para a 2 ^o aplicação de octaborato de sodio.....	15
Figura 9. Vista geral do experimento 31 dias após a germinação, momento em que foi realizada a colheita das raízes do rabanete.....	15
Figura 10. Rabanetes colhidos, separados em sacos de polietileno devidamente identificados de acordo com os tratamentos e repetições, encaminhados para o laboratório para obtenção de dados.....	16
Figura 11. Retirada da ponta da raiz e da parte aérea das plantas.....	16
Figura 12. Obtenção do peso do rabanete em balança digital.....	17
Figura 13. Obtenção da medida do diâmetro do rabanete com auxílio de paquímetro.....	17
Figura 14. Peso das raízes de rabanete em função das doses de octaborato de sódio via foliar.....	19
Figura 15. Diâmetro das raízes de rabanete em função das doses de octaborato de sódio via foliar.....	19

PRODUÇÃO DE RABANETE COM APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES CRESCENTES DE BORO

RESUMO

A cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) se caracteriza como a cultura de ciclo mais curto dentre as hortaliças, sendo tolerante ao frio e geada leve e a baixas temperaturas, sendo que dias curtos favorecem o melhor desenvolvimento das raízes tuberosas. O trabalho foi realizado no Centro Experimental da Universidade do Brasil, Campus de Descalvado-SP, em Latossolo Vermelho Amarelo, textura média. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, em que foram avaliados 5 tratamentos (1 testemunha e 4 doses de boro) com 5 repetições, totalizando 25 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por três linhas com 1m de comprimento cada, com espaçamento de 20cm entre linhas de plantio, totalizando uma área de 0,6m². Os tratamentos estudados foram: 0; 0,25; 0,50; 1,0 e 2,0 L ha⁻¹, utilizando-se o octaborato de sódio como fonte do micronutriente, com aplicação foliar. Foi realizada a aplicação de calcário (1,8 t ha⁻¹; 180g m⁻²) para elevar a saturação por bases (V) a 80%, a qual foi realizada a lanço e incorporação com enxada, 60 dias antes da adubação de plantio. A adubação com NPK no plantio (1,3 t ha⁻¹ da fórmula 4-14-8; 130 g m⁻²) foi aplicada a lanço e incorporada com enxada, 10 dias antes do plantio, segundo recomendação para a cultura e em função do resultado da análise química do solo. Para a adubação de cobertura foi utilizada a fórmula NPK 20-0-20 (300 kg ha⁻¹; 30 g m⁻²), dividida em três aplicações (7, 14 e 21 dias após a germinação), aplicando-se 100 kg ha⁻¹ (10 g m⁻²) por vez. A aplicação foliar das diferentes doses do octaborato de sódio foi realizada aos 10 e 20 dias após germinação do rabanete (4 a 6 dias após a semeadura). A colheita foi realizada aos 31 dias após o plantio, coletando-se as raízes da linha central de cada parcela, avaliando-se o diâmetro e o peso médio das raízes. Foi observado efeito linear decrescente para peso e diâmetro das raízes de rabanete em função da aplicação foliar de boro na fonte de octaborato de sódio, fato que provavelmente se deve ao teor de boro que o solo já apresentava (0,28 mg dm⁻³), o qual é considerado médio, e aos altos teores de M.O. (36 g dm⁻³), P (201 mg dm⁻³) e Ca (26 mmolc dm⁻³) no solo,

podendo resultar em interação negativa entre os nutrientes e, desta forma, prejudicar a formação e o desenvolvimento das raízes da cultura.

Palavras-Chave: Micronutrientes; Octaborato de sodio; *Raphanus sativus*.

RADISH PRODUCTION WITH FOLIAR APPLICATION OF BORON INCREASING DOSES

ABSTRACT

The culture of radish (*Raphanus sativus* L.) is characterized as the shortest cycle culture among greenery, being tolerant to cold and light Frost and low temperatures and short days promote better development of Tuberous roots. The work was performed at the Experimental Centre of the University of Brazil, Campus of Descalvado-SP, in Red Yellow Latosol, Middle texture. The experiment was conducted in experimental design of randomized blocks, they were assessed 5 treatments (1 and 4 doses of boron) with 5 repetitions, totaling 25 experimental units. Each experimental unit was composed of three rows with 1m long each, with 20cm spacing between rows of planting, totaling an area of 0.6m². The treatments studied were: 0; 0.25; 0.50; 1.0 and 2.0 L ha⁻¹, using sodium octaborato as a source of micronutrient foliar application with. The application of lime (1.8 t ha⁻¹; 180g m⁻²) to raise the saturation by bases (V) 80%, which was held to throw and merger with hoe, 60 days prior to planting fertilizing. The fertilization with NPK in planting (1.3 t ha⁻¹ 4-14-8 formula; 130 g m⁻²) was applied to flight and incorporated with hoe, 10 days before planting, according to recommendation on culture and on the basis of the result of the chemical analysis of the soil. For fertilizing of NPK formula was used coverage 20-0-20 (300 kg ha⁻¹; 30 g m⁻²), divided into three applications (7, 14 and 21 days after germination), 100 kg ha⁻¹ (10 g m⁻²) at a time. Foliar application of different doses of sodium octaborato was held to 10 and 20 days after germination of radish (4 to 6 days after sowing). The harvest was carried out at 31 days after planting, collecting the roots of central line of each instalment, evaluating the diameter and the average weight of the roots. Linear effect was observed descending to weight and diameter of the roots of radish in function of the foliar application of boron in sodium octaborato, which probably is due to the boron content of the soil already presented (0.28 mg dm⁻³), which is considered medium, and the high levels of M.O. (36 g dm⁻³), P (201 mg dm⁻³) and Ca (26 mmolc dm⁻³) in soil and may result in negative interaction between nutrients and, thus, adversely affect the formation and development of the roots of culture.

Keywords: Micronutrients; Sodium Octaborato; *Raphanus sativus*.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) 2008 apresenta destaque entre os olericultores, principalmente por apresentar características atraentes, como ciclo curto e rusticidade, sendo a colheita realizada de 25 a 35 dias após a semeadura (FILGUEIRA, 2008). É produzida principalmente por pequenos e médios olericultores, localizados nos cinturões verdes das grandes cidades (OLIVEIRA et al., 2010), sendo, no entanto, sua produção mais expressiva no Brasil (PULITI et al., 2009).

De acordo com Silva et al. (2012), o produto comercializável fica localizado na camada sub superficial e, dessa forma, o rendimento do rabanete pode ser influenciado diretamente pelas condições físico-hídricas do solo. Por ser uma cultura sensível à redução da água disponível no solo, a quantificação adequada do nível crítico de água passível de utilização pela cultura é de extrema importância.

Por isso, o déficit hídrico no solo é considerado um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento da planta, podendo ser agravado pelas mudanças climáticas globais (ALISHAH & AHMADIKHAH, 2009). E quando as mesmas estão sujeitas à restrição hídrica no solo, segundo Taiz & Zeiger (2009), criam linhas de defesa a esse fator estressante, como inibição da expansão foliar e do sistema radicular, fechamento estomático e aceleração da senescência e abscisão das folhas.

A prática da adubação mineral com micronutrientes resulta em incrementos de produtividade das culturas implantadas em diversos solos brasileiros (AZEVEDO et al., 2000), sendo que o B é o micronutriente que normalmente os vegetais apresentam maior deficiência (WEIR & CRESSWELL, 1993).

As plantas requerem, durante o seu desenvolvimento, um baixo, mas contínuo suprimento desse elemento. A deficiência de B nos solos tem provocado grandes perdas de produtividade em algumas culturas brasileiras. Entretanto, a maioria das adubações com esse micronutriente é realizada somente em solos onde já foi constatada sua deficiência, não levando em consideração o teor inicial de B no solo para se fazer uma recomendação correta (MARIANO et al., 2000).

Por ser um elemento praticamente imóvel na planta (exceto naquela que produzem polióis), quando as plantas apresentam sintomas de deficiência deste elemento, uma opção é a realização de adubação foliar com o objetivo de complementação da adubação realizada via solo.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de boro via foliar, utilizando o octoborato de sódio como fonte, na cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.), através da avaliação do diâmetro e do peso das raízes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultura do Rabanete (*Raphanus sativus* L.)

O rabanete é uma planta pertencente à família Brassicaceae, tal como são também o agrião, o repolho, o nabo, a mostarda, a rúcula, a couve-flor, entre outras espécies, sendo originária da região mediterrânea. É a cultura olerácea de ciclo mais rápido, pois a colheita se inicia aos 25-35 dias da semeadura direta. Os rabanetes não devem ultrapassar o estágio apropriado. As plantas inteiras são lavadas e atadas em maços para comercialização (FILGUERA, 2007).

A melhor época para o plantio corresponde a outono e inverno, tolerando bem o frio e as geadas leves. A formação de raiz é ótima quando as temperaturas são baixas, os dias são curtos e o pH do solo está entre 5,5 a 6,8 (FILGUEIRA, 2008). A sua raiz globular é comestível, de cor vermelha e sabor picante. Apresenta propriedades medicinais, como expectorante natural e estimulante do sistema digestivo, contendo vitaminas A, C, B1, B2, B6, ácido fólico, potássio, cálcio, fósforo e enxofre, elevada quantidade de fibras alimentares, atividade antioxidante e baixa quantidade de calorias (CAMARGO et al., 2007).

O rabanete é uma das hortaliças de cultivo mais antigo que se tem notícia. Há registros de que ele tenha sido cultivado há mais de três mil anos. Quanto à sua origem, existem controvérsias. Há autores que o consideram proveniente da China, enquanto outros, originário do oeste asiático ou sul da Europa. Mas o que parece certo é que já era cultivado no antigo Egito, onde até suas folhas eram consumidas (MINAMI & TESSARIOLI NETTO, 1997).

Sua composição nutricional, segundo Luengo et al. (2000), em 100 gramas de raiz *in natura* é: 15,9 calorias, 96,20% de água, 30 g de vitamina B1 (tiamina), 30 g de vitamina B2 (riboflavina), 0,30 g de vitamina B3 (niacina), 18,3 mg de vitamina C (ácido ascórbico), 0,50 mg de cobre, 10 mg de magnésio, 3,70 mg de zinco, 382,9 mg de potássio, 86,50 mg de sódio, 138 mg de cálcio, 1,71 mg de ferro e 64 mg de fósforo.

A faixa de pH de 5,5 a 6,8 é a mais favorável para a cultura do rabanete, se desenvolvendo melhor em solos leves e profundos. Os solos férteis dispensam adubação (FILGUEIRA, 2008).

Segundo Filgueira (2008), o rabanete não é uma hortaliça de alta exigência nutricional. Porém, Costa et al. (2006) afirmam que, por ser uma cultura de ciclo curto, o ambiente exerce grande interferência na qualidade das raízes.

Esta cultura se adapta melhor ao plantio em locais com incidência de temperaturas baixas, tolerando bem o frio e geadas leves, com desenvolvimento melhor em dias curtos (SOUZA & REZENDE, 2014).

3.2. Absorção e Translocação de Boro

Redistribuição é o processo de translocação secundário de minerais para fora do lugar de deposição, para onde eles foram carregados pelo movimento de água ao longo do xilema. A distribuição primária ocorre principalmente através do xilema, enquanto o processo secundário de redistribuição está ligado ao transporte de produtos assimilados através do floema (van GOOR & van LUNE, 1980).

Segundo Brown & Hu (1993), a absorção de B é um processo não metabólico e é controlado pela formação de complexos de B não trocáveis no citoplasma e parede celular. A hipótese de absorção passiva de B é suportada pela difusão do ácido bórico sem carga através da bicamada lipídica da membrana, com a permeabilidade da membrana sendo principalmente determinada pelo caráter lipofílico do ácido bórico.

Outros mecanismos de transporte transmembrana podem estar envolvidos na absorção de B, o que poderia explicar a ocorrência de vários passos do fracionamento de isótopos de B encontrado por Marentes et al. (1997), pela diferente discriminação entre isótopos para o transporte transmembrana. Este transporte pode ocorrer pela entrada facilitada do ácido bórico através de canais iônicos e, em baixo suprimento de B, através de transportadores dependentes de energia (DORDAS & BROWN, 2000).

3.3. Importância do Boro na Nutrição de Plantas

Na literatura mundial, o boro é bastante importante para as plantas, pois atua como um micronutriente essencial para seu crescimento e desenvolvimento, exercendo um importante papel na síntese de parede celular, nas atividades dos tecidos meristemáticos, na diferenciação dos tecidos vegetais, na divisão celular, na translocação dos açúcares e no desenvolvimento dos frutos (HU & BROWN, 1997).

O B é o micronutriente mais móvel no solo, sendo facilmente lixiviado. Do teor de B presente no solo, somente o B solúvel em água é considerado disponível para as plantas (SUN et.al.;1998).

Entre os micronutrientes, aqueles que mais afetam o desenvolvimento das culturas nos solos das regiões tropicais, quando em níveis deficientes, são o zinco e o boro, os quais, assim como os demais micronutrientes, podem perfeitamente ser fornecidos via pulverização foliar, desde que de forma preventiva (FAQUIN, 1994).

Segundo Weir & Cresswell (1993), o boro é o micronutriente que normalmente os vegetais apresentam deficiência. As plantas requerem durante o seu desenvolvimento um baixo, mas contínuo, suprimento desse elemento. As deficiências frequentemente iniciam após um período em condições de elevada umidade, seguida de diminuição da mesma. Nessas condições, os sintomas podem aparecer repentinamente.

O boro tem a função de facilitar o transporte de açúcares através das membranas. Participa também na síntese da base nitrogenada uracila, sendo esta base precursora da uridina difosfato glicose (UDPG), coenzima essencial para a síntese da sacarose. A uracila é uma base nitrogenada componente do ácido ribonucleico (RNA), sendo que, quando uma planta apresenta deficiência de boro, síntese do ácido nucleico é afetada e, conseqüentemente, a síntese de proteínas também (FAQUIN, 1994).

As maiores quantidades de B estão concentradas em regiões que já foram oceanos e em sedimentos marinhos argiláceos, portanto a quantidade de B pode servir como indicador de paleossalinidade (KABATA-PENDIAS, 2011). O B é muito reativo para ocorrer no seu estado livre. Contudo, pode-se encontrar combinado em diversos minerais, tais como a colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), a ulexita ($\text{CaNaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), o boráx ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e a boracita ($\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$), além de também ser encontrado na forma de ácido bórico (H_3BO_3) (BOARETTO, 2006).

Os principais fatores que interferem na disponibilidade do B presente no solo para as plantas, segundo Goldberg (1997), são: a) o pH da solução do solo, sendo que quanto maior o seu valor, menor é a disponibilidade do B para as plantas; b) a textura do solo, com menor disponibilidade deste nutriente quanto mais arenoso for o solo; c) a umidade do solo, pois a disponibilidade de B geralmente diminui com a redução da umidade do solo; d) a temperatura, com aumento na adsorção de B em função do aumento da temperatura, sendo que isso pode ser devido à interação entre o efeito da temperatura com a umidade do solo; e) a matéria orgânica, sendo que a disponibilidade de B para as plantas aumenta quanto maior a quantidade de matéria orgânica.

O B é o único nutriente que satisfaz apenas o critério indireto de essencialidade, sendo que ainda não foi demonstrada a participação do B na constituição de enzimas e nem como ativador enzimático. No entanto, este micronutriente está relacionado a uma série de processos fisiológicos das plantas tais como: transporte de açúcar, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, respiração, metabolismos de carboidratos, metabolismos de RNA, metabolismos de ácido indolacético, metabolismos de compostos fenólicos, metabolismo de ascorbato, fixação de nitrogênio, e diminuição da toxidez de alumínio. Entretanto, pode ser que alguns dos efeitos nos processos fisiológicos em que a ausência de B esteja relacionada não ocorram de forma direta e sim sejam efeitos secundários ou “efeitos cascatas” (MARSCHNER, 2012). Existem inúmeros compostos biológicos, no citoplasma ou na parede celular, que podem formar complexos de B (ácido bórico) com alguns açúcares, fenóis, ácidos orgânicos e polímeros (DEMBITSKY et al., 2002). Match (1997) constatou que o B pode ocorrer nas plantas superiores tanto em formas solúveis em água (localizado na região apoplástica na forma de ácido bórico) quanto em forma em formas insolúveis.

3.4. Aplicação Foliar de Boro e Tempo de Absorção

A aplicação foliar consiste no suprimento de nutrientes por pulverização nas partes aéreas das plantas, principalmente nas folhas. Quando o nutriente é depositado na folha pode ocorrer absorção. Tal como a absorção radicular, a foliar também apresenta duas fases bem distintas que é absorção passiva e absorção ativa. Na primeira, o nutriente entra na planta por meio de difusão, não ocorrendo gasto de

energia. Na segunda, o nutriente penetra no simplasto e se movimenta com gasto de energia. Este fenômeno ocorre geralmente em horas, enquanto a primeira fase, a passiva, é rápida, podendo ser completada em minutos (MALAVOLTA et al., 1997).

Francois (1986), estudando o efeito de concentrações de boro na água de irrigação em rabanete, verificou que concentrações superiores a 1 mg L^{-1} de boro reduziram em 22 e 29% a produção de raízes e da parte aérea, respectivamente. Na beterraba, a maior produtividade e qualidade, segundo Gupta & Cutcliffe (1985), ocorreu com a dose de 2 kg ha^{-1} de B, aplicado no solo. Estes autores relatam ainda que essa dose promoveu o teor foliar adequado ($50\text{-}100 \text{ mg kg}^{-1}$) para o desenvolvimento da beterraba. O aumento da concentração de boro cria um gradiente excessivo no teor do micronutriente, que pode promover toxicidade (SHELP et al., 1995).

O efeito da aplicação foliar e no solo com boro no crescimento e na produção e qualidade das plantas de tomate foi estudado por Davis et al. (2003). Estes autores verificaram que a aplicação foliar incrementou a produção de frutos, sugerindo que o boro foi translocado no floema das plantas de tomate e as plantas nas quais foi fornecido o B pela aplicação foliar apresentaram maior acúmulo de boro em relação aos tratamentos que não receberam, indicando que este elemento foi translocado das folhas para os frutos.

De uma maneira geral, a prática da adubação foliar tem-se desenvolvido rapidamente no Brasil nos últimos anos na agricultura, admitindo-se que esta seja realizada para corrigir deficiências, durante todo o ciclo da cultura e suplementar a adubação de solo no estágio reprodutivo das plantas (MARSCHNER, 2012).

Além da concentração do boro a ser aplicado via foliar, o tempo de absorção também poderá afetar a eficiência da adubação foliar, garantindo ao produtor que a absorção do nutriente ocorra em menor espaço de tempo possível. Isto é importante, pois no caso da ocorrência de precipitação momentos antes da absorção do nutriente, eficiência de adubação foliar fica comprometida (BOARETTO et al., 2003).

3.5. Transporte e Mobilidade do Boro nas Plantas

O movimento do B nas plantas ocorre pelo xilema, sendo predominantemente transportado via fluxo de transpiração, a qual é afetada, principalmente, pela

temperatura e intensidade luminosa, pelo conteúdo de água no solo e pela umidade relativa (ASAD et al., 2003).

O transporte do boro no xilema das raízes envolve processos passivos e ativos que regulam o seu movimento por membranas, enquanto sua distribuição em nível celular depende de extensões que permitem a passagem do transporte ativo e passivo e formação de cisdiol. Em geral, o B é considerado imóvel nas plantas, entretanto, estudos realizados, principalmente a partir da década de 80, demonstraram que esta afirmativa não deve ser generalizada, pois se sabe que este micronutriente é móvel em algumas espécies de plantas, tais como macieira, ameixeira (BROWN & HU, 1994) e brócolis (SHELP, 1988)

Tem-se observado, durante anos, que plantas com quantidades adequadas de B têm a concentração deste elemento reduzida das folhas velhas para as folhas jovens. Além disso, sintomas de deficiência de B ocorrem em tecidos meristemáticos, enquanto sintomas de toxicidade do nutriente ocorrem primeiro nas margens das folhas mais velhas (SHELP et al., 1995; MARSCHNER, 2012). Estas observações são a base da classificação histórica de B como um elemento imóvel (ZIMMERMANN, 1960; EPSTEIN, 1973).

Conforme relatado anteriormente, o B, assim como os demais micronutrientes, é indispensável para as plantas, pois têm efeito direto na formação de novos tecidos e na produtividade, sendo importante o conhecimento da redistribuição que ocorre dentro da planta e a variação entre as espécies (van GOOR & van LUNE, 1980). O conhecimento da mobilidade dos nutrientes na planta favorece a escolha do tipo de manejo que será adotado na correção ou prevenção da deficiência. Quando o nutriente é imóvel na planta, torna-se necessário o fornecimento frequente do nutriente para atender as exigências dos novos órgãos em formação. Deste modo, as aplicações foliares do B deverão promover melhor resultado na produção nas cultivares que tenham maior mobilidade do nutriente.

Por outro lado, plantas em que o B é imóvel a aplicação mais viável seria via raiz que iria fornecer o nutriente continuamente por todo o ciclo da planta.

A absorção, o transporte e a redistribuição de nutrientes pelos vegetais são processos distintos. O primeiro, diz respeito à passagem do nutriente do meio externo da planta, para o espaço intercelular ou qualquer outra parte da célula. O transporte é o movimento do nutriente no órgão de absorção ou para outro órgão da planta. A redistribuição refere-se ao movimento do nutriente do local onde foi depositado, pelo

movimento da água no xilema (ou onde foi depositado pela adubação foliar), para outros órgãos da planta, processo que se dá pelo floema (MALAVOLTA et al., 1997).

O mecanismo de absorção do boro e os fatores que governam a distribuição do boro nas plantas são pouco conhecidos. Há evidências de que a absorção do boro é passiva (BROWN & HU, 1994; HU & BROWN, 1997).

Entretanto, algumas espécies diferem significativamente na absorção do boro quando conduzidas sob as mesmas condições ambientais. Brown & Jones (1971), estudando a absorção do boro em duas cultivares de tomate, T3238 que é suscetível à deficiência de B e cv. Rutgers tolerante a deficiência de B, encontraram que a cv. Rutgers foi 15 vezes mais eficiente na absorção que a cv. T3238. Entretanto, as raízes de T3238 acumularam mais boro comparado a Rutgers. Os autores concluíram que a T3238 apresenta baixo transporte de B das raízes para os brotos novos. Além disso, quando as plantas foram transferidas de uma situação de suprimento adequado de B para um inadequado, foram observados alguns sintomas de deficiência em um intervalo de 48 horas.

A utilização de isótopos tem sido uma técnica muito útil nas pesquisas sobre mobilidade de nutrientes nos vegetais. Grande parte das pesquisas sobre a absorção e mobilidade de micronutrientes tem sido realizada com o auxílio de isótopos radioativos. Entretanto, para o B não existe um isótopo radioativo com meia vida suficientemente longa que possibilite estas pesquisas. Para os estudos de mobilidade de nutrientes, é necessário usar uma metodologia que possibilite distinguir se o nutriente presente nas partes novas da planta é oriundo de partes já existentes, ou se ele foi absorvido pelas raízes ou folhas. Com o desenvolvimento do ICP-MS tornou-se possível quantificar os isótopos estáveis de B (^{10}B e ^{11}B), o que possibilitou os estudos de mobilidade de B nos vegetais, utilizando-se compostos enriquecidos em ^{10}B (BOARETTO, 2006).

Enquanto há poucas dúvidas sobre o movimento do B transportado pelos vasos do xilema para os locais de maiores perdas de água, há muitas dúvidas sobre a redistribuição do B, que ocorre pelo floema. As espécies vegetais diferem intensamente quanto à mobilidade de B, podendo classificá-las em espécies em que a redistribuição do micronutriente é restrita e espécies em que o B é altamente móvel (BROWN & SHELP, 1997).

A redistribuição de B nas plantas de tomate e beterraba foi pouco estudada até o momento. Esta distribuição de nutrientes pode ser explicada em termos de

retranslocação, que tem sido associada de várias maneiras: na taxa de concentração em partes jovens para velhas, frutos e folhas e em exsudado de floema e xilema; aplicação foliar de isótopos (SHELP, 1993). Alguns trabalhos relatam que a retranslocação do boro está relacionada com o decréscimo da concentração do boro em folhas maduras como é o caso em brócolis (SHELP, 1988). Bellaloui & Brown (1998), estudando a distribuição do boro em duas cultivares de tomate, cv. Brittle suscetível a deficiência de B e cv. Rutgers tolerante a deficiência de B, verificaram que a cv. Brittle apresentou maior restrição na translocação do ^{10}B em relação a cv. Rutgers.

A redistribuição de B ocorre nas espécies que produzem poliois, pois formam complexos poliol-B-poliol nos tecidos fotossintéticos e estes são transportados pelo floema até os drenos ativos, como meristemas vegetativos e reprodutivos (BROWN & HU, 1994; HU & BROWN, 1997). Os poliois são açúcares simples, como o sorbitol, manitol e dulcitol, e estão presentes em alguns vegetais, como determinado por Zimmermann & Ziegler (1975).

Para atender as exigências das plantas, o boro tem sido suplementado continuamente durante a vida da planta, especialmente através das raízes. Entretanto, ultimamente as aplicações foliares têm sido muito divulgadas. Por esta razão, o conhecimento da fisiologia especialmente referente a absorção e mobilidade deste nutriente é essencial para garantir a máxima eficiência das práticas de adubação.

Tendo em vista o exposto, fica evidente a importância do boro nas hortaliças e a carência de pesquisas sobre o assunto referente a sua mobilidade na planta, podendo-se inferir que o conhecimento da dinâmica do boro, nestas culturas, pode traduzir-se em benefícios para o manejo eficiente da adubação boratada e, conseqüentemente, em maior produção e qualidade dos produtos agrícolas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro Experimental da Universidade Brasil, Campus Descalvado-SP, no período de dezembro de 2015 a abril de 2016, em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, textura média.

Foram coletadas 20 amostras simples na área, as quais foram homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta, a qual foi encaminhada para laboratório para a realização de análises físicas e químicas, sendo que os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 1 a 3.

Tabela 1. Análise granulométrica de amostras de solo (0-20 cm) coletada na área em que o experimento foi conduzido.

Argila	Silte	Areia			Classe textural
		Fina	Grossa	Total	
----- % -----					
17	8	42	33	75	Franco arenosa

Tabela 2. Análise de fertilidade da amostra de solo (0-20 cm) coletada na área em que o experimento foi conduzido.

pH	M.O.	P _{res.}	S	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----							%
5,1	36	201	14	1,7	26	9	25	36,8	61,9	60

Tabela 3. Análise de micronutrientes da amostra de solo (0-20 cm) coletada na área em que o experimento foi conduzido.

B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg dm ⁻³ -----				
0,28	2,5	106	5,8	6,8

O delineamento experimental foi efetuado em blocos ao acaso, com cinco tratamentos (doses de boro via foliar) e cinco repetições, totalizando 25 unidades experimentais (parcelas), cada uma constituída por 3 linhas com espaçamento de 20 cm e 1,0 m de comprimento (0,6 m²).

As doses de boro testadas foram: 0; 125; 500; 1000 e 2000 mL ha⁻¹ utilizando-se o octaborato de sódio como fonte para aplicação foliar. A planta teste utilizada foi o rabanete Crimson Gigante, com espaçamento de 8 cm entre plantas.

Após o preparo do solo (Figuras 1 e 2), cada parcela recebeu 180 g de calcário ($1,8 \text{ t ha}^{-1}$) com o objetivo de elevar a saturação por bases a 80%, o qual foi aplicado a lanço e incorporado com o auxílio de uma enxada.



Figura 1. Preparo do solo.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 2. Preparo do solo.
Fonte: Arquivo pessoal

Após 60 dias da aplicação de calcário, foi realizada a adubação de plantio (Figura 3), com aplicação de 130 g m^{-2} ($1,3 \text{ t ha}^{-1}$) da fórmula NPK 4-14-8, sendo o plantio realizado 10 dias após adubação de plantio, utilizando-se sementes do rabanete variedade Grimson Gigante a 1 cm de profundidade.



Figura 3. Adubação de plantio.
Fonte: Arquivo pessoal

Assim que as plantas atingiram 5 cm de altura, foi realizado o desbaste, deixando-se as mais vigorosas, mantendo-se uma distância de 8 cm entre plantas.

Irrigação foi efetuada todos os dias 2 vezes ao dia desde o plantio até a colheita.

As adubações de cobertura foram realizadas aos 7 (Figura 4), 14 (Figura 5) e 21 dias após a germinação (Figura 6), com adição de 10 g m^{-2} (100 kg ha^{-1}) do formulado NPK 20-0-20 em cada uma das aplicações, segundo recomendação de van Raij et al. (1996).

As aplicações foliares com o octaborato de sódio foram realizadas aos 10 e 20 dias após a germinação do rabanete, com a aplicação das diferentes doses conforme os tratamentos testados, utilizando-se um pulverizador de alta pressão (Figuras 7 e 8).



Figura 4. Vista geral do experimento 7 dias após a germinação, quando foi realizada a aplicação da primeira dose da adubação de cobertura.

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 5. Vista geral do experimento 14 dias após a germinação, quando foi realizada a aplicação da segunda dose da adubação de cobertura.

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 6. Vista geral do experimento 21 dias após a germinação, quando foi realizada a aplicação da terceira dose da adubação de cobertura.

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 7. Experimento aos 10 dias após a germinação para aplicação de octaborato de sodio

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 8. Experimento aos 20 dias após a germinação para 2ª aplicação de octaborato de sodio
Fonte: Arquivo pessoal

Os tratos culturais (limpeza do local e monda) foram realizados manualmente conforme a necessidade.

Aos 31 dias após a germinação (Figura 9) realizou-se a colheita dos rabanetes na linha central de cada parcela, os quais foram acondicionados em sacos de polietileno devidamente identificados conforme o tratamento e repetição (Figura 10). Em seguida, foram encaminhados para o laboratório, onde foi retirada a ponta da raiz e a parte aérea das plantas (Figura 11) para a obtenção dos dados de peso (Figura 12) e diâmetro (Figura 13) das raízes do rabanete.



Figura 9. Vista geral do experimento 31 dias após a germinação, momento em que foi realizada a colheita das raízes do rabanete.

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 10. Rabanetes colhidos, separados em sacos de polietileno devidamente identificados de acordo com os tratamentos e repetições, encaminhados para o laboratório para obtenção de dados.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 11. Retirada da ponta da raiz e da parte aérea das plantas.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 12. Obtenção do peso do rabanete em balança digital.
Fonte: Arquivo pessoal

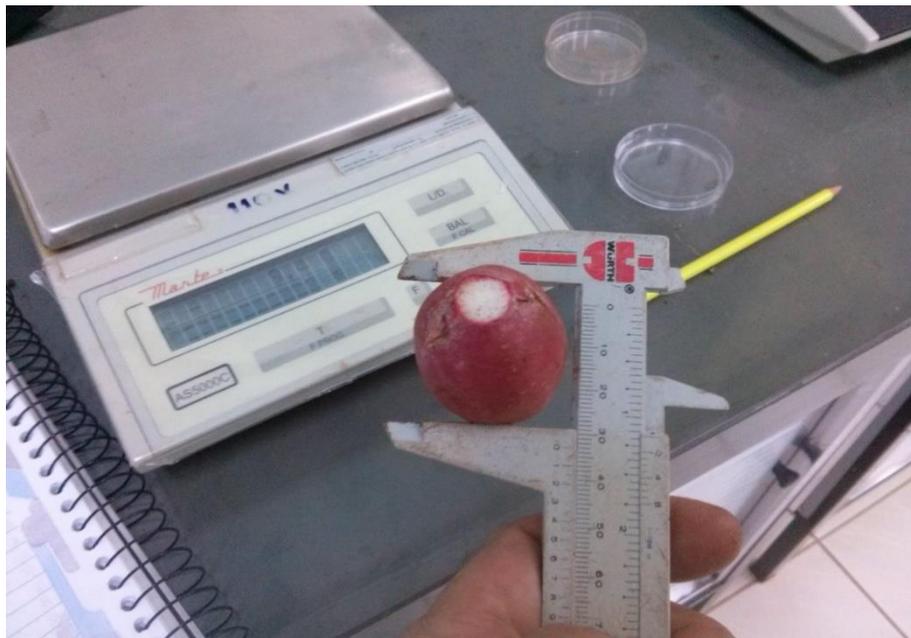


Figura 13. Obtenção da medida do diâmetro do rabanete com auxílio de paquímetro.
Fonte: Arquivo pessoal

Os dados foram submetidos à análise de variância da regressão, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do software ASSISTAT versão 7.7pt (SILVA & AZEVEDO, 2016)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios e a análise de regressão das variáveis peso e diâmetro de raízes de rabanete, submetidas a doses crescentes de B, em aplicação foliar na fonte de octaborato de sódio.

Tabela 4. Valores médios e análise de regressão de variáveis submetidas a diferentes doses de octaborato de sódio via foliar na cultura do rabanete.

Doses de B ⁽¹⁾ ----- L ha ⁻¹ -----	Peso de raiz		Diâmetro de raiz	
	----- g -----	----- % -----	----- cm -----	----- % -----
0,00	26,22	-	2,97	-
0,25	26,17	-0,2	2,90	-2,4
0,50	24,55	-6,4	2,80	-5,7
1,00	23,86	-9,0	2,77	-6,7
2,00	21,15	-19,3	2,61	-12,1
Regressão linear	6,2005 *		7,8946 *	
Regressão quadrática	0,5508 ^{ns}		0,0998 ^{ns}	
CV (%)	14,50		7,63	

⁽¹⁾ Fonte octaborato de sódio

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F.

A aplicação foliar de boro (octaborato de sódio) na cultura do rabanete promoveu um efeito linear negativo sobre o peso da raiz, com redução de até 19,3% na comparação com o tratamento testemunha (sem aplicação de B via foliar) que foi de 26,22 g, como pode ser observado na Figura 14.

Resultados semelhantes foram obtidos por Francois (1986), no cultivo de rabanete em solo arenoso, com a aplicação de doses de 0,0; 3,0; 6,0; 10,0; 13,0; e 16,0 mg L⁻¹ de boro obtendo redução significativa (22%) na produção de raiz, com o aumento de dose de boro. Para cada unidade que aumentou o boro, acima de 1,0 mg L⁻¹, a produtividade diminuiu 1,4%.

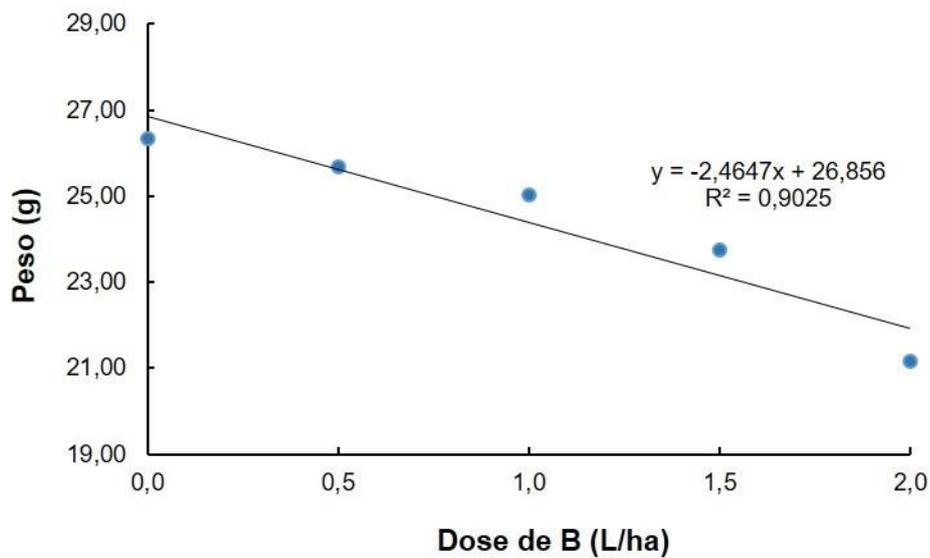


Figura 14. Peso das raízes de rabanete em função das doses de octaborato de sódio via foliar.

O mesmo comportamento foi observado para a variável diâmetro da raiz (Figura 15), com o menor valor (2,61cm) observado no tratamento com aplicação foliar de 2,00 L ha⁻¹ de octaborato de sódio, o qual apresentou decréscimo de 12,1% em relação a testemunha,(2,97 cm). Esses resultados corroboram com os obtidos por Francois (1986), o qual observou redução do diâmetro na raiz do rabanete com o aumento das doses de B aplicadas.

Tais resultados podem ser explicados pela excelente fertilidade do solo em que o experimento foi instalado.

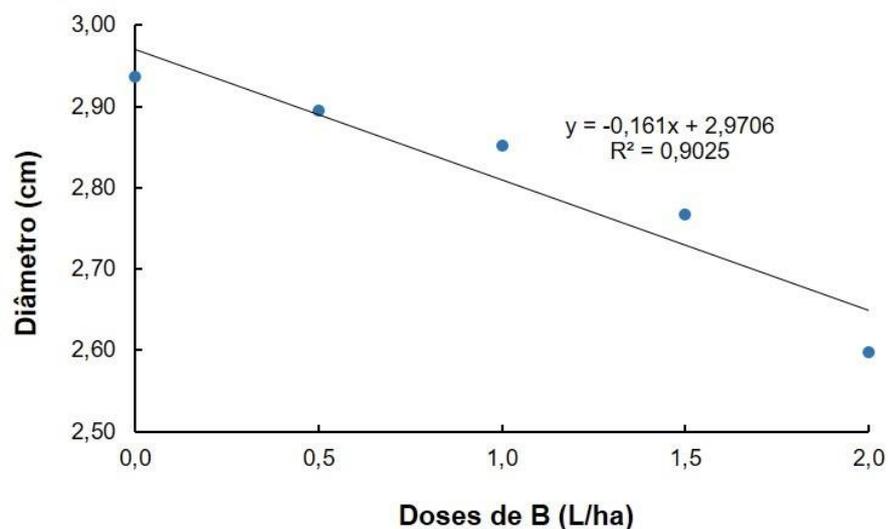


Figura 15. Diâmetro das raízes de rabanete em função das doses de octaborato de sódio via foliar.

Já Asad et al. (2003) mostraram, em seus estudos, que é possível obter um melhor desenvolvimento de plantas de girassol através do uso de pulverizações foliares com boro na fonte de tetraborato de sódio.

6. CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi conduzido, a aplicação foliar de doses elevadas de B na fonte de octaborato de sódio, na cultura do rabanete, não foi benéfico para o peso e diâmetro das raízes, com decréscimo dos valores em função do aumento da dose aplicada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

ALISHAH, O.; AHMADIKHAH, A. The effects of drought stress on improved cotton varieties in Golestan province of Iran. **International Journal of Plant Production**, v.3, n.1, p.17-25, 2009. Disponível em: http://ijpp.gau.ac.ir/article_628_7455f67e72376a6032d6e26cce885136.pdf. Acesso em: 09 mar. 2017.

ASAD, A.; BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G. Effects of Boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower. **Annals of Botany**, v.92, p.565-570, 2003.

AZEVEDO, W.R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E. Boro em rabanete cultivado em solos de várzea: produção de matéria seca, níveis críticos no solo e na planta. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.7-14, 2000.

BELLALOU, N.; BROWN, P.H. Cultivar differences in boron uptake and distribution in celery (*Apium graveolens*), tomato (*Lycopersicon esculentum*) and wheat (*Triticum aestivum*). **Plant and Soil**, v.198, p.153-158, 1998.

BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; BOARETTO, R.M. Absorção e translocação de micronutrientes, aplicado via foliar, pelos citros. **Laranja**, v.24, n.1, p.177-197, 2003.

BOARETTO, R.M. **Boro (¹⁰B) em laranjeira: absorção e mobilidade**. 2006. 120f. Tese (Doutorado em Ciências), Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64132/tde.../TeseRodrigoMBoaretto.pdf. Acesso em: 23 fev. 2017

BROWN J.C.; JONES W.E. Differential transport of boron in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Physiologia Plantarum**, v.25, n.2, p.279-282, 1971.

BROWN, P.H.; HU, H. Boron uptake in sunflower, squash and cultured tobacco cells: studies with stable isotope and ICP-MS. **Plant and Soil**, v.155, n.1, p.147-50, 1993.

BROWN, P.H.; HU, H. Boron uptake by sunflower, squash and cultured tobacco cells. **Physiologia Plantarum**, v.91, n.3, p.435-441, 1994.

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

CAMARGO, G.A.; CONSOLI, L.; LELLIS, I.C.S.; MIELI, J.; SASSAKI, E.K. Bebidas naturais de frutas: perspectivas de mercado, componentes funcionais e nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.1, n.2, p.179-205, 2007. Disponível em: <http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/22/24>. Acesso em: 10 fev. 2017.

COSTA, C.C.; OLIVEIRA, C.D.; SILVA, C.J.; TIMOSSI, P.C.; LEITE, I.C. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.1, p.118-122, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v24n1/a24v24n1.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2017.

DAVIS, J.M.; SANDERS, D.C.; NELSON, P.V.; LENGNICK, L; SPERRY, W.J. Boron improves growth, yield, quality, and nutrient content of tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 128, n.3, p.441-446, 2003. Disponível em: <http://journal.ashspublications.org/content/128/3/441.full.pdf+html>. Acesso em: 20 mar. 2017.

DEMBITSKY, V.M.; SMOUM, R.; AL-QUNTAR, A.A.; ALI, H.A.; PERGAMENT, I.; SREBNIK, M. Natural occurrence of boron-containing compounds in plants, algae and microorganisms. **Plant Science**, v.163, n.5, p.931-942, 2002.

DORDAS, C.; BROWN, P.H. Permeability of boric acid across lipid bilayers and factors affecting it. **The Journal of Membrane Biology**, v.175, n.2, p.95-105, 2000. Disponível em: <http://download.springer.com/static/pdf/858/art%253A10.1007%252Fs002320001058.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs002320001058&token2=exp=1496086422~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F858%2Fart%25253A10.1007%25252Fs002320001058.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs002320001058~-hmac=f8867ad5a213c7668f6c6f746ef3e6dadbd1334195721220b1672cbdd8f147f71>. Acesso em: 22 abr. 2017

EPSTEIN, E. Flow in the phloem and the immobility of calcium and boron: a new concept in support of an old one. **Experimentia**, v.29, n,1, p.133-134, 1973.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1994. 227p.

FILGUERA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa:3ed. Ed. UFV,421p.,2007

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FRANCOIS, L.E. Effect of excess boro on broccoli, cauliflower, and radish. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.111, n.4, p.494-498, 1986.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, v.193, n.1, p.35-48, 1997.

GUPTA, U.C.; CUTCLIFFE, J.A. Boron nutrition of carrots and table beets grown in a boron deficient soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.16, n.5, p.509-516, 1985.

HU, H.; BROWN P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, v.193, n.1, p.49-58, 1997.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 505p.

LUENGO, R.F.A.; PARMAGNANI, R.M.; PARENTE, M.R.; LIMA, M.F.B.F. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 4p.

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

MARENTES, E.; VANDERPOOL, R.A.; SHELP, B.J. Boron-isotope fractionation in plants. **Canadian Journal of Plant Science**, v.77, n.4, p.627-629, 1997. Disponível em: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/P97-010>. Acesso em: 20 fev. 2017.

MARIANO, E.D.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; ANDRADE, A.T.; MARIANO, I.O.S. Níveis críticos de boro em solos de várzea para o cultivo do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p.1637-1644, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n8/v35n8a17.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2017.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. Australia: Academic Press, 2012. 651p.

MATOH, T. Boron in plant cell walls. **Plant and Soil**, v.193, n.1, p.59-70, 1997.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETTO, J. **Rabanete: cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argilosos**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 27p. (Série Produtor Rural, 4). Disponível em: <http://www4.esalq.usp.br/biblioteca/sites/www4.esalq.usp.br/biblioteca/files/publicacoes-a-venda/pdf/4.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017.

OLIVEIRA, F.R.A.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; SOUSA, V.F.L.; FREIRE, A.G. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.4, p.519-526, 2010. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/726/475>. Acesso em: 12 fev. 2017.

PULITI, J.P.M.; REIS, H.B.; PAULINO, H.D.M.; RIBEIRO, T.C.M.; TEIXEIRA, M.Z.; CHAVES, A.S.; RIBEIRO, B.R.; MACIEIRA, G.A.A.; YURI, J.E. Comportamento da cultura do rabanete em função de fontes e doses de cálcio. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.3003-3008, 2009.

SHELP, B.J. Boron mobility and nutrition in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). **Annals of Botany**, v.61, n.1, p 83-91, 1988.

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

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

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

SILVA, R.T.; SOUZA, A.A.T.; OLIVEIRA, F.A.; TARGINO, I.S.O.; SILVA, M.L.N. Tolerância do rabanete ao encharcamento do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.1, p.25-33, 2012. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1162/1061>. Acesso em: 12 fev. 2017.

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 3.ed.atualizada. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014. 837p.

SUN, D. H.; WATERS, J K.; MAWHINNEY, T. P. Determination of total boron in soil by inductively coupled plasma atomic emissionspectrometry using microwave-assisted digestion. *Commun, Soil Sci. Plant Anal.*, 12(15-16): 2493, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820p.

van GOOR, B.J.; van LUNE, P. Redistribution of potassium, boron, iron, magnesium and calcium in apple trees determined by an indirect method. **Physiologia Plantarum**, v.48, n.1, p.21-26, 1980.

WEIR, R.G.; CRESSWELL, G.C. **Plant nutrient disorders 3: vegetable crops**. Sydney: Inkata Press, 1993. 105p.

ZIMMERMANN, M.H.; ZIEGLER, H List of sugars and sugar alcohols in sieve-tube exudates (Appendix III). In: ZIMMERMANN, M.H.; MILBURN, J.A. (Eds.) **Encyclopedia of plant physiology, volume 1: Transport in plants I - Phloem transport**. New York: Springer-Verlag, p.480-504, 1975.