



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CAMPUS IPAMERI
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal



**Nutrição com boro na soja em função de doses,
modos, épocas de aplicação e disponibilidade de
água no solo**

RENAN CESAR DIAS DA SILVA

MESTRADO

Ipameri - GO
2017

RENAN CESAR DIAS DA SILVA

**NUTRIÇÃO COM BORO NA SOJA EM FUNÇÃO DE DOSES, MODOS,
ÉPOCAS DE APLICAÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO.**

Orientador: Prof. Dr. Adilson Pelá

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

IPAMERI – GO
2017

SILVA, Renan Cesar Dias da.

Nutrição com boro na soja em função de doses, modos, épocas de aplicação e disponibilidade de água no solo. - 2017.

62 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Adilson Pelá.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri, 2017.

Bibliografia.

1. *Glycyne max.* 2. adubação boratada. 3. micronutrientes.

I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “NUTRIÇÃO COM BORO NA SOJA EM FUNÇÃO DE DOSES, MODOS, ÉPOCAS DE APLICAÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO”

AUTOR: Renan César Dias da Silva

ORIENTADOR: Adilson Pelá

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. ADILSON PELÁ
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Profª. Dra. MARIANA PINA DA SILVA BERTI
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Prof. Dr. CLEITON GREGSON SABIN BENETT
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 10 de fevereiro de 2017

Dedico a meus pais José (Zé Bete) e Joana Marlene (Nina), aos meus irmãos Wender José, Renato José, Getúlio Eder, Lincon Rafael e Lorena a minha Tia Cidalina, a Karyne Ferreira que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por toda a proteção, orientação e bênçãos..

A Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri e a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRP) pela oportunidade da formação acadêmica e apoio para realização desta dissertação e concessão de bolsa.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Adilson Pelá pela orientação, empenho e ajuda na elaboração deste trabalho.

Aos discentes de agronomia Caroline, Camila e em especial ao Geovani Soares (Dinjo), pela contribuição na realização desta dissertação, pela amizade e elaboração de outros projetos de pesquisa o meu muito obrigado.

Aos meus sobrinhos Gustavo, Túlio, Antonella e Getúlio Junior.

A todos os funcionários da Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri, em especial a Joseliana e Maria, o senhor Valdivino, Abadio, Reginaldo e Rosenildo que trabalham comigo todos os dias, obrigado pela amizade e ajuda.

Aos meus amigos Alex da Silva, João Ricardo Reis, Leandro Conchesci, Paulo Gustavo, Ranieri Martins, Raul Resende, Renato Araújo, Rogério Machado e Vagno Carneiro.

Aos Técnicos Agrícolas Rogério Rezende, João Emanuel, Gleidson Dutra por sempre contribuírem na minha formação e nunca terem deixado de serem meus amigos de profissão mesmo quando passei por momentos importunos dentro da profissão de Agrônomo.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	08
GENERAL ABSTRACT.....	09
INTRODUÇÃO GERAL	10
REFERENCIAS	13
CAPITULO 1. NUTRIÇÃO COM BORO NA SOJA EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO	
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	17
INTRODUÇÃO.....	18
OBJETIVOS.....	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
CAPITULO 2. DOSES, MODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE BORO NA SOJA EM CONDIÇÕES DE CAMPO	
RESUMO	39
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO.....	41
OBJETIVOS.....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
CONCLUSÃO GERAL	55
REFERÊNCIAS GERAIS.....	56

RESUMO GERAL

A soja é uma das culturas anuais mais exigentes em Boro (B). Porém o manejo da adubação com este micronutriente deve ser realizado com prudência, particularmente em relação às doses a serem aplicadas, pois o nível adequado e tóxico são próximos. Um fator que está diretamente relacionado com a quantidade absorvida de B pelas plantas é a disponibilidade de água do solo, sendo o B transportado até as raízes por fluxo de massa e interceptação radicular. Com o objetivo de avaliar os componentes da planta e da produção, a produtividade e a nutrição com boro na cultura da soja em função de doses, épocas, modo de aplicação e disponibilidade de água no solo foram implantados dois experimentos na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri. Em casa de vegetação estabeleceu o experimento com capacidade de retenção de água (CRA) e doses de boro, com delineamento experimental inteiramente casualizados (DIC), em arranjo fatorial 3 x 5, sendo o primeiro fator três capacidades de retenção de água no solo (50, 70, 90% CRA), o segundo fator cinco doses de ácido bórico (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mg dm³) e quatro repetições, em vasos de cinco dm³, com a variedade NS5909. As variáveis analisadas foram massa fresca e massa seca de parte aérea, acúmulo de boro na parte aérea, acúmulo de boro na raiz, acúmulo de boro total, número de vagens planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹, peso de 100 grãos e produtividade de grãos planta⁻¹. Outro experimento foi realizado a campo na fazenda experimental do Câmpus Ipameri, com delineamento em blocos ao acaso com nove tratamentos e quatro repetições. Foram testados doses, épocas e modos de aplicação. As doses foram 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kg ha⁻¹ de boro, em pulverização na dessecação das plantas daninhas antes da semeadura; 0,5 kg ha⁻¹ de boro junto ao adubo NPK 2-28-18 no sulco de semeadura; aplicação foliar com 0,3 kg ha⁻¹, em V4, aplicação foliar com 0,3 kg ha⁻¹, em R1, aplicação foliar de 0,15 kg ha⁻¹ em V4 mais 0,15 kg ha⁻¹ em R1 de boro. As variáveis analisadas foram teor de boro na folha e grãos, acúmulo de boro na planta na fase de pleno florescimento, número de vagens por plantas, número de grãos por vagem, peso de 100 grãos e produtividade. Para todos os tratamentos foram utilizados como fonte de boro ácido bórico. Com baixa disponibilidade de água na CRA de 50% as plantas não responderam a adubação boratada, CRA 70% o acúmulo de boro é crescente, massa seca de parte aérea e raiz, numero de vagem, número de grãos por vagem e massa100 grãos aumentaram ate as doses 0,7 e 1,0 mg dm⁻³, CRA 90% a soja responde de forma linear para massa seca parte aérea, raiz e acúmulo de boro. A aplicação de boro nas diferentes doses, épocas e modos não influenciaram a maioria dos componentes agrônômicos testados.

Palavras-Chave: *Glycine max*, adubação boratada, micronutriente, absorção, solo.

ABSTRACT

Soya is one of the most demanding annual crops in Boron (B). However, the management of the fertilization with this micronutrient should be carried out with prudence, particularly when related to the doses to be applied, because the appropriate and toxic level are close. A factor that is directly related to the amount of B absorbed by the plants is the availability of water in the soil, the B being transported to the roots by mass flow and root trapping. With the objective of evaluating the plant and production components, productivity and nutrition with boron in the soybean crop as a function of doses, times, mode of application and the availability of water in the soil, were implanted two experiments at the State University of Goiás, UEG Campus Ipameri. In a greenhouse, the experiment was carried out with a Water Retention Capacity (WRC) and boron doses, with a completely randomized experimental design (DIC), in a 3 x 5 factorial arrangement with three soil retention capacities (50, 70, 90% WRC), five doses of boric acid (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mg dm³) and four repetitions in 5 dm³ vessels, with the variety NS5909. The variables analyzed were fresh mass and shoot dry weight, boron accumulation in the aerial part, boron accumulation in the root, total boron accumulation, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains and productivity of grains per plant. Another experiment was carried out in the field at the Campus Ipameri experimental farm, with a randomized block design with 9 treatments and 4 replications. The doses were 0.0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 kg ha⁻¹, spraying on desiccation of weeds before sowing; 0.5 kg ha⁻¹ of B together with the 2-28-18 NPK fertilizer in the sowing furrow; Foliar application with 0.3 kg ha⁻¹, in V4, foliar application with 0.3 kg ha⁻¹, in R1, foliar application of 0.15 kg ha⁻¹ in V4 plus 0.15 kg ha⁻¹ in R1. The variables analyzed were boron content in leaf and grains, boron accumulation in the plant in the full flowering phase, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains and productivity. With the low availability of water in the WRC of 50% the plants did not respond to borated fertilization, WRC 70% boron accumulation is increasing, aerial and root dry mass, pod number, number of grains per pod and 100 grain mass increased up to the doses 0.7 and 1.0 mg dm⁻³, WRC 90%, the soybean responds linearly to dry shoot, root and boron accumulation. The application of boron in the different doses, times and modes did not influence most agronomic components tested.

Keywords: *Glycine max*, borated fertilization, micronutrient, absorption, soil.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) nos últimos anos foi uma das leguminosas mais plantada no mundo, pelo grande potencial que a soja detém em termos de derivados como farelo, óleo, pectina e outras utilizações industriais que suprem muitas das necessidades alimentares da população mundial, sendo uma das maiores fontes geradoras de empregos diretos e indiretos e renda nas exportações agrícolas de vários países como Brasil, tornando a soja um importante produto econômico no mundo.

Segundo o MAPA (2012), as exportações brasileiras de soja em grãos estão estimadas para 2021/2022 em 44,9 milhões de toneladas. Representariam um aumento de 10,8 milhões de toneladas em relação à quantidade exportada pelo Brasil em 2011/12. A taxa anual esperada para a exportação de soja em grãos é de 2,8%. A cultura da soja vem se destacando como fonte alternativa de produção de biodiesel. O somatório desses fatos e o aumento da oferta permitem que a cultura produza divisas econômicas entre os países produtores. É a grande responsável pelo aproveitamento de áreas inexploradas, principalmente de cerrados, contribuindo como fator de modernização da agricultura (NEVES, 2011).

A soja representa a maior área cultivada no Brasil, com aproximadamente 33 milhões de hectares superando as tradicionais culturas como o milho e a cana-de-açúcar. A área plantada da oleaginosa aumentou significativamente nas últimas décadas, sendo a principal responsável pelo crescimento da área plantada e expansão da fronteira agrícola (CONAB, 2016). Os fatores que afetam a produtividade da soja são principalmente o manejo químico do solo em termos de adubação com macro e micronutrientes, associado aos fatores climáticos que são limitantes na produtividade da soja.

A fase de maior demanda do boro são nos estádios reprodutivos R1 a R5, estas épocas a planta necessita de maior quantidade de boro. O modo de aplicação do boro via solo ou foliar influencia os componentes de produção da soja. A disponibilidade de água afeta a absorção de boro, sendo um dos principais meios de transporte do boro no solo o processo de fluxo de massa, plantas com estresse hídrico não possuem condições adequadas para suprir a demanda por boro. Com falta de água no solo o desenvolvimento radicular fica prejudicado e consequentemente a absorção de boro.

Entre os micronutrientes, o boro é um dos mais importantes para a soja, sendo comum a deficiência nessa cultura (FURLANI et al., 2001). A deficiência é constatada quando o teor foliar é inferior a 25 a 30 mg kg⁻¹, e a toxidez aparece para teores acima de 83 mg kg⁻¹, dependendo da cultivar e das condições do ambiente (FURLANI et al., 2001). Segundo Rosolem (2007), os valores considerados adequados de boro para se obter altas

produtividades de grãos de soja são de 25 a 55 mg kg⁻¹.

O boro é um elemento essencial ao crescimento das plantas, participando de vários processos como transporte de açúcares, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo do AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato, além de ter função na síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK; RÖMHELD, 1998; DUPAS, 2012).

A deficiência de boro provoca a inibição do desenvolvimento da planta, devido às funções estruturais específicas desse elemento na parede celular e à limitada mobilidade do nutriente na maioria das plantas. A deficiência compromete a integridade e funcionamento da membrana celular, provoca disfunções metabólicas e o aumento na produção de compostos fenólicos. O sistema radicular é rapidamente inibido, sugerindo que esse elemento possa ser requerido para a manutenção da divisão e/ou alongamento celular (MANFREDINI, 2008). Segundo Sheng et al. (2009), vários efeitos relacionados com o desequilíbrio do boro têm sido descrito, mas o papel direto do nutriente no metabolismo das plantas ainda é pouco compreendido. Além da melhor fecundação das flores e formação de grãos, o boro atua na retenção das vagens recém-formadas, agindo no crescimento do meristema, diferenciação celular, maturação, divisão celular e crescimento das plantas (PRADO, 2008).

Sua deficiência é relatada em vários tipos de solo, em várias partes do mundo (SAH; BROWN, 1997), e no Brasil é responsável por grandes perdas da produtividade em diversas culturas anuais (BATAGLIA; RAIJ, 1990).

A adubação com boro deve ser cuidadosa, uma vez que a faixa entre adequado e toxicidade é estreita, quando comparada com os demais nutrientes (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Segundo Kappes et al. (2008), as aplicações de micronutrientes, em muitos casos, não seguem variáveis determinadas de acordo com os resultados das análises de solo e folha, são estes requisitos que devem ser seguidos para a aplicação do nutriente boro. No caso do boro, que no solo sua movimentação ocorre através dos processos de fluxo de massa e difusão, a carência de água pode limitar o seu contato com a superfície radicular e, conseqüentemente, reduzir a absorção (TRAUMANTAM et al., 2014).

Outras hipóteses levantadas por Dantas (1991) para esclarecer o fato da diminuição no teor de água do solo afetar a disponibilidade de boro para a planta seriam a diminuição na taxa de mineralização da matéria orgânica, a diminuição no teor de boro prontamente disponível às plantas e a redução no crescimento radicular, gerando menor exploração de solo pelas raízes e conseqüentemente, menor absorção de boro pelas plantas.

Considerando que o boro na planta é praticamente um elemento imóvel, uma alternativa para minimizar os prejuízos causados pela deficiência deste elemento, sobretudo

nos períodos de seca, seria a aplicação foliar nas fases de maior demanda pela planta entre os estádios R1 a R5. Bevilaqua et al. (2002) obtiveram os melhores resultados nas fases de floração e pós-floração. Souza et al. (2008) verificaram uma maior produtividade de sementes de soja com aplicação de cálcio e boro no estágio reprodutivo R3. Porém Kappes et al. (2008) sugeriram como mais vantajosa a aplicação em V5. As respostas divergentes em termos da melhor época para aplicação do boro podem ser justamente em função da disponibilidade de água no solo, condições de aplicação, estágio de desenvolvimento da cultura da soja estágio reprodutivo ou vegetativo, que normalmente não são levados em consideração.

A ocorrência de períodos de seca causa impactos diferenciados na produtividade da soja, evidenciando cada vez mais a necessidade de um sistema radicular mais profundo na tentativa de diminuir os riscos da produção agrícola. Portanto, a adubação com boro pode ter como resultado sistemas radiculares mais desenvolvidos e mais eficientes em buscar água e nutrientes em profundidade no solo (MORTVEDT, 1994; MENGEL; KIRKBY, 2001).

Rosolem (2007), trabalhando com aplicação de boro durante três anos, verificou que mesmo no tratamento sem aplicação de boro, os teores do nutriente nas folhas encontravam-se dentro da faixa considerada adequada para altas produtividades. Segundo Traumantan et al. (2014), os dados referentes à aplicação de boro em algumas culturas anuais têm-se apresentado contraditórios, principalmente pela grande variabilidade das condições físicas e químicas dos solos cultivados e pelas necessidades nutricionais das culturas.

Diante do exposto o trabalho teve o objetivo de avaliar os componentes da planta e da produção, a produtividade e a nutrição com boro na cultura da soja em função de doses, épocas, modo de aplicação e da disponibilidade de água no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. Van. Eficiência de extratores na determinação de boro em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.25-31, 1990.
- BEVILAQUA, G. A. P.; FILHO, P. M. S.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p. 31-34, 2002.
- CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron efficiency induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil, the Hague**, v. 193, n. 1/2, p. 71-83, 1998.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira): **Grãos, Quarto Levantamento.** Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf Acesso em: 17 jan. 2017.
- DANTAS, J. P. Boro. In: FERREIRA, M. E. F.; CRUZ, M. C. P. C. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: Potafos, 1991, p. 113-130.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 13, p. 328-352.
- DUPAS, E. **Nitrogênio, potássio e boro: aspectos produtivos, morfológicos, nutricionais e frações fibrosas e proteicas do capim-tanzânia.** 2012. 89f. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2012.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1> Acesso em: 25 fev. 2015.
- FURLANI, A. M. C.; TANAKA, R. T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M. F.; MASCARENHAS, H. A. A. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas, v. 25, n. 4, p. 929-937, 2001.
- KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agrária.** Curitiba, v. 9, n.3, p. 291-297, 2008.
- MANFREDINI, D. **Cálcio e boro para soja-perene: características anatômicas e agrônômicas e concentração de nutrientes.** 2008. 103f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio: Brasil 2011/19 a 2021/22.** Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 24 fev. 2015.
- MENGEL, K.; KIRBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** Bern: International Potash Institute, 2001, 687p.
- MORTVEDT, J. J. Needs for controlled-availability micronutrient fertilizers. **Fertilizer**

Research,v.38, p.213-221, 1994.

NEVES, J. A. **Desempenho agrônômico de genótipos de soja sob condições de baixa latitude em Teresina-PI**. 2011, 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Capes/Fundes, p.221-240, 2008.

ROSOLEM, C. A. **Produtividade máxima da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 237-244, 2007. (Boletim de Pesquisa de Soja).

SAH, R.N.; BROWN, P. H. Techniques for boron determination and their application to the analysis of plant and soil samples. **Plant and Soil**, v. 193, n. 1-2, p.15-33, 1997.

SHENG, O.; SONG, S. W.; PENG S.; DENG, X. X. The effects of low boron on growth gas exchange, boron concentration and distribution of 'Newhall' navel orange *Citrus sinensis* Osb. plants grafted on two rootstocks. **Science Horticulture** v.121, p.278–283, 2009.

SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; CARVALHO, M. A. C.; SIMIDU, H. M. Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 8, n.2, p.37-44, 2008.

TRAUTMANN, R. R.; LANA, M. C.; GUIMARÃES, V. F.; GONÇALVES JR, A. C.; STEINER, F. Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 240-251, 2014.

**CAPÍTULO 1: NUTRIÇÃO COM BORO NA SOJA EM FUNÇÃO DA
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO**

RESUMO

A adubação boratada geralmente é aplicada sem orientação adequada, não observando as análises foliar e de solo, usando sempre a filosofia de segurança, podendo acarretar problemas de nutrição nas plantas. Entretanto, a sua aplicação deve ser administrada de forma cautelosa, pela faixa estreita entre deficiência e toxicidade nas plantas, principalmente na cultura da soja que é bastante exigente por boro. Outro fator fundamental relacionado diretamente com a disponibilidade de boro para as plantas refere-se à disponibilidade de água no solo, uma vez que o fluxo de massa é o principal meio de transporte de boro no solo até as superfícies das raízes. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de doses de boro e capacidade de retenção de água no solo, nos componentes de produção, na produtividade e no acúmulo de boro na soja. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri em casa de vegetação, em vasos de 5 dm³ de solo. O delineamento experimental foi o delineamento inteiramente casualizados (DIC) no esquema fatorial 3 x 5, sendo o primeiro fator caracterizado como três capacidades de retenção de água no solo (50%, 70%, 90%, CRA) e o segundo fator a aplicação via solo de boro em cinco doses (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 kg ha⁻¹), na forma de ácido bórico, com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: número de vagens planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹, massa seca da parte aérea e raiz, acúmulo de boro na parte aérea, raiz e acúmulo total de boro, a massa seca de 100 grãos e a produtividade por planta. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e à análise de regressão para doses. Verificou-se interação significativa entre doses de boro e capacidade de retenção de água. Com a CRA de 50% as plantas não responderam a adubação boratada, com disponibilidade média de água (CRA70%) as doses de boro foram crescente para o acúmulo de boro, massa seca de raiz, massa seca de parte aérea, número de vagens por planta e massa seca de 100 grãos aumentaram até as doses de 0,7 a 1,0 mg dm⁻³, na CRA de 90 % a soja responde de forma linear na variáveis massa seca de parte aérea, raiz e acúmulo de boro.

Palavras-Chave: *Glycine max L.*, produtividade, micronutriente, adubação

ABSTRACT

Borage fertilization is usually applied without proper guidance, not observing foliar and soil analyzes, always using the safety philosophy, which can lead to nutritional problems in plants. However, its application should be administrated cautiously because of the narrow range between deficiency and toxicity in plants, especially in the soybean crop which is very demanding for boron. Another fundamental factor directly related to the availability of boron to the plants refers to the availability of water in the soil, since the mass flow is the main means of transportation of boron in the soil up to the roots surfaces. Thus, the objective of this work was to evaluate boron doses in the agronomic characteristics of the soybean crop in a dystrophic yellow red Latosol of medium texture, submitted to different water retention capacity in the soil. The experiment was conducted at the State University of Goiás, in a greenhouse of Campus Ipameri, in 5 dm³ pots of soil. The experimental design was the completely randomized blocks (DIC) in the factorial scheme of 3 x 5, being the first factor characterized as three capacities of water retention in the soil (50%, 70%, 90%, WRC) and the second factor the application (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 kg ha⁻¹) in the form of boric acid with four replicates. The variables analyzed were: number of pods / plant, number of grains/pod, dry mass of shoot and root, accumulation of boron in shoot, root and total accumulation of boron, dry weight of 100 grains and yield per plant. The data were submitted to analysis of variance by the F test ($p < 0.05$) and to the regression analysis. With the WRC of 50% the plants did not respond to borated fertilization, with average water availability (WRC70%) the rates were increasing for boron accumulation, root dry mass, shoot, number of pods per plant and dry mass of 100 grains increased to doses of 0.7 to 1.0 mg dm⁻³, in 90% WRC the soybean responds linearly in the variables root dry mass, boron accumulation and productivity.

Keywords: *Glycyne max L.*, availability of water, micronutrient, soil.

INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente se destaca mundialmente como um dos maiores países em produção e exportação de soja em grãos, sendo superado apenas pelos Estados Unidos. Nas últimas décadas a oleaginosa tem se destacado como umas das culturas agrícolas com maior área plantada, sendo essencial na expansão da fronteira agrícola brasileira. O cultivo é viável devido o desenvolvimento tecnológico de novas cultivares que são adaptáveis as várias regiões, tornando possível a produção de soja em localidades onde as terras cultiváveis ficavam ociosas e com baixo nível de investimentos.

Entre as espécies cultivadas, a soja (*Glycine max* L.) aparece como uma cultura de grande relevância, pois seu aproveitamento vai desde a alimentação humana, sendo preparada de várias formas, quanto para alimentação animal nas rações, tornando uma excelente fonte de proteína com alto valor biológico, sendo matéria prima indispensável para a maioria das agroindústrias. (FERREIRA JUNIOR et al., 2010).

De acordo com o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) na safra 2016/2017, a área plantada de soja será de aproximadamente 33,25 milhões de hectares, com estimativa de produção em 103,8 milhões de toneladas, esperando produtividade acima de 3050 kg ha⁻¹. O estado de Goiás estima produção de 10 milhões de toneladas, sendo o quarto maior produtor de soja, com produtividade esperada de (3064 kg ha⁻¹) (CONAB, 2017).

Os fatores que afetam a produtividade da soja são o manejo químico do solo em termos de adubação com macro e micronutrientes, associado aos fatores climáticos que são limitantes na produtividade da soja. A disponibilidade hídrica no solo contribuiu para a manutenção e conservação das funções essenciais da planta. Para qualquer cultura agrícola a relação água-planta torna-se complexa, devido envolver fatores relacionados à água, planta, fisiologia, solo, clima e tratos culturais. A água disponível nos solos está atrelada ao índice pluviométrico, distribuição das chuvas e características do solo (TAIZ; ZEIGER, 2004; BEVILAQUA et al., 2002; MALAVOLTA, 2002).

A água deve ser levada em consideração por constituir aproximadamente 90% do peso total da planta de soja, participando em, praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos, desempenhando a função de solvente, transportando gases, minerais e outros solutos na planta (FARIAS et al., 2009). Segundo Traumatam et al. (2014), uma das forma de aumentar a disponibilidade de água para as plantas é fazer com que o sistema radicular penetre em camadas mais profundas. Para a raiz ter um bom desenvolvimento e aprofundamento é necessário que a região radicular não tenha impedimentos físicos ou

químicos que possa dificultar a penetração das raízes em profundidade.

De acordo com Shelp (1993) a adubação com boro tem efeito positivo no crescimento radicular. Malavolta (2006) salienta que o boro incrementa o pegamento de flores e a granação, em várias culturas, e assegura menor esterilidade masculina e menor chochamento de grãos. Durante a fase reprodutiva as exigências nutricionais das culturas, em geral, tornam-se mais acentuada. A exigência deve-se ao fato dos nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento da planta para formar novos órgãos de reserva (MALAVOLTA et al., 2006; GALLI et al., 2012).

Além de atuar como regulador enzimático e nos processos de estrutura e funcionamento das membranas (entrada e saída de solutos), formação da parede celular, síntese e transporte de carboidratos, síntese de proteínas, fixação de nitrogênio, fotossíntese e crescimento, além de proporcionar resistência às doenças (FERNANDES, 2006). No solo o elemento é geralmente encontrado em maior proporção associado à matéria orgânica (GOLDBERG; SUAREZ, 2012).

Boro é um elemento essencial para todos os órgãos das plantas cuja deficiência ou toxicidade causa vários prejuízos nos processos metabólicos e fisiológicos (HERRERA-RODRIGUEZ et al., 2010). O boro na solução do solo interage na planta em sua parte solúvel como ácido bórico o qual chega até as raízes por fluxo de massa (MATTIELLO et al., 2009). No solo, o boro segue o movimento de fluxo da água. Assim, em solo de clima úmido o boro é lixiviado para baixo no perfil do solo, enquanto regiões áridas e semi-áridas, o boro é susceptível de concentrar na superfície (KOT, 2009). A alta concentração de boro envolve redução de regiões meristemáticas causando perda de área foliar, tornando necróticas as regiões foliares (redução da capacidade fotossintética). Níveis tóxicos de boro têm também demonstrado que provoca a inibição do crescimento da raiz (CERVILLA et al., 2009).

A adubação é uma das maneiras de suprir a necessidade da planta e atenuar possíveis deficiências nutricionais de elementos pouco móveis como o boro, o ácido bórico é a fonte de boro mais utilizada. A adubação boratada, quando aplicada ao solo, uma parte chega a ser perdida por lixiviação (ROSOLEM; BÍSCARO, 2007). Ácido bórico em razão de sua maior solubilidade na água e menor reatividade com o solo, essa fonte é extremamente suscetível a lixiviação (BYERS et al., 2001)

Nos últimos anos os estudos estão direcionados em elementos que possuem baixa mobilidade na planta, como o boro. Este nutriente pode ser responsável por uma maior fixação de vagens e aumento na massa de grãos resultando em maior produtividade. A cultura da soja possui necessidades nutricionais diferentes durante o processo de seu ciclo em relação à absorção de boro, sendo os estádios reprodutivos que necessita de maior demanda por boro,

pois é essencial na formação dos órgãos reprodutivos como formação do tubo polínico e maior índice de pegamento de vagens (SANTOS et al., 2008).

O boro atualmente vem sendo objeto de vários estudos em consequência das suas várias funções desempenhadas no metabolismo vegetal, sendo essencial não só para a alta qualidade das culturas, como também para se obter rendimentos mais elevados (FÁTIMA, 2013).

Considerando que trabalhos realizados com respostas de boro na cultura da soja e a disponibilidade de água no solo são poucos e com resultados divergentes torna-se necessário a realização de novos estudos que possibilitem a utilização deste micronutriente de forma coerente nesta cultura.

OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar a adubação com boro em função da disponibilidade de água no solo, sobre os componentes de produção, produtividade e acúmulo de boro na soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro 2015 e janeiro de 2016, na Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, em casa de vegetação com 3,5 m de pé direito, 30,0 m de comprimento, 7,0 m de largura, cercada com sombrite 50% na cor preta nas laterais, coberta com plástico transparente 150 micras. Utilizou solo coletado na camada de 0-20 cm de um LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico (SANTOS, 2013).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizados (DIC), arranjado em esquema fatorial 3 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por três valores de capacidade de retenção de água do solo (CRA): 50, 70 e 90% da capacidade máxima da CRA; e o segundo fator por cinco doses de boro: (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mg dm⁻³) usando ácido bórico como fonte.

Para estimar a CRA foi coletada uma amostra de solo usado para preenchimento dos vasos, acondicionada em anel volumétrico medindo 4,5 x 4,5cm com tecido perflex e fixado com ligas elásticas, para evitar perda de solo. A amostra foi umedecida por capilaridade durante 24 horas em recipiente com água até a altura de um terço do anel. Posteriormente, o anel foi retirado do recipiente com água, drenando o excesso, para determinar o peso úmido do solo, sendo esta condição considerada a máxima retenção de água no solo. Após a pesagem, a amostra foi seca em estufa na temperatura de 105° até peso constante.

Fórmula de estimativa da CRA em (%) pela equação abaixo.

$$CRA = \frac{SU-SS}{(SS-T)} * 100$$

Onde:

CRA = Capacidade de Retenção de Água

SU= Solo úmido

SS= Solo Seco

T= Tara do conjunto (anel + elástico + pano)

Com os dados foram estabelecidas três condições de disponibilidade de água as plantas: 50, 70 e 90% da CRA. Os vasos foram corrigidos diariamente através de pesagens, sendo a diferença em gramas convertida em ml para restabelecer a condição de umidade do respectivo tratamento.

Uma amostra do solo foi submetida às análises químicas e físicas, conforme metodologias descritas em Silva (2009). Os resultados obtidos na análise de solo foram: pH (CaCl₂) 5,1; P (Mehlich) 1,2 mg dm⁻³; M.O 9,0g dm⁻³; K 17,0 mg dm⁻³; Ca 0,8 cmol_c dm⁻³; Mg 0,3 cmol_c dm⁻³; H+Al 2,2 cmol_c dm⁻³; B 0,19 mg dm⁻³; Cu 1,9 mg dm⁻³; Fe 43,9 mg dm⁻³; Mn 3,4 mg dm⁻³; Zn 0,2 mg dm⁻³. Foi aplicado calcário dolomítico visando elevar a saturação

por bases para 60%, 30 dias antes da sementeira. A adubação de base constou de 200 mg dm⁻³ de N, 200 mg dm⁻³ de P e 200 mg dm⁻³ de K, utilizando como fonte ureia (45% de N), super fosfato triplo (45% de P₂O₅) e KCl (60% de K₂O) respectivamente.

A aplicação das doses de boro ocorreu antes da sementeira usando-se uma solução de 50 mg B L⁻¹. A sementeira foi realizada na primeira quinzena de outubro de 2015 em vasos de polietileno com capacidade para 5 dm³ de solo, utilizando a variedade NS5909, de ciclo precoce, distribuindo-se oito sementes por vaso. No décimo segundo dia após a sementeira foi feito o desbaste deixando-se três plantas por vaso. A adubação básica com micronutrientes consistiu-se na aplicação de 3,66 mg Mn; 1,33 mg Cu; 1,55 mg Fe; 0,15 mg Mo e 4 mg de Zn dm³ de solo fornecidos na forma de MnCl₂.4H₂O, CuSO₄.5H₂O, FeSO₄.7H₂O, NaMoO₄.2H₂O e ZnSO₄.7H₂O conforme Novais et al. (1991).

O tratamento de sementes foi realizado com os seguintes produtos fitossanitários: fungicida Maxim Advance com as seguintes concentração acilalaninato 20 g L⁻¹, tiabendazol 150 g L⁻¹, fludioxonil 25 g L⁻¹ aplicando-se 100 ml para cada 100 kg de sementes e o inseticida Cruiser com a concentração de 350 g L⁻¹ de tiametoxan, na dose de 200 ml para cada 100 kg de sementes e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 250 g para cada 100 kg de sementes.

Os tratamentos culturais foram realizados de maneira preventiva para o controle de doenças e pragas. Utilizou-se fungicida à base de trifloctrobina 150 g L⁻¹ e proclonazol 175,0 g L⁻¹ na primeira aplicação no início do florescimento e após 18 dias da primeira aplicação, aplicou-se azoxistrobina 200 g L⁻¹ ciproconazol 80 g L⁻¹. Para o controle de percevejos no enchimento dos grãos utilizou-se o inseticida imidacloprido 100 g L⁻¹ beta-ciflutrina 12,5 g L⁻¹. As pulverizações foram realizadas com bomba de pressão manual com vazão de 200 litros por hectare.

No pleno florescimento foi coletada uma planta por parcela, separada em ramos e folhas, para a determinação da massa seca e massa fresca. As plantas colhidas foram secas em estufa à 60°C com ventilação forçada por 48 h, e moídas posteriormente. Foi realizada a digestão seca em mufla e a determinação de boro estabelecida por espectrofotometria com azometina-H, segundo metodologia descrita em Silva (2009).

A colheita realizou-se 95 dias após a sementeira, foram avaliados os seguintes parâmetros: número de vagens planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹, massa fresca e seca da parte aérea e raiz, acúmulo de boro na parte aérea, raiz e acúmulo total de boro, a massa de 100 grãos e a produtividade, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%.

Os dados foram submetidos a análises de variância, ao teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade, para comparação de médias e análise de regressão para doses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre dose de boro e capacidade de retenção de água (CRA), para as variáveis massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR). A CRA de 50% teve a menor MSPA entre os níveis de água no solo, independente das doses de boro (Tabela 1). Isso ocorreu provavelmente porque o boro é um elemento que chega até as superfícies das raízes principalmente através do fluxo de massa, que depende da água presente no solo (MALAVOLTA et al., 1997). Para as CRAs 70% e 90% não houve diferença para MSPA, apenas para o tratamento com boro de 2 mg dm³, sendo a maior massa seca obtida pelo CRA de 90% com 26,2 g planta⁻¹.

Tabela 1. Massa seca parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) em função da capacidade de retenção de água no solo (CRA) e doses de boro. UEG- Câmpus Ipameri, GO. 2017

Doses B (mg dm ⁻³)	CRA		
	50%	70%	90%
	MSPA (g planta ⁻¹)		
0	2,0 b	18,2 a	20,2 a
0,5	1,5 b	20,0 a	21,7 a
1,0	1,5 b	21,2 a	23,2 a
1,5	2,2 b	20,0 a	24,5 a
2,0	2,0 c	18,7 b	26,2 a
C.V.	13 %		
	MSR (g planta ⁻¹)		
0	1,5 c	5,0 b	10,5 a
0,5	2,0 c	8,7 b	11,7 a
1,0	1,0 c	7,7 b	14,0 a
1,5	1,5 c	7,5 b	13,7 a
2,0	2,2 c	6,7 b	15,0 a
C.V.	25 %		

C.V.: coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, na linha, não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Os níveis de CRA no solo influenciaram a massa seca de raiz. A CRA de 50% foi a que produziu menor quantidade de MSR, diferindo da CRA 70% que foi superior na produção de MSR, e a CRA 90% apresenta valor mais elevado para MSR. As condições de umidade do solo é um dos principais fatores relacionado ao bom desenvolvimento da planta e sua produção. Sendo assim, os dados obtidos neste trabalho comprovam que a necessidade hídrica interfere nos valores de MSR. Resultados que diferem dos encontrados por Trautmann et al. (2014), que não encontraram diferença entre os níveis de tensões de água no solo, doses e fontes de boro, na matéria seca de caule, folhas e massa seca em plantas de soja. Estudando o

efeito do estresse hídrico no girassol também verificaram que as maiores produtividades de matéria seca foram obtidas, nos tratamentos com maior disponibilidade de água. (CASTRO et al. 2006)

Com a CRA 70%, houve ajuste polinomial para a MSPA, obtendo-se valor máximo 20,8 gramas planta⁻¹ com a dose de 1 mg dm³ de boro (Figura 1 A). Na CRA de 90% o ajuste foi linear para MSPA (Figura 1 A). A MSR na CRA de 70 % apresentou ajuste polinomial, com a dose de 1 mg dm⁻³ proporcionando 7,75 g planta⁻¹ de MSR (Figura 1 B). As doses de boro influenciaram a MSR na CRA de 90%, apresentando ajuste linear, (Figura 1 B). A disponibilidade de água de 70 % apresentou ajuste quadrático tanto para MSPA e MSR. A dose de 1 mg dm³ foi a que melhor expressou o acúmulo de MSPA e MSR. Trautmann et al (2014) não encontrou diferença para a massa seca de planta com três níveis de tensão de água no solo.

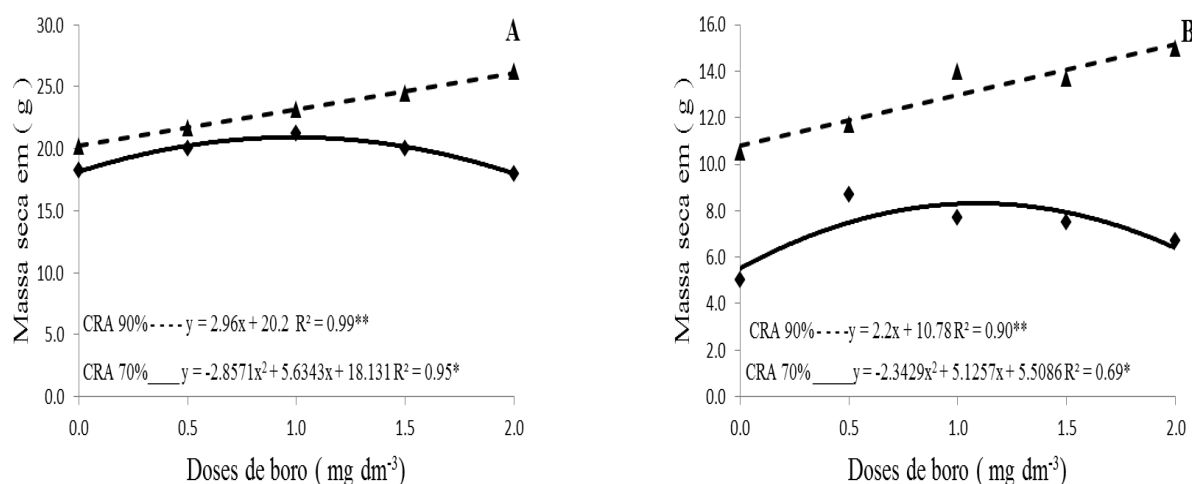


Figura 1. Massa seca (A) de parte aérea e (B) massa seca de raiz em função das doses de boro aplicadas e capacidade de retenção de água no solo. UEG, Ipameri-GO, 2017. * e ** = significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

O acúmulo de boro na parte aérea (ACPA) e na raiz (ACR) foi influenciado pela disponibilidade de água no solo. A CRA de 50% foi inferior às de 70% e 90% (Tabela 2). Isso aconteceu provavelmente por que o movimento do boro no solo é predominante via fluxo de massa, depende da água presente no solo (MATTIELLO et al., 2009). O tratamento 50% de CRA não foi suficiente para absorção do elemento até a parte aérea da planta de soja, talvez o que justifique o menor acúmulo de boro para este tratamento. Paula et al. (2012) ressalta que plantas com deficiência hídrica tendem a fechar os estômatos, com consequente redução na condutância estomática, na taxa fotossintética e na transpiração e, consequentemente a redução na absorção de água. Segundo Barber (1995), o transporte do boro no solo até as raízes das plantas depende principalmente da absorção de água pela planta.

Tabela 2. Acúmulo de boro na parte aérea (ACPA), raiz (ACR) e acúmulo total (ACT) em função da capacidade de retenção de água no solo (CRA) e doses de boro aplicadas. UEG - Câmpus Ipameri, GO. 2017

Doses B (mg dm ⁻³)	CRA		
	50 %	70 %	90 %
	Boro na parte aérea (mg planta ⁻¹)		
0	0,09 c	0,36 b	0,95 a
0,5	0,08 c	0,56 b	0,90 a
1,0	0,10 b	0,75 a	0,77 a
1,5	0,11 b	0,92 a	1,11 a
2,0	0,07 b	0,94 a	2,60 a
C.V.		33 %	
	Boro na Raiz (mg planta ⁻¹)		
0	0,05 b	0,19 a	0,18 a
0,5	0,05 b	0,17 a	0,21 a
1,0	0,04 b	0,20 a	0,20 a
1,5	0,04 c	0,19 b	0,26 a
2,0	0,06 c	0,16 b	0,28 a
C.V.		18 %	
	Boro total (mg planta ⁻¹)		
0	0,14 c	0,55 b	1,13 a
0,5	0,13 c	0,74 b	1,11 a
1,0	0,13 b	0,97 a	0,95 a
1,5	0,15 b	1,12 a	1,37 a
2,0	0,13 c	1,10 a	2,90 a
C.V.		27%	

C.V.: coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, na linha, não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Na CRA de 70% as doses 0 e 0,5 mg dm⁻³ foram inferior na ACPA em relação a CRA 90%. As demais doses não diferiram estatisticamente na CRA de 70 e 90%. A quantidade de água do tratamento da CRA de 90% fez com que mesmo com a menor quantidade de boro no solo houvesse maior absorção através da solução do solo pelas raízes da soja e acumulado na parte aérea. Dechen et al. (1991) relatam que a parte aérea das plantas contém maior concentração de boro.

O acúmulo de boro na raiz quando aplicado CRA de 50% foi menor em relação à CRA de 70 % e 90% para todas as doses de boro. A baixa disponibilidade de água no tratamento de CRA de 50% fez com que houvesse baixa produção de massa seca e, conseqüentemente, menor acúmulo. Segundo Gutpa et al. (1979), as primeiras respostas da deficiência de boro é a interrupção do crescimento meristemático da parte aérea e raízes, e consideram que é necessário o suprimento contínuo de boro para manutenção dos tecidos meristemáticos.

As doses de 1,5 e 2,0 mg dm³ de boro na CRA de 70% foram inferiores no acúmulo de boro na raiz comparando com a CRA de 90% (Tabela 2). Esse maior acúmulo de boro na raiz na CRA de 90% deve ter sido em decorrência da maior disponibilidade de água e maior produção de massa seca. Mattiello et al. (2009) ressaltam que o déficit hídrico possui capacidade de alterar o balanço dos mecanismos de transporte de boro no solo, principalmente nos solos pobres desse nutriente, reduzindo o fluxo de massa e o acúmulo de boro na planta.

Foram observados no acúmulo total (ACT) de boro no tratamento de CRA 50% valores abaixo dos encontrados nos tratamentos de CRA 70% e 90% independente das doses de boro utilizada (Tabela 2). Entanto a CRA de 70% nas doses de boro 0 e 0,5 mg dm³ diferiu dos valores da CRA de 90% nas respectivas doses, sendo o acúmulo de boro total na CRA de 90% superior nas plantas de soja. O boro na solução do solo depende da água, a disponibilidade de boro geralmente diminui com a redução da umidade, fato este que não ocorreu no tratamento de 90 % CRA. Portanto, sugestões de que o fluxo de massa é o mecanismo que predomina para o transporte do boro até as raízes das plantas (MALAVOLTA et al., 1997).

Houve ajuste linear para o acúmulo de boro na parte aérea da planta, na CRA de 70% a dose de 2 mg dm⁻³ a que mais acumulou boro 1,01 mg (Figura 2 A). Resultado que demonstra que com a CRA 70%, a dose 2 mg dm⁻³ foi suficiente para atingir o valor máximo na parte aérea das plantas de soja. Rosolem et al. (2012), trabalhando com quatro cultivares de algodão obtiveram resultados semelhantes aos deste trabalho, sendo que as quatro cultivares apresentaram respostas lineares para o acúmulo de boro total nas plantas de algodoeiro. Os dados da CRA de 90% ajustaram de forma quadrática para o acúmulo de boro na parte aérea. O maior acúmulo de boro na CRA de 90% foi obtido pela dose de 2,0 mg dm⁻³ de boro no solo, que foi de 2,65 mg planta⁻¹ (Figura 2 A). Estudando soja, Rosolem et al. (2008) verificaram resposta quadrática nos teores de boro nas folhas de soja, até 7,5 kg ha⁻¹ de boro. O acúmulo de boro está diretamente relacionado com os teores de boro, massa seca de planta e a disponibilidade de água presente no solo, uma vez que para quantificar o acúmulo usa-se a massa seca e o teor nos tecidos foliar, quanto maior a massa seca maior é o acúmulo de boro.

Para o acúmulo de boro na raiz houve ajuste linear para as doses aplicadas na CRA de 90%, sendo a dose 2 mg dm³ de boro acumulou 0,28 mg planta⁻¹ (Figura 2 B). Pavinato et al. (2009), estudando a cultura do arroz em solução nutritiva com boro, ressaltam o acúmulo crescente de boro na cultivar Talento. Segundo Xavier (2014), doses crescentes de boro em porta enxerto de caramboleira não apresentou correlação com o acúmulo de boro nas raízes das plantas. A CRA de 90% proporcionou maior acúmulo de boro quando utilizadas maiores

doses. Na CRA de 90% as doses de boro não foram suficientes para atingir o valor máximo para o acúmulo de boro, mais os valores encontrados foram maiores que as CRAs de 50 e 70%. O boro na solução do solo 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).

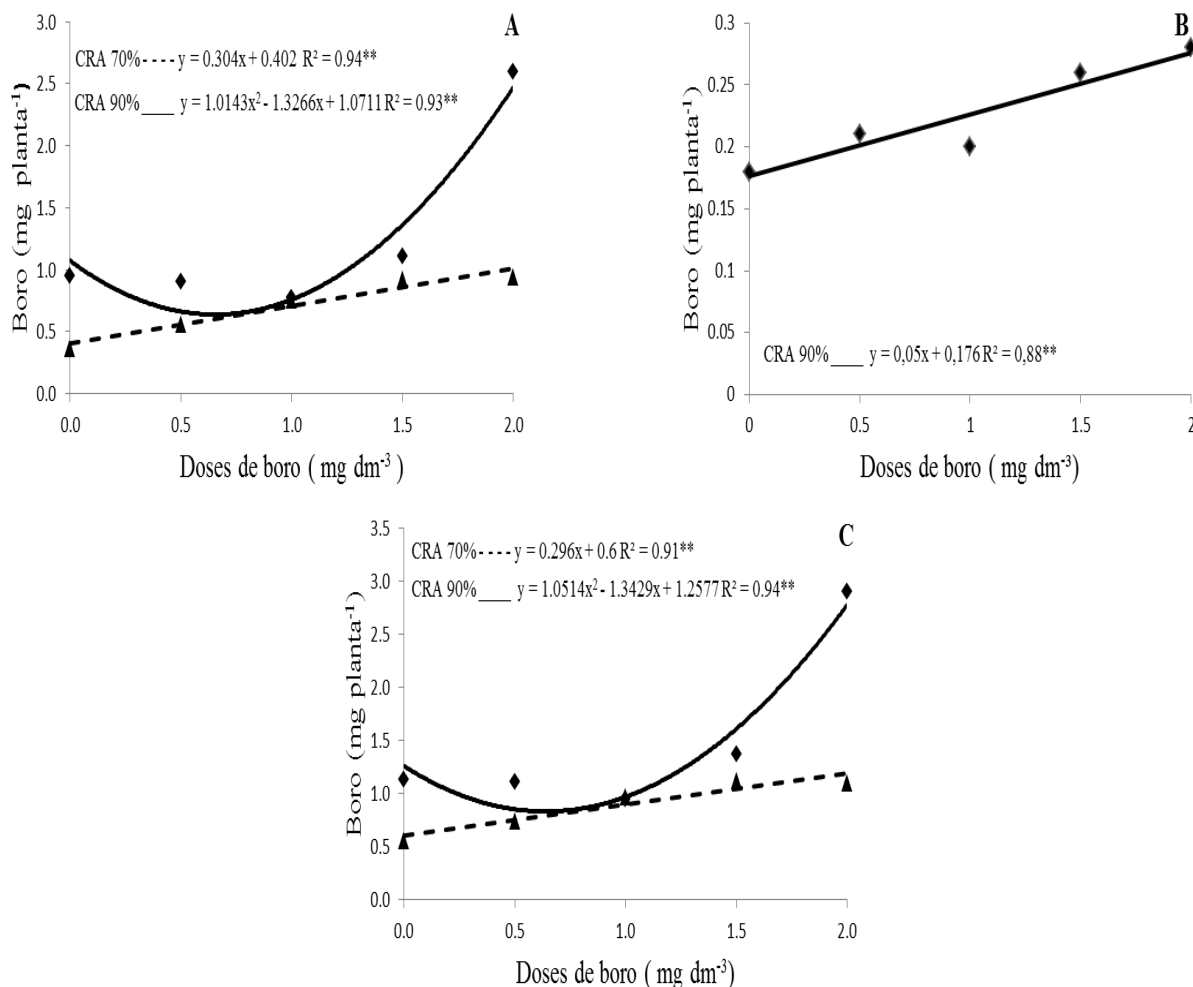


Figura 2. Acúmulo de boro na parte aérea de planta (A), raiz (B) e acúmulo total de boro (C), em função de doses de boro e capacidade de retenção de água (CRA). UEG, Ipameri, GO. 2017.* e ** = significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

O acúmulo de boro total na CRA de 70% ajustou de forma linear, aumentando com as doses de boro o acúmulo total de boro (Figura 2 C). A CRA de 70%, apesar de estar em um nível mediano de umidade entre os tratamentos de capacidade de retenção de água no solo, alcançou 1,1 mg de boro planta⁻¹ na dose de 2 mg dm⁻³ de boro. O acúmulo de boro está relacionado a massa seca. Pavinato et al. (2009) ressaltam que o total acumulado de boro por planta de arroz foi crescente com as doses aplicadas, assim aumentando o acúmulo de boro total.

Na CRA de 90% houve ajuste quadrático para o acúmulo total de boro na soja (Figura 2 C). Nas doses de 0, 0,5 e 1,0 mg dm³ o acúmulo de boro decresceu até a dose de 1 mg dm³, sendo crescente a partir da dose de 1,5 mg dm³ e alcançando acúmulo de 2,9 mg planta⁻¹ na dose de 2,0 mg dm³. As doses de 0, 0,5 e 1,5 mg dm³ foram estáveis quanto ao acúmulo de boro, sendo as doses de 1,5 e 2,0 mg dm³ superior no acúmulo de boro na CRA de 90%. O valor acumulado na dose 0 foi maior ou igual a qualquer dose nas CRAs inferiores. O que pode ter ocorrido para o maior acúmulo é que com a CRA 90%, o boro teve taxa de mineralização superior, fazendo com que a planta absorvesse mais. A transpiração é maior onde a disponibilidade de água está em níveis mais elevados como é o caso da CRA 90%, fazendo com que ocorra maior transpiração pelas plantas e como consequência o maior acúmulo de boro total na planta de soja. O acúmulo de boro em órgãos de plantas é determinado principalmente pela transpiração (PAVINATO et al., 2009). Entre os fatores ambientais não edáficos, a transpiração é a que mais influencia na absorção de boro. O aumento da transpiração promove o aumento na absorção de boro que é influenciada pela umidade relativa, temperatura e intensidade luminosa (HU; BROWN, 1997).

Para as variáveis número de vagem e grãos por vagem houve interação entre as doses de boro e a capacidade de retenção de água. A CRA de 50% foi inferior que a CRA de 70% e 90% sendo que na CRA de 70% nas doses de 0, 0,5 e 1,0 mg dm³ foram iguais estatisticamente com a CRA de 90% para o número de vagem, exceto as dose de 1,5 e 2,0 mg dm³ que foram inferiores a CRA 90% (Tabela 3).

Tabela 3 Número de vagens e grãos por vagem em função da capacidade de retenção de água no solo (CRA) e doses de boro aplicadas. UEG- Câmpus Ipameri, GO. 2017

Doses B (mg dm ⁻³)	CRA		
	50%	70%	90%
	Vagens/planta		
0	3,4 b	17,6 a	22,2 a
0,5	3,4 b	18,6 a	22,0 a
1,0	1,6 b	19,2 a	23,7 a
1,5	3,0 c	18,7 b	32,0 a
2,0	4,0 c	11,1 b	25,2 a
C.V.		33%	
	Grãos/Vagens		
0	1,5 a	1,7 a	1,8 a
0,5	1,4 a	1,5 a	1,9 a
1,0	1,4 a	1,5 a	1,9 a
1,5	1,4 a	1,7 a	2,0 a
2,0	1,5 a	1,8 a	2,1 a
C.V.		21%	

C.V. : coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, na linha, não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

A maior disponibilidade de água com CRA de 90% proporcionou 32,0 vagens planta⁻¹ com a dose de 1,5 mg dm³. Castagnel e Silva (2009), avaliando a aplicação de boro via folha no feijoeiro, obtiveram aumento no número de vagens planta⁻¹. O aumento do número de vagens, segundo Farinelli et al. (2006), ocorre devido o boro atuar no crescimento do tubo polínico e na produção de frutos e sementes.

Não foram constatadas diferenças significativas para o número de grãos por vagem entre as doses de boro aplicadas no solo e também para CRA. O boro e a CRA não interferiram nesta variável analisada, resultado que corrobora com o de Souza et al. (2008) que avaliando a aplicação de cálcio e boro em várias épocas na soja não encontraram diferença para o número de sementes por vagem. Provavelmente não houve diferença por ser uma característica da variedade.

Houve interação significativa entre CRA e doses de boro aplicadas para a variável número de vagens (Figura 3). Para a CRA de 70% o ajuste foi quadrático, sendo que com a dose de 0,72 mg dm⁻³ obteve-se o número máximo de 21,13 vagens planta⁻¹. A CRA de 70% não comprometeu a produção de vagens.

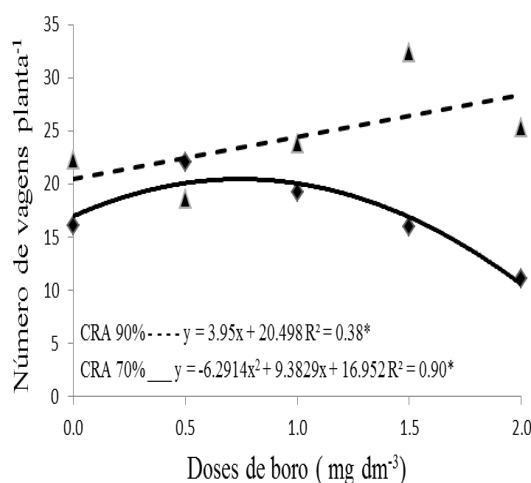


FIGURA3. Número de vagem na planta em função de doses de boro aplicadas e capacidade de retenção de água (CRA). UEG, Ipameri, GO. 2017.* e ** = significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

A CRA de 90% demonstrou ajuste linear para a produção de vagens (Figura 3 A). Com maior disponibilidade de água neste tratamento, pode ter ocorrido efeito de diluição na concentração do boro no solo, fazendo com que a diluição permitisse um melhor aproveitamento pela planta de soja e consequentemente tendo efeito linear na produção de vagens planta⁻¹.

Bevilaqua et al. (2002), testando aplicação foliar de Ca e B na cultura da soja em vários estádios, observaram aumento no número de vagens por planta, de grãos por vagem e massa de 100 sementes por planta, quando aplicados na fase de floração, na cv. BR16.

Discordando dos resultados encontrados neste trabalho, Costa et al. (2014), trabalhando com aplicação de boro em três estádios na cultura do feijoeiro a campo, não encontraram diferenças significativas para o número de vagem por planta e número de grãos por vagem.

Para a massa de 100 grãos as doses de 0,0 e 2,0 mg dm⁻³ na CRA de 50 e 90% foram inferiores CRA de 70%. As doses de 1,0 e 1,5 mg dm⁻³ foram iguais estatisticamente para todas as CRAs, apenas a dose de 1,5 mg dm⁻³ na CRA de 90% foi inferior (Tabela 4). A dose de 0,5 mg dm⁻³ na CRA de 50% obteve maior massa de 100 grãos em comparação com a CRA de 70 e 90%.

Tabela 4 Massa de 100 grãos e produtividade de grãos por planta em função da capacidade de retenção de água no solo (CRA) e doses de boro aplicadas. UEG- Câmpus Ipameri, GO. 2017.

Doses B (mg dm ⁻³)	CRA		
	50%	70%	90%
	Massa de 100 grãos (g)		
0	11,0 b	17,5 a	14,0 b
0,5	27,8 a	22,3 b	16,8 b
1,0	23,6 a	18,8 a	18,1 a
1,5	26,5 a	30,3 a	15,0 b
2,0	15,3 b	23,8 a	18,7 b
C.V.		20 %	
	Produtividade de grãos (g planta ⁻¹)		
0	1,0 b	4,5 a	5,7 a
0,5	1,0 b	7,0 a	6,2 a
1,0	1,0 b	7,0 a	6,0 a
1,5	1,0 b	6,2 a	7,7 a
2,0	1,2 b	4,2 a	6,5 a
C.V.		46%	

C.V.: coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, na linha, não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade. .* e ** = significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

Os valores encontrados na CRA de 70 e 90% foram superiores ao de 50% em todas as doses analisadas. Isto pode ser explicado devido o fato que os tratamentos de 70 e 90% possuem maior disponibilidade de água no solo, fazendo com que a planta não sofresse estresse hídrico e tendo a quantidade de água necessária para suas funções metabólicas e não comprometendo a produção de grãos.

Bevilaqua et al. (2002), aplicando cálcio e boro foliar no feijoeiro, encontraram aumento no peso de grãos por planta de feijão, quando aplicados na fase de floração. Seidel e Basso (2012) verificaram que a aplicação de adubo foliar a base de cálcio e boro na dose de 3

L ha⁻¹, independente do estágio de desenvolvimento (R1, R2, R3 e R4), não influenciaram os componentes de produção e produtividade da soja.

A CRA de 50% apresentou ajuste quadrático para a variável peso de 100 grãos, sendo a dose de 1 mg dm⁻³ de boro atingiu o valor máximo de 27,6 gramas para a massa de 100 grãos (Figura 4 A). Silva et al. (2006), na cultura do feijoeiro, não encontrou diferença entre os tratamentos de boro, tendo média de 23 gramas para a massa de 100 grãos. Estudo realizado com soja e aplicação foliar com produto contendo 10% cálcio e 0,5 % de boro na dose de 3 L ha⁻¹ nos estádios R2, R3 e R4 não diferiram estatisticamente para o peso de 1000 grãos, possivelmente pela quantidade adequado do teor no solo e boa disponibilidade hídrica no decorrer do desenvolvimento da cultura (SEIDEL; BASSO, 2012).

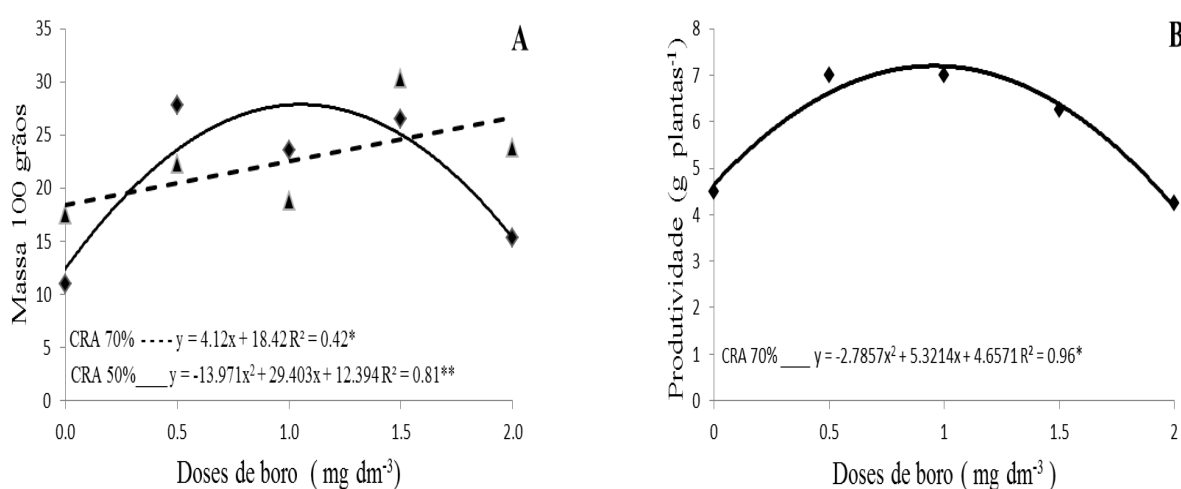


FIGURA 4. Massa de 100 grãos (A) e produtividade planta⁻¹ (B) em função de doses de boro e capacidade de retenção de água (CRA). UEG, Ipameri, GO. 2017.

Para a CRA de 70% o ajuste foi linear para a variável massa de 100 grãos (Figura 4 A). As doses de boro aumentaram linearmente a massa de 100 grãos neste nível de água no solo. Kappes et al. (2008), trabalhando com aplicação de boro não encontrou diferença para as doses de boro para a massa de 100 grãos. Raiumundi et al. (2013) verificaram que quando realizado a aplicação base + lanço obteve melhor resultado para o peso de 1000 de grãos, na média 153 gramas.

A produtividade por planta apresentou ajuste quadrático para a CRA de 70%, sendo a dose de 1 mg dm⁻³ a melhor dose para esta variável, atingindo 7 gramas planta⁻¹ (Figura 4 B). Segundo Reis et al. (2008), trabalhando com doses e épocas de aplicação de boro no feijoeiro, não há diferença significativa para a produtividade, obtendo média de 3.587 e 3.710 kg ha⁻¹ para aplicação foliar e em cobertura respectivamente. De acordo com Kappes et al. (2008), as doses e épocas de aplicação de boro não influenciaram a produtividade da cultura da soja.

CONCLUSÕES

- 1- Com a baixa disponibilidade de água no solo (CRA 50%), as plantas não responderam a adubação com boro.
- 2- No solo, com média disponibilidade de água (CRA 70%), o acúmulo de boro é crescente com as doses, mas a massa seca de raiz, parte aérea, número de vagens por planta e massa seca de 100 grãos aumentaram até as doses de 0,7 a 1,0 mg dm⁻³, com efeito fitotóxico para as doses mais elevadas.
- 3- Quando a disponibilidade de água no solo é alta (CRA 90%) a soja responde de forma linear positiva para a massa seca de parte aérea e raiz, acúmulo de boro e produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach**. 2. ed. New York, John Wiley & Sons, p. 330-338, 1995.
- BEVILAQUA, G. A. P.; FILHO, P. M. S.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p. 31-34, 2002.
- BYERS, D.E.; MIKKELSEN, R.L.; COX, F.R. Greenhouse evaluation of four boron fertilizer material. **Journal Plant Nutrition**, vol. 24, p. 717-725, 2001
- CASTAGNEL, J.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar de boro na cultura do feijão. **Cultivando o saber**. Cascavel, v.2, n.3, p.7-16, 2009.
- CASTRO, C. D., MOREIRA, A., OLIVEIRA, R. F. D., DCHEN, A. R.. Boron and water stress on yield of sunflower. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 214-220, 2006.
- CERVILLA L.M., ROSALES M.A. RUBIO-WILHELMI M.M., SANCHEZ-RODRIGUEZ E., BLASCO B., RIOS J.J., ROMERO L., RUIZ J.M. Involvement of lignification and membrane permeability in the tomato root response to boron toxicity. **Plant Science**, 176: p. 545–552, 2009.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. ACOMPANHAMENTO DE SAFRA BRASILEIRA): Grãos, Quarto Levantamento. Disponível em. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf Acesso em: 17 jan. 2017.
- 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.
- DECHEN, A.R.; HAAG, H. P; CARNELLO, Q. A. C;. Mecanismos de absorção e de translocação de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, 1991, p. 79-130.
- FATIMA, A. Role of boron in plasma membrane H⁺ ATPase hydrolytic and pumping activity in maize (*Zea mays* L.) **A thesis submitted for the requirement of the doctoral degree**. Justus Liebig University Giessen, Germany, 2013.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília: **INMET**, 2009, p.263-277.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; SOUZA, F.S.; PIEDADE, A.R.; LEMOS, L.B.: Características agrônômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão adubados via foliar com cálcio e boro. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.34. n.1, p.59-65, 2006.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 432 p, 2006.

FERREIRA JUNIOR, J. A.; ESPINDOLA, S. M. C. G.; GONÇALVES, D. A. R.; LOPES, E. W. **Avaliação de genótipos de Soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba – MG**. *Agronomia*, Uberaba, n. 07, p.13-21, 2010.

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

GOLDBERG, S.; SUAREZ, D. L. Role of organic matter on boron adsorption-desorption hysteresis of soils. **Soil Science**, New Brunswick - USA, v.177, n.7, p.417 – 423, 2012.

GUPTA, U. C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**, New York, v.31, p. 273-309, 1979.

HERRERA-RODRIGUEZ M.B., GONZALEZ-FONTES A., REXACH J., CAMACHO-CRISTOBAL J.J., MALDONADO J.M., NAVARRO-GOCHICOA M.T. Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. **Plant Stress**, Chapter 4, p. 115–122, 2010.

HU H.; BROWN P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, Hague, Chapter 4, v.193, p.49-58, 1997.

KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, vol. 9, nº. 3, p. 291-297, 2008.

KOT, F.S. Boron sources, speciation and its potential impact on health. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, v.8, p.3-28 2009.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, p. 200, 2002.

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

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980, 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006, 638 p.

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

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARRO, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. **Método de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, p. 189-253, 1991.

PAULA, R. C.; PAULA, N. F.; MARINO, C. L. Breeding perennial species for abiotic stress. In: FRISTICHE-NETO, R.; BORÉM, A. (Eds.) **Plant breeding for abiotic stress tolerance**. Berlin: Springer-Verlag, p. 157-172, 2012.

PAVINATO, P.S.; AGUIAR, A.; CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Boro em arroz de terras altas cultivado em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 68, p. 743-751, 2009.

RAIMUNDI, D. L.; MOREIRA, G. C.; TURRI, L. T. Modos de aplicação de boro na cultura da soja. **Cultivando o Saber**. v. 6, n. 2, p.112-121, 2013.

REIS, C. J.; SORATTO, R. P.; BISCARO, G. A.; KULCZYNSKI, S. M.; FERNANDES, D. S. **Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado**. Agronômica Ceres. Viçosa, v. 55, n. 4, p. 258-264, 2008.

ROSOLEM, C. A.; DEUS, A. C. F.; MARTINS, P. O.; LÉLES, E. P. Acúmulo e distribuição de boro em cultivares de algodão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, p. 1231-1238, 2012.

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

ROSOLEM, C. A.; ZANCANARO, L.; BÍSCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**. Viçosa, v. 32, p. 2375-2383, 2008.

SANTOS, F.C.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; FOLONI, J.M.; ALBUQUERQUE, F.M.R.; KER, J. C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 32, n. 5, p. 2015-2025, 2008.

SANTOS, E. A. D. **Influência da aplicação foliar de cálcio e boro em pré e pós-floração sobre os componentes de produção e na produtividade da soja**. 2013.78 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.

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

SEIDEL, E. P.; BASSO, W. L. Adubação foliar a base de cálcio e boro no cultivo da soja (*Glycine max*). **Scientia Agraria Paranaensis**. v.11, n. 2, p 75-81, 2012.

SILVA, T. R. B; SORATTO, R. P. BISCARATO, T.; LEMOS, L. B. Aplicação foliar de boro e cálcio no feijoeiro. **Científica**. Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 46-52, 2006.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Distrito Federal: Brasília, 2009, 627p.

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

SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; CARVALHO, M. A. C.; SIMIDU, H. M. Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 37-44, 2008.

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

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719 p.

TRAUTMANN, R. R.; LANA, M. C.; GUIMARÃES, V. F.; GONÇALVES JR, A. C.; STEINER, F. Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, 2014, p. 240-251.

XAVIER, C. V. **Influência do boro no crescimento e acúmulo de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira**: 2014. 62f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

**CAPÍTULO 2: DOSES, MODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE BORO NA SOJA
EM CONDIÇÕES DE CAMPO.**

RESUMO

A utilização da adubação boratada vem ganhando importância na agricultura. A grande procura mundial por alimentos vem incentivando o manejo adequado da adubação por estimular o aumento na produtividade da soja. Porém na maioria das vezes técnicos e produtores utilizam a adubação boratada sem um prévio diagnóstico, os critérios para a adubação boratada é verificar a quantidade do nutriente no solo ou foliar, para depois fazer a recomendação do boro. Deste modo o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos das doses, modos e épocas de aplicação de boro, sobre os componentes de produção de soja e teor foliar do elemento. O experimento foi implantado na fazenda experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, com delineamento experimental em blocos ao acaso com nove tratamentos e quatro repetições. T-1 0,0; T-2 0,5; T-3 1,0; T-4 1,5; T-5 2,0; kg ha⁻¹ de boro, T6 - 0,5 kg ha⁻¹ de B junto ao adubo NPK 2-28-18 no sulco de semeadura; T-7 aplicação foliar com 0,3 kg ha⁻¹ de boro em V4; T-8 aplicação foliar com 0,3 kg ha⁻¹ de boro em R1; T-9 aplicação foliar de 0,150 kg ha⁻¹ em V4 mais 0,150 kg ha⁻¹ de boro em R1. Como doses foram consideradas os tratamentos T-1, T-2, T-3, T-4, T-5. Modos de aplicação considerou-se aplicação em área total (T-1 a T-5), localizado no sulco de semeadura (T-6) e via foliar (T-7 a T-9). As épocas de aplicação foram: anterior a semeadura (T-1 a T-6); aplicação no estágio vegetativo V4 quando as plantas apresentaram quarto nó totalmente expandido(T-7); estágio reprodutivo R1 no início do florescimento T-8; e aplicação nos estádios V4 e R1 parcelada a dose (T-9).As variáveis analisadas foram teor de boro na folha e grãos, acúmulo de boro em pleno florescimento, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade. Para todos os tratamentos foi utilizado como fonte o ácido bórico. A aplicação de boro nas diferentes doses, épocas e modos não influenciaram a maioria dos componentes agronômicos testados.

Palavras-chave: *Glycine max L*, micronutriente, ácido bórico, adubação foliar

ABSTRACT

The use of borated fertilization has been gaining importance in agriculture. The great world demand for food has been encouraging the proper management of fertilization by stimulating the increase of soybean yield. However, most of the times, technicians and producers use borated fertilization without previous diagnosis, the criteria for borated fertilization is to verify the amount of nutrient in the soil or foliar, and then make the recommendation of boron. In this way the present work had as objective to evaluate the effects of the doses, modes and times of application of boron, on the components of soybean production and leaf content of the element. The experiment was carried out at the experimental farm of the State University of Goiás, Câmpus Ipameri, with a randomized block design with nine treatments and four replications. T-10; T-20; T-31; T-4 1.5; T-5 2.0; Kg ha⁻¹ of boron, T6 - 0.5 kg ha⁻¹ of B with NPK fertilizer 2-28-18 in the sowing furrow; T-7 foliar application with 0.3 kg ha⁻¹ of boron in V4; T-8 foliar application with 0.3 kg ha⁻¹ of boron in R1; T-9 foliar application of 0.150 kg ha⁻¹ in V4 plus 0.150 kg ha⁻¹ of boron in R1. As doses, the treatments T-1, T-2, T-3, T-4, T-5 were considered. Modes of application were considered in total area (T-1 to T-5), located in the seeding groove (T-6) and via foliar (T-7 to T-9). The application times were: before sowing (T-1 to T-6); Application in the vegetative stage V4 when the plants presented fourth totally expanded node (T-7); Reproductive stage R1 at the beginning of flowering T-8; (T-9). The variables analyzed were boron content in the leaf and grains, boron accumulation in full flowering, number of pods per plant, number of grains per pod, mass of 100 grains and productivity. Boric acid was used as the source for all treatments. The application of boron in the different doses, times and modes did not influence most agronomic components tested.

Keywords: *Glycine max L*, micronutrient, boron, leaf fertilization

INTRODUÇÃO

O cultivo da soja (*Glycine max* L.) é uma prática significativa para a economia do país e responsável por gerar inúmeros empregos de forma direta e indireta. A comercialização da soja torna cada dia mais competitiva, fazendo com que o produtor desta oleaginosa tenha que aumentar sua produção, reduzindo gastos com insumos. Para isso, o agricultor necessita de adotar novas práticas que venham melhorar a produtividade, e umas delas é a utilização de micronutrientes.

A soja prevalece como uma das mais importantes culturas no mundo, pois possui alto teor de proteínas proporcionando várias maneiras de utilização e a formação de grandes setores industriais destinados ao seu processamento, obtendo produção de óleo e farelo; o farelo é o principal produto e mais valioso, faz parte de uma porção das exportações (GURGEL; 2007). A soja também é utilizada como fonte de biodiesel, sendo esta oleaginosa responsável por 70 a 80% do biodiesel produzido no Brasil (BUAINAIN; GARCIA, 2008). A soja contribui na produção de biodiesel, sobretudo após 2007, quando o governo federal criou a lei que permitia que 5% da concentração do diesel que for utilizado no Brasil, seja proveniente de fontes renováveis (KOHLHEPP, 2010; BERMANN, 2008).

O aumento da produção e da capacidade produtiva da soja brasileira foi alavancado, em parte, por méritos dos avanços científicos e da disponibilização de tecnologias à agricultura. Dentre essas tecnologias destacam-se a utilização de fertilizantes minerais foliares e a produção e utilização de sementes de qualidade (SUZANA et al., 2012; PESKE et al., 2012).

Nos últimos anos os estudos estão sendo realizados com elementos que possuem baixa mobilidade na planta, como cálcio e boro, pois estes nutrientes são responsáveis por maior retenção de vagem e aumento no peso de grãos, tornando maior a produtividade. A cultura da soja apresenta exigências variáveis com as fases do seu ciclo nos estádios reprodutivos e vegetativos em relação à absorção de cálcio e boro pelas plantas (SANTOS et al., 2008). As plantas necessitam de boro para inúmeros processos durante seu desenvolvimento, especialmente: no crescimento, na divisão celular e metabolismo do ácido nucléico, na germinação de grãos de pólen e no crescimento do tubo polínico; na síntese de aminoácidos e proteínas; e no transporte interno de açúcares, amidos, nitrogênio (N) e fósforo (P) (MASCARENHAS et al., 2014).

O boro possui interferência na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumenta o pegamento de flores e a granação, reduzindo a esterilidade masculina e grãos chochos. A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o

início da fase reprodutiva. Essa maior exigência deve-se ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (MALAVOLTA, 2006; GALLI et al., 2012).

O boro é um elemento fundamental para as plantas, pois atua como regulador enzimático e nos processos de estrutura e funcionamento das membranas (entrada e saída de solutos), formação da parede celular, síntese e transporte de carboidratos, síntese de proteínas, fixação de nitrogênio, fotossíntese e crescimento, além de proporcionar resistência a doenças (FERNANDES, 2006). Além da melhor fecundação das flores e formação de grãos, o boro interfere na retenção das vagens recém-formadas (canivetes), além de atuar no crescimento do meristema, diferenciação celular, maturação, divisão celular e crescimento das plantas (PRADO, 2008). Os melhores resultados tendem a ser encontrados quando a aplicação é realizada nos estádios de V6 a R5, isso ocorre porque é neste estágio que as plantas mais necessitam absorver maiores quantidade de boro para a formação e enchimento de grãos (RAIMUNDI et al., 2013).

A deficiência de boro no solo causa uma séria limitação no desenvolvimento da planta como menor sistema radicular, meristema apical e menor pegamento das flores entre outros, de várias culturas de interesse econômico, sendo a baixa fertilidade natural de alguns solos, a remoção pelas colheitas e o uso crescente e continuado de fertilizantes e corretivos, os fatores que mais contribuem para insolubilização de micronutrientes (SOARES et al., 2008). A deficiência de boro torna-se prejudicial na taxa de florescimento das culturas, pois ele atua na germinação de grãos de pólen e no crescimento do tubo polínico (PRADO, 2008). Atualmente, relatos de estudos com este micronutriente estão apresentando resultados divergentes, em relação à adubação com boro. Calonego et al. (2010) relatam em seus estudos com a cultura da soja que não houve efeito do boro quando aplicado na soja, enquanto Mantovani et al. (2013) aplicando boro via foliar na cultura do amendoim obtiveram incrementos na produtividade.

A deficiência de boro ocorre em solos brasileiros de forma geral, porém, prevalece nas regiões do cerrado, ou em solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica e com ocorrência de déficit hídrico (TIRLONI et al., 2011). Segundo Hansel e Oliveira (2016), as condições que favorecem a deficiência do boro são solos arenosos, alto índice pluviométrico, veranicos e estações secas, baixo teor de matéria orgânica e pH fora da faixa de 5,0 a 7,0.

Para a maioria das espécies o boro é um elemento imóvel e, como consequência, os primeiros sinais de sintomas da deficiência surgem nos meristemas, região de crescimento e maior exigência. A baixa mobilidade do boro dentro do floema, devido suas formas complexas, com pouca solubilidade é, conseqüentemente, de difícil redistribuição de folhas

mais maduras para localidades de maior exigência, como os tecidos meristemáticos. Assim, é necessário o constante suprimento desse micronutriente durante o período vegetativo e reprodutivo das plantas (MASCARENHAS et al., 2014).

As aplicações de boro via solo ou foliar são amplamente usadas em variás cultura como estratégias para melhorar o índice de pegamento de flores (polinização), rendimentos da qualidade dos frutos e tolerância ao estresse. No entanto, a eficácia da fertilização de boro para melhorar esses fatores podem variar na literatura (ROSS et al., 2006; KHAYYAT et al., 2007).

De acordo com Martin et al. (2014), as formas de fornecimento de boro às plantas envolvem a aplicação de fertilizantes boratados via solo, juntamente ou anterior à semeadura das culturas, ou então aplicação foliar, isoladamente ou juntamente com defensivos agrícolas. Portanto, a eficiência da aplicação foliar pode ser comprometida pelas condições climáticas e pela eficiência de absorção foliar, que varia para cada espécie vegetal (MARTIM et al., 2014).

OBJETIVOS

O objetivo foi avaliar os componentes da planta e da produção, a produtividade e a nutrição com boro na cultura da soja em função de doses, épocas, modo de aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado a campo durante safra 2015/2016 na Universidade estadual de Goiás Campus Ipameri, na área da fazenda experimental localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 17°43'20" de latitude Sul e 48°09'44" de longitude Oeste e altitude média de 800 m. O clima da região é uma transição entre clima tropical com inverno seco (Aw) e clima subtropical úmido com inverno seco e verão quente (Cwa) segundo o critério de Köppen (ALVARES et al. 2013).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos T-1 0,0; T-2 0,5; T-3 1,0; T-4 1,5; T-5 2,0; kg ha⁻¹ de boro, T6 - 0,5 kg ha⁻¹ de B junto ao adubo NPK 2-28-18 no sulco de semeadura; T-7 aplicação foliar com 0,3 kg ha⁻¹ de boro em V4; T-8 aplicação foliar com 0,3 kg ha⁻¹ de boro em R1; T-9 aplicação foliar de 0,150 kg ha⁻¹ em V4 mais 0,150 kg ha⁻¹ de boro em R1. Como doses foram considerados os tratamentos T-1, T-2, T-3, T-4, T-5. Modos de aplicação considerou-se aplicação em área total (T-1 a T-5), localizado no sulco de semeadura (T-6) e via foliar (T-7 a T-9). As épocas de aplicação foram: anterior a semeadura (T-1 a T-6); aplicação no estágio vegetativo V4 quando as plantas apresentaram quarto nó totalmente expandido(T-7); estágio reprodutivo R1 no início do florescimento T-8; e aplicação nos estádios V4 e R1 parcelada a dose (T-9).

A parcela experimental foi constituída de seis linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,45 m entre linhas, considerando-se como área útil as duas linhas centrais, descartando-se 1,0 m em cada extremidade. Foi realizada a amostragem do solo e submetida à análises químicas, conforme metodologias descritas em Silva (2009). Os seguintes resultados foram obtidos: pH (CaCl₂) pH 4,8; P (Mehlich) 5,6 mg d⁻³; M.O 2,9 dag kg⁻¹; k 46,0 mg dm⁻³; Ca 1,2 cmol_c dm⁻³; Mg 0,4 cmol_c dm⁻³; H+Al 3,8 cmol_c dm⁻³; B 0,34 mg dm⁻³; Cu 0,5 mg dm⁻³; Fe 43,0 mg dm⁻³; Mn 2,3 mg dm⁻³; Zn 1,4 mg dm⁻³, a textura do solo é 32 % de argila, 16% de silte e 52% areia. Foi aplicado calcário dolomítico visando elevar a saturação por bases para 60%, no período 60 dias antes da semeadura. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com a análise de solo, segundo Alvarez et al., (1999). Foram aplicados no sulco de plantio 9 kg ha⁻¹ de N, 126 P₂O₅ kg ha⁻¹ e 81 kg ha⁻¹ de K₂O, usando-se a fórmula NPK 2-28-18, na dose de 450 kg ha⁻¹. A semeadura ocorreu na 2ª quinzena de novembro de 2015, em sistema plantio direto, com a variedade MO7739 IPRO de ciclo médio, objetivando uma população de 260.000 plantas ha⁻¹.

Os tratos culturais foram realizados de maneira preventiva para o controle de doenças, pragas e plantas daninhas. Na dessecação e em pós-emergência utilizou-se o herbicida

glifosato potássico 620 g L⁻¹, na dose de 3,0 L ha⁻¹ e 2,0 L ha⁻¹ do produto comercial respectivamente. O tratamento de sementes foi realizado com os seguintes produtos fitossanitários: fungicida Maxim Advance com as seguintes concentrações: acilalaninato 20 g L⁻¹, tiabendazol 150 g L⁻¹, fludioxonil 25 g L⁻¹ aplicando-se 100 ml para cada 100 kg de sementes; e o inseticida Cruiser com a concentração de 350 g L⁻¹ de tiametoxan, na dose de 200 ml para cada 100 kg de sementes e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 250 g para cada 100 kg de sementes.

Para o controle de doenças foliares utilizou-se fungicida à base de triflostrobina 150 g L⁻¹ e prothioconazol 175,0 g L⁻¹ sendo 0,4 l ha⁻¹ do produto comercial na primeira aplicação no início do florescimento e após 18 dias da primeira aplicação, aplicou-se azoxistrobina 200 g L⁻¹ ciproconazol 80 g L⁻¹ 0,3 l ha⁻¹ do produto comercial. Para o controle de percevejos no enchimento dos grãos utilizou-se o inseticida imidacloprido 100 g L⁻¹ beta-ciflutrina 12,5 g L⁻¹ na fase de enchimento de grãos estágio R3 sendo 1,0 l ha⁻¹ do produto comercial. Todas as aplicações foram realizadas com equipamento de pulverização pressurizado com CO₂, utilizando bico cônico preto e vazão de 100 litros por hectare.

No pleno florescimento foram colhidas folhas sem os pecíolos, do terceiro trifólio do ápice para a base de quatro plantas por parcela aleatoriamente e; em seguida foram lavadas com água destilada e secas para a determinação da massa seca, teor e acúmulo de boro nas folhas e plantas (SFREDO, 2004). A extração foi realizada pelo método de digestão seca em mufla e a determinação de boro por espectrofotometria com azometina-H (SILVA, 2009). As folhas e caules das plantas colhidas foram separados, secas em estufa à 60°C com ventilação forçada por 48 h, e moídas posteriormente.

A colheita foi realizado na segunda quinzena de março, foram avaliados em 10 plantas da área útil os seguintes parâmetros: número de vagens/planta, número de grãos/vagem, teor de boro nos grãos e massa de 100 grãos e a produtividade, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%.

Os dados foram submetidos a análises de variância pelo teste F, ao teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade, para comparação de médias e regressão para efeitos de doses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de boro na folha, nos grãos e o acúmulo de boro em plantas no pleno florescimento, não foram significativamente influenciados pela adubação boratada (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de boro (mg kg^{-1}) na folha em pleno florescimento e nos grãos e acúmulo de boro (g ha^{-1}) na parte aérea da planta em pleno florescimento em função de doses e modos de aplicação.

Doses de B (kg ha^{-1})	Teor de Boro (mg kg^{-1})		Acúmulo B (g ha^{-1})
	Folha	Grãos	Planta em pleno florescimento
0	35,63 a	18,85 a	144,75 a
0,5	30,12 a	19,34 a	201,25 a
1,0	34,16 a	20,45 a	260,00 a
1,5	37,22 a	23,02 a	203,00 a
2,0	36,72 a	19,96 a	187,00 a
0,5 + NPK	32,20 a	19,34 a	166,00 a
0,3 V ₄	34,65 a	22,28 a	210,00 a
0,3 R ₁	41,02 a	20,20 a	248,00 a
0,15V ₄ +0,15R ₁	43,83 a	23,63 a	187,00 a
Regressão linear (0 a 2 kg ha)	Ns	ns	ns
Regressão polinomial (0 a 2 kg ha)	Ns	ns	ns
C.V.	15,64%	15,56%	22,07%

C.V.: coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Para o teor de boro na folha, verificou-se que em todos os tratamentos os teores estão dentro da faixa adequada que são de 21 a 55 mg kg^{-1} (SOUZA; LOBATO, 2004). Segundo Furlani et al. (2001), a deficiência de boro na soja é constatada quando o teor foliar é inferior a 25 a 30 mg kg^{-1} , e a toxidez aparece para teor acima de 83 mg kg^{-1} , dependendo da cultivar e das condições do ambiente. As plantas não demonstraram sintomas de toxidez em nenhum tratamento. Os valores encontrados ficaram entre 30,12 e 43,83 mg kg^{-1} na folha de soja. Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os de Rosolem (2007), que relata os valores

de 25 a 55 mg kg⁻¹ de boro foliar como adequados para boas produtividades. Rosolem et al. (2008), estudando o boro na cultura da soja por um período de três anos, verificaram que os teores de boro determinados nas folhas responderam à adubação boratada até 7,5 kg ha⁻¹.

O teor de boro nos grãos de soja não foi influenciado pela aplicação de boro, tanto as doses como as épocas de aplicação boratada (Tabela 1). Resultados que diferem dos encontrados por Souza (2008), que observou que os teores de boro nas sementes de soja foram influenciados positivamente por aplicações foliares de ácido bórico. Os resultados obtidos neste trabalho possivelmente se deve ao solo da área do experimento possuir 0,34 mg dm³ de boro sendo considerado médio. A concentração ideal de boro nos grãos seria de 20 a 27 mg kg⁻¹, quando a concentração foi inferior a 10 mg kg⁻¹, a produtividade se torna comprometida (RESENDE, 2004). O teor de boro neste estudo ficou na faixa entre 18, 85 e 23,63 mg kg⁻¹ dentro da normalidade.

O acúmulo de boro não foi significativamente influenciado pelos tratamentos de épocas de aplicação, com valores entre 166 e 248 g ha⁻¹, na quantidade acumulada pela cultura até o pleno florescimento. Portanto, às doses de boro aplicadas acumularam entre 144,75 e 260 g ha⁻¹. Resultados que diferem dos encontrados por Rosolem et. al, (2012), que trabalhando com acúmulo e distribuição de boro em quatro cultivares de algodão, verificou ajuste linear para o acúmulo de boro em plantas de algodoeiro.

Houve diferença estatística para o número de vagem planta⁻¹ entre as doses e épocas de aplicação, sendo que as doses de 0 a 2 kg ha⁻¹ aplicadas antes da semeadura, foram inferiores as épocas de aplicação R₁, V₄+R₁ e Boro + NPK estas épocas e modo de aplicação apresentaram melhores resultados (Tabela 2). A época que obteve o maior número de vagens planta⁻¹ foi a aplicação foliar 0,3 kg ha⁻¹ boro aplicados no estágio reprodutivo R₁ alcançando 83,2 vagens planta⁻¹, seguido pelos tratamentos V₄+R₁ e Boro + NPK com 69,75 e 65,75 vagens planta⁻¹ respectivamente. O fato de ter produzido maior número de vagens planta⁻¹ não refletiu em maior produtividade, bem como não foram verificadas diferenças significativas para número de grãos por vagens e massa de 100 grãos. Isso provavelmente porque o teor de boro no solo foi suficiente para a faixa de produtividade verificada.

Kappes et al. (2008), avaliando aplicação foliar na cultura da soja, observou que a época mais indicada para a aplicação de boro é o estágio R₅, resultado este que difere dos encontrados neste estudo que verificou o estágio R₁ como melhor época somente para o número de vagem planta⁻¹.

A aplicação de boro não aumentou o número de grãos por vagens quando aplicado antes da semeadura, junto ao adubo NPK ou nos estádios reprodutivo e vegetativo. Corroborando com os resultados deste trabalho, Seidel e Basso (2012) não encontrou

diferença estatística quando aplicaram cálcio e boro na cultura da soja para o número de grãos por vagem nos estádios R2, R3 e R4. Diferindo dos trabalhos de Bevilaqua et al. (2002), onde a aplicação de boro e cálcio teve efeito positivo para o número de grãos por vagem no feijoeiro.

Tabela 2. Número de vagem por planta, grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade kg ha^{-1} em função de doses e modos de aplicação.

Doses B (kg ha^{-1})	N° Vagem planta	Grãos Vagem	Massa de 100 grãos	Produtividade (kg ha^{-1})
0	50,85 c	2,14 a	15,7 a	2805,55 a
0,5	58,05 c	2,09 a	16,0 a	2642,59 a
1	57,60 c	2,07 a	15,7 a	2935,18 a
1,5	54,70 c	2,03 a	15,2 a	2816,66 a
2,0	50,40 c	2,07 a	16,0 a	2758,33 a
0,5 + NPK	65,75 b	2,06 a	15,2 a	2921,29 a
0,3 V₄	50,95 c	2,14 a	15,2 a	2715,74 a
0,3 R₁	83,20 a	1,95 a	16,0 a	2963,88 a
0,15V₄+0,15R₁	69,75 b	2,04 a	16,5 a	2995,37 a
Regressão linear (0 a 2 kg ha^{-1})	Ns	ns	ns	ns
Regressão polinomial (0 a 2 kg ha^{-1})	Ns	ns	ns	ns
C.V.	13,03%	7,02%	7,10%	8,03%

C.V.: Coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Comprovando os resultados obtidos neste estudo, Calonego et al. (2010) concluíram que a adubação boratada via foliar não interferiu na massa de 100 grãos e na produtividade da cultura da soja. Rosolem e Boaretto (1989) relataram que a época de maior suprimento dos nutrientes, para cultura da soja está entre R1 e R5. Portanto, na medida em que o boro não é translocado na planta de soja via floema, deve predominar a aplicação do boro na fase de floração ou pós-floração para obter efeitos na produtividade de grãos.

A explicação para não ter ocorrido diferença estatística entre os tratamentos de doses, épocas e modos de aplicação, está na quantidade de boro no solo da área, que é de $0,34 \text{ mg dm}^{-3}$ considerado como nível médio, assim suprindo a demanda exigida pelas plantas de soja.

Segundo Seidel e Basso (2012), a provável explicação de não ter diferença significativa na produtividade da soja, pela aplicação foliar de Ca e boro é que seus teores no solo encontravam-se adequados $0,38 \text{ mg dm}^{-3}$ e $0,25 \text{ mg dm}^{-3}$ respectivamente e foram capazes de suprir a demanda destes elementos para a cultura da soja, que foi constatado pela boa produtividade da cultura.

CONCLUSÕES

- 1- A aplicação de $0,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de B no estágio R₁ proporcionou o maior número de vagens por planta.
- 2- A aplicação de boro nas diferentes doses, épocas e modos não influenciaram a produtividade e a maioria dos componentes agronômicos testados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES., C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES,J.L.;GONÇALVES,J.L.M.; SPAROVEK ,G.; Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. CFSEEMG, Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.24-32.
- BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, São Paulo,v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008.
- BEVILAQUA, G. A. P.; FILHO, P. M. S.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p. 31-34, 2002.
- BUAINAIN, A.M.; GARCIA, J.R. **Biodisel sem a agricultura familiar**. 2008. CISoja: Disponível em: <http://www.cisjo.com.br/index.php?p=artigo&ida=87> acesso 28 outubro 2016.
- CALONEGO, J.C.; OCANI, K.; OCANI, M.; SANTOS, C.H. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.6, n.2, p.20-26, 2010.
- FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 432 p, 2006.
- FURLANI, A. M. C.; TANAKA, R. T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M. F.; MASCARENHAS, H. A. A. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 25, n. 4, p. 929-937, 2001.
- GALLI, J.A.; PALHARINI, M. C. A.; FISCHER, I.U.; MICHELOTTO, M. D.; MARTINS, A.L.M. Boro: efeito na produção e qualidade de frutos de diferentes variedades de manga. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, 2012.
- GURGEL, F.L. **A cultura da soja**. 2007 Disponível em: www.agroline.com.br/artigos/artigo.php?id=383>. Acesso em 28 de outubro 2016.
- HANSEL, F. D., OLIVEIRA, M, L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. Informações Agronômicas. In: IPNI – **International Plant Nutrition Institute**. 153: 8p, 2016.
- KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, vol. 9, nº. 3, p. 291-297, 2008.
- KHAYYAT, M., TAFAZOLI, E., ESHGHI, S., RAJAEE, S. Effect of nitrogen, boron, potassium and zinc sprays on yield and fruit quality of date palm. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**. v. 2, p. 289–296, 2007.
- KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006, 638 p.
- MANTOVANI, J.P.M.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Adubação foliar de boro em diferentes estádios fenológicos da cultura do amendoim. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 270-278, 2013.
- MARTIN, T. N., PAVINATO, P. S., DE MENEZES, L. F. G., SANTI, L. A., BERTONCELLI, P., & Ortiz, S. Utilização de cálcio e boro na produção de grãos e silagem de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v.35, n.4, Suplemento 1, p. 2699-2710, 2014.
- MASCARENHAS, H, A, A., ESTEVES, J, A, F., WUTKE, E, B., GALLO, P, B. Micronutrientes em soja no estado de São Paulo. **Nucleus**, v. 11, n. 1, p. 179-198, 2014.
- PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S. de A.; SCHUCH, L.O.B. Produção de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E.. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: Editora Universitária, UFPel, p.13-104, 2012.
- PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008, 408 p.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Capes/Fundes, p. 221-240, 2008.
- RAIMUNDI, D.L; MOREIRA, G.C; TURRI, L.T. Modos de aplicação de boro na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 2, p.112-131, 2012.
- RESENDE, A.V. **Adubação da soja em áreas de cerrado: micronutrientes**. Planaltina DF. Embrapa Cerrados. p. 29, 2004.
- ROSOLEM, C. A.; BOARETTO, A. E. A adubação foliar em soja. In: BOARETTO, A. E.; ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas, SP: Fundação Cargill, p. 500, 1989.
- ROSOLEM, C. A. **Produtividade máxima da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 237-244, 2007. (Boletim de Pesquisa de Soja).
- ROSOLEM, C. A.; DEUS, A. C. F.; MARTINS, P. O.; LÉLES, E. P. Acúmulo e distribuição de boro em cultivares de algodão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1231-1238, 2012.
- ROSOLEM, C. A.; ZANCANARO, L.; BÍSCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2375-2383, 2008.
- ROSS, J. R., SLATON, N. A., BRYE, K. R., DELONG, R. E. Boron fertilization influences on soybean yield and leaf and seed boron concentrations. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**. p. 98, 198–205, 2006.
- SANTOS, F.C.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; FOLONI, J.M.; ALBUQUERQUE, F.M.R.; KER, J. C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de

cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 2015-2025, 2008.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. 1ª ed. v. 1. 314 p. Londrina, PR: Mecenas, 2009.

SEIDEL, E. P.; BASSO, W. L. Adubação foliar a base de cálcio e boro no cultivo da soja (*Glycine max*). **Scientia Agraria Paranaensis**. v.11, n. 2, p. 75-81, 2012.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004, 44 p.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Distrito Federal: Brasília, 2009, 627p.

SOARES, M.R.; CASAGRANDE, J.C.; ALLEONI, L.R.F. Adsorção de boro em solos ácidos em função da variação do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 111-120, 2008.

SOUZA, S.A. **Efeitos da aplicação de nutrientes na produtividade e qualidade de sementes de soja**: 2008. 56f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SUZANA, C. S.; BRUNETTO, A.; MARANGON, D.; TONELLO, A. A.; KULCZYNSKI, S. M. Influência da Adubação foliar sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2386, 2012.

TIRLONI, C.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; CARDUCCI, C. E.; HEID, D. M. **Crescimento de *Corymbia citriodora* sob aplicação de Boro nas épocas secas e chuvosas no Mato Grosso do Sul, Brasil**. *Silva Lusitana*, Lisboa, v. 19, n. 2, p. 197-206, 2011.

CONCLUSÃO GERAL

Em solo com baixa disponibilidade de água (CRA de 50%) as plantas de soja não responderam a adubação boratada; com a disponibilidade média de água (CRA70%) as doses foram crescente para o acúmulo de boro, massa seca de raiz, parte aérea, número de vagens por planta e massa seca de 100 grãos aumentaram até as doses de 0,7 a 1,0 mg dm⁻³; na CRA de 90 % a soja responde de forma linear na variáveis massa seca de parte raiz, acúmulo de boro e produtividade.

A aplicação de boro nas diferentes doses, épocas e modos não influenciaram a produtividade a a maioria dos componentes agronômicos testados.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, J.L.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G.; Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. CFSEEMG, Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.24-32.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach**. 2. ed. New York, John Wiley & Sons, p. 330-338, 1995.
- BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. Van. Eficiência de extratores na determinação de boro em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.25-31, 1990.
- BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008.
- BEVILAQUA, G. A. P.; FILHO, P. M. S.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p. 31-34, 2002.
- BUAINAIN, A.M.; GARCIA, J.R. **Biodiesel sem a agricultura familiar**. 2008. CISoja: Disponível em: <http://www.cisjo.com.br/index.php?p=artigo&ida=87> acesso 28 outubro 2016.
- CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron efficiency induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil, the hague**, v. 193, n. 1/2, p. 71-83, 1998.
- CALONEGO, J.C.; OCANI, K.; OCANI, M.; SANTOS, C.H. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.6, n.2, p.20-26, 2010.
- CASTAGNEL, J.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar de boro na cultura do feijão. **Cultivando o saber**. Cascavel, v.2, n.3, p.7-16, 2009.
- CASTRO, C. D., MOREIRA, A., OLIVEIRA, R. F. D., DCHEN, A. R.. Boron and water stress on yield of sunflower. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 214-220, 2006.
- CERVILLA L.M., ROSALES M.A. RUBIO-WILHELMI M.M., SANCHEZ-RODRIGUEZ E., BLASCO B., RIOS J.J., ROMERO L., RUIZ J.M. Involvement of lignification and membrane permeability in the tomato root response to boron toxicity. **Plant Science**, 176: p. 545–552, 2009.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira): **Grãos, Quarto Levantamento**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf Acesso em: 17 jan. 2017.
- DANTAS, J. P. Boro. In: FERREIRA, M. E. F.; CRUZ, M. C. P. C. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, p. 113-130, 1991.

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, p. 91-132, 2007.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap. 13, p. 328-352, 2006.

DECHEN, A.R.; HAAG, H. P; CARNELLO, Q. A. C;. Mecanismos de absorção e de translocação de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, p. 79-130, 1991.

DUPAS, E. **Nitrogênio, potássio e boro: aspectos produtivos, morfológicos, nutricionais e frações fibrosas e proteicas do capim-tanzânia**. 2012. 89f. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>> Acesso em: 25 fev. 2015.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; SOUZA, F.S.; PIEDADE, A.R.; LEMOS, L.B.: Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão adubados via foliar com cálcio e boro. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.34. n.1, p.59-65, 2006.

FATIMA, A. Role of boron in plasma membrane H⁺ ATPase hydrolytic and pumping activity in maize (*Zea mays* L.) **A thesis submitted for the requirement of the doctoral degree**. Justus Liebig University Giessen, Germany, 2013.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 432 p, 2006.

FERREIRA JUNIOR, J. A.; ESPINDOLA, S. M. C. G.; GONÇALVES, D. A. R.; LOPES, E. W. **Avaliação de genótipos de Soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba – MG**. Agronomia, Uberaba, n. 07, p.13-21, 2010.

FURLANI, A. M. C.; TANAKA, R. T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M. F.; MASCARENHAS, H. A. A. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 25, n. 4, p. 929-937, 2001.

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

GOLDBERG, S.; SUAREZ, D. L. Role of organic matter on boron adsorption-desorption hysteresis of soils. **Soil Science**, New Brunswick - USA, v.177, n.7, p.417 – 423, 2012.

GUPTA, U. C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**, New York, v. 31, p. 273-309, 1979.

GURGEL, F.L. **A cultura da soja**. 2007 Disponível em: HANSEL, F, D., OLIVEIRA, M, L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. Informações Agronômicas. In: IPNI – **International Plant Nutrition Institute**. 153: 8p, 2016.

HERRERA-RODRIGUEZ M.B., GONZALEZ-FONTES A., REXACH J., CAMACHO-CRISTOBAL J.J., MALDONADO J.M., NAVARRO-GOCHICOA M.T. Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. **Plant Stress**, Chapter 4, p. 115–122, 2010.

HU H.; BROWN P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, Hague, Chapter 4, v.193, p.49-58, 1997.

KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, vol. 9, nº. 3, p. 291-297, 2008.

KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, vol. 9, nº. 3, p. 291-297, 2008.

KHAYYAT, M., TAFAZOLI, E., ESHGHI, S., RAJAEI, S. Effect of nitrogen, boron, potassium and zinc sprays on yield and fruit quality of date palm. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**. 2, p. 289–296, 2007.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

KOT, F.S. Boron sources, speciation and its potential impact on health. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, v.8, p.3-28, 2009.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006, 638 p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, p. 200, 2002.

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

MANFREDINI, D. **Cálcio e boro para soja-perene: características anatômicas e agronômicas e concentração de nutrientes**. 2008. 103f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MANTOVANI, J.P.M.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Adubação foliar de boro em diferentes estádios fenológicos da cultura do amendoim. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 270-278, 2013.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio:**

Brasil 2011/19 a 2021/22. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

MARTIN, T. N., PAVINATO, P. S., DE MENEZES, L. F. G., SANTI, L. A., BERTONCELLI, P., & Ortiz, S. Utilização de cálcio e boro na produção de grãos e silagem de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v.35, n.4, Suplemento 1, p. 2699-2710, 2014.

MASCARENHAS, H, A, A., ESTEVES, J, A, F., WUTKE, E, B., GALLO, P, B. Micronutrientes em soja no estado de São Paulo. **Nucleus**, v. 11, n. 1, p. 179-198, 2014.

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

MENGEL, K.; KIRBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 2001, 687p.

MORTVEDT, J. J. Needs for controlled-availability micronutrient fertilizers. **Fertilizer Research**, v.38, p.213-221, 1994.

NEVES, J. A. **Desempenho agrônômico de genótipos de soja sob condições de baixa latitude em Teresina-PI**. 2011, 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARRO, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. **Método de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, p. 189-253, 1991.

PAULA, R. C.; PAULA, N. F.; MARINO, C. L. Breeding perennial species for abiotic stress. In: FRISTICHE-NETO, R.; BORÉM, A. (Eds.) **Plant breeding for abiotic stress tolerance**. Berlin: Springer-Verlag, p. 157-172, 2012.

PAVINATO, P.S.; AGUIAR, A.; CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Boro em arroz de terras altas cultivado em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 68, p. 743-751, 2009.

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S. de A.; SCHUCH, L.O.B. Produção de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E.. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: Editora Universitária, UFPel, p.13-104, 2012.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Capes/Fundes, p.221-240, 2008.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008, 408 p.

RAIMUNDI, D. L.; MOREIRA, G. C.; TURRI, L. T. Modos de aplicação de boro na cultura da soja. **Cultivando o Saber**. v. 6, n. 2, p.112-121, 2013.

RAIMUNDI, D.L; MOREIRA, G.C; TURRI, L.T. Modos de aplicação de boro na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 2, p.112-131, 2012.

REIS, C. J.; SORATTO, R. P.; BISCARO, G. A.; KULCZYNSKI, S. M.; FERNANDES, D. S. **Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado**. *Agronômica Ceres*. Viçosa, v. 55, n. 4, p. 258-264, 2008.

RESENDE, A.V. **Adubação da soja em áreas de cerrado: micronutrientes**. Planaltina DF. Embrapa Cerrados. p. 29, 2004.

ROSOLEM, C. A. **Produtividade máxima da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 237-244, 2007. (Boletim de Pesquisa de Soja).

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

ROSOLEM, C. A.; BOARETTO, A. E. A adubação foliar em soja. In: BOARETTO, A. E.; ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas, SP: Fundação Cargill, p. 500, 1989.

ROSOLEM, C. A.; DEUS, A. C. F.; MARTINS, P. O.; LÉLES, E. P. Acúmulo e distribuição de boro em cultivares de algodão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, p. 1231-1238, 2012.

ROSOLEM, C. A.; ZANCANARO, L.; BÍSCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**. Viçosa, v. 32, p. 2375-2383, 2008.

ROSS, J. R., SLATON, N. A., BRYE, K. R., DELONG, R. E. Boron fertilization influences on soybean yield and leaf and seed boron concentrations. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**. p. 98, 198–205, 2006.

SAH, R.N.; BROWN, P. H. Techniques for boron determination and their application to the analysis of plant and soil samples. **Plant and Soil**, v. 193, n. 1-2, p.15-33, 1997.

SANTOS, E. A. D. **Influência da aplicação foliar de cálcio e boro em pré e pós-floração sobre os componentes de produção e na produtividade da soja**. 2013.78 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.

SANTOS, F.C.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; FOLONI, J.M.; ALBUQUERQUE, F.M.R.; KER, J. C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 32, n. 5, p. 2015-2025, 2008.

SANTOS, F.C.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; FOLONI, J.M.; ALBUQUERQUE, F.M.R.; KER, J. C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 2015-2025, 2008.

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

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. 1ª ed. v. 1. 314 p. Londrina, PR: Mecenas, 2009.

SEIDEL, E. P.; BASSO, W. L. Adubação foliar a base de cálcio e boro no cultivo da soja (*Glycine max*). **Scientia Agraria Paranaensis**. v.11, n. 2, p 75-81, 2012.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja**. Londrina: (Embrapa Soja), 2004, 44 p.

SHENG, O.; SONG, S. W.; PENG S.; DENG, X. X. The effects of low boron on growth gas exchange, boron concentration and distribution of 'Newhall' navel orange *Citrus sinensis* Osb. plants grafted on two rootstocks. **Science Horticulture**, v.121, p.278–283, 2009.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Distrito Federal: Brasilia, 2009, 627p.

SILVA, T. R. B; SORATTO, R. P. BISCARATO, T.; LEMOS, L. B. Aplicação foliar de boro e cálcio no feijoeiro. **Científica**. Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 46-52, 2006.

SOARES, M.R.; CASAGRANDE, J.C.; ALLEONI, L.R.F. Adsorção de boro em solos ácidos em função da variação do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 111-120, 2008.

SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; CARVALHO, M. A. C.; SIMIDU, H. M. Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 37-44, 2008.

SOUZA, S.A. **Efeitos da aplicação de nutrientes na produtividade e qualidade de sementes de soja**: 2008. 56f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SUZANA, C. S.; BRUNETTO, A.; MARANGON, D.; TONELLO, A. A.; KULCZYNSKI, S. M. Influência da Adubação foliar sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2386, 2012.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719 p.

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

TIRLONI, C.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; CARDUCCI, C. E.; HEID, D. M. **Crescimento de *Corymbia citriodora* sob Aplicação de Boro nas Épocas Secas e Chuvosas no Mato Grosso do Sul, Brasil**. Silva Lusitana, Lisboa, v. 19, n. 2, p. 197-206, 2011.

TRAUTMANN, R. R.; LANA, M. C.; GUIMARÃES, V. F.; GONÇALVES JR, A. C.; STEINER, F. Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, 2014, p. 240-251.

TRAUTMANN, R. R.; LANA, M. C.; GUIMARÃES, V. F.; GONÇALVES JR, A. C.; STEINER, F. Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do

nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 240-251, 2014.

XAVIER, C. V. **Influência do boro no crescimento e acúmulo de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira**: 2014. 62f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.