



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



**APLICAÇÃO DE BORO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DA CULTURA
DA SOJA**

**M
E
S
T
R
A
D
O**

IVANA DA SILVA GOMES

Ipameri-GO
2016

IVANA DA SILVA GOMES

**APLICAÇÃO DE BORO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DA
CULTURA DA SOJA**

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás - UEG, Câmpus Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri
2016

Gomes, Ivana da Silva.

Aplicação de boro em diferentes estádios da cultura da soja / Gomes,
Ivana da Silva –2016.

29f. il.

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Goiás, Câmpus
Ipameri, 2016.

1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia. 3. Produção Vegetal.

I. Título.



Câmpus Ipameri
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal
Rodovia GO 330, Km 241, Anel Viário, 75780-000 Ipameri-GO
www.ppgpv.ueg.br e-mail: ppgpv.ipameri@gmail.com
Fone: (64)3491-5219



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “APLICAÇÃO DE BORO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DA CULTURA DA SOJA”

AUTORA: Ivana da Silva Gomes

ORIENTADOR: Cleiton Gredson Sabin Benett

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


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


Profa. Dra. KATIANE SANTIAGO SILVA BENETT
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Prof. Dr. ANDERSON RODRIGO DA SILVA
Instituto Federal Goiano/Câmpus Urutaí-GO

Data da realização: 29 de fevereiro de 2016

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais Ildemar da Costa Gomes e Josefa Borges da Silva Gomes, que sempre estiveram ao meu lado me proporcionando além do amor incondicional, carinho, integridade, respeito, me ensinaram a insistir e a não desistir do meu ideal com determinação e perseverança.

Aos meus queridos avós Maria Creuza de Carvalho Gomes e Raimundo Nonato Gomes (*in memoriam*), pelo apoio, amor, dedicação e ensinamentos a mim dedicados. Sem vocês nada disso seria possível. Minha base, minha formação pessoal e referência de respeito, perseverança, honestidade e integridade.

Aos meus queridos irmãos Raimundo Nonato Gomes Neto e João Itamar da Silva Gomes (*in memoriam*) pelo amor, carinho, incentivo e por sempre torcerem e acreditarem na minha capacidade de vencer.

Aos meus sobrinhos que tanto amo, João Henrique Gomes da Silva e Ana Cristina do Lago Gomes, por me proporcionaram carinho, amor e alegrando ainda mais os meus dias.

Em especial ao meu amor Ademilson Coneglian, pelos cuidados de sempre, pelo apoio, companheirismo e incentivo nos momentos de dificuldade e por me fazer feliz.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por sempre me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades e mostrar os caminhos nas horas incertas.

À Universidade Estadual de Goiás, e ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade e aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de estudos.

Aos colegas do grupo de pesquisa, Ricardo Caldas Xavier, Laylla Frasca e especialmente ao meu querido amigo Rogério Lamim da Silva Júnior, que contribuíram para a execução do meu projeto e cuja participação foi fundamental para a realização deste trabalho. Pelo enorme companheirismo e imensa dedicação, meu sincero muito obrigada!

Em especial ao meu orientador Professor Cleiton Benett, pela competência, eficiência, sabedoria, comprometimento, exemplo de profissional. Agradeço pela orientação, paciência, pelos ensinamentos e dedicação a este e outros projetos que executamos, contribuindo para o meu crescimento profissional.

À empresa Monsanto do Brasil, representada pela Engenheira Agrônoma Mariana Menin, pelo fornecimento das sementes da variedade transgênica intacta M 7739 IPRO. Agradeço também à Embrapa Cerrados, representada pelo pesquisador Dr. Sebastião Pedro da Silva Neto, pela concessão das sementes de soja convencional BRS 7980.

Aos tios, tias, primos e primas que sempre acreditaram em mim e sempre estiveram do meu lado, dando força e apoio.

Aos meus avós pelo apoio de sempre, pela confiança infinita que depositam em mim e pelo imenso carinho.

À todos os professores da pós-graduação pelo convívio e aprendizado.

A todos vocês, meu muito obrigada!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO	5
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1 Desenho experimental	6
3.2 Procedimentos estatísticos.....	9
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
5 CONCLUSÕES	24
6 REFERÊNCIAS	25

RESUMO

A elevada demanda mundial por alimentos vem estimulando a utilização de práticas de manejo como a utilização de micronutrientes, para potencializar a produtividade de grãos de soja. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação de doses de boro, estádios fenológicos e variedades de soja nos componentes de produção, produtividades e qualidade fisiológica de sementes. Foram realizados dois experimentos de campo conduzidos paralelamente na safra 2014/2015 na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri. O delineamento experimental utilizado em cada um dos dois experimentos foi o de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 3 x 5, sendo três estádios fenológicos (V6, V9 e R1) e cinco doses de boro (0, 1, 2, 3 e 4 kg ha⁻¹), com quatro repetições, repetido em duas variedades de soja. Foram realizadas as seguintes avaliações: teores de boro foliar, Teor de clorofila, os componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. A aplicação de boro nos diferentes estádios não influenciou a maioria dos componentes agronômicos testados tanto para soja convencional como para a transgênica. Porém, foi eficiente em incrementar a produtividade das duas variedades estudadas, independente do estágio de aplicação do micronutriente. A dose indicada para a máxima produção independente da variedade estudadas é de 3,51 kg ha⁻¹ de boro. A aplicação de boro influenciou na qualidade fisiológica de sementes e o estágio mais indicado para a aplicação visando melhoria nas sementes é o estágio V9 e R1, independente da variedade. Aplicação de doses menores que 0,4 kg ha⁻¹ de boro pode interferir na qualidade fisiológica de sementes.

Palavras-chave: *Glycine Max* L. nutrição de plantas, adubação boratada, produtividade.

ABSTRACT

The high global demand for food has encouraged the use of management practices and the use of micronutrients to enhance the productivity of soybeans. This study aims to evaluate the application of boron rates, phenological stages and soybean varieties in components production, productivity and seed physiological quality. Two field experiments conducted in parallel were carried out in 2014/2015 crop in the experimental area of the State University of Goiás, Campus Ipameri. The experimental design used in each of the two experiments was randomized blocks, arranged in a factorial 3 x 5, three phenological stages (V6, V9 and R1) and five doses of boron (0, 1, 2, 3 and 4 kg ha⁻¹), with four repetitions, repeated in two soybean varieties. The following evaluations were performed: leaf boron content, Chlorophyll content, production components, productivity and physiological quality of soybean seeds. The application of boron in different stages did not affect most agronomic components tested both for conventional soybeans as for GM. However, it was effective in increasing the productivity of both varieties studied, regardless of micronutrient application stage. The dose for maximum independent production of the variety studied is 3.51 kg ha⁻¹ of boron. The boron application influenced the physiological seed quality and the stadium more suitable for the application for improvement in the seeds is the V9 and R1 stage, regardless of the variety. Application lower doses than 0,4 kg ha⁻¹ of boron can interfere with the physiological quality of seeds.

Keywords: *Glycine Max* L. plant nutrition, borated fertilizer, productivity.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine Max L.*) tem sua origem creditada ao continente asiático, mais especificamente à China. Atualmente é cultivada em praticamente todas as regiões do mundo e sua adaptabilidade e alta produtividade alcançada é em função do tipo de manejo empregado e dos avanços constantes dos processos de melhoramento genético dos seus ancestrais, visando obter as características mais desejadas.

O Brasil se destaca como o segundo maior produtor e exportador de grãos de soja do mundo. Sua área cultivada também aumentou significativamente nos últimos anos, tornando-se a principal responsável pela expansão da fronteira agrícola (CONAB, 2016). A soja é muito utilizada no consumo humano e animal, devido ao seu alto valor biológico, apresentando boa digestibilidade, adequadas quantidades de aminoácidos essenciais e de nitrogênio total, se constituindo excelente fonte de proteína e tornando-se matéria prima impulsionadora de diversificados complexos agroindustriais (FERREIRA JUNIOR et al., 2010; PIRES et al., 2006). No entanto, para se alcançar altas produtividades, é necessário, dentre outras práticas, o manejo adequado da cultura e o fornecimento de nutrientes para potencializar sua produção.

O crescimento da produção e o aumento da capacidade produtiva da soja brasileira estão aliados aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias no setor produtivo, como a utilização de fertilizantes minerais, entre outras tecnologias (SUZANA et al., 2012; PESKE et al., 2012; SOUZA et al., 2008). Além disso, o melhoramento genético da soja contribui de forma significativa no desenvolvimento de sementes e de cultivares cada vez mais resistentes e produtivas.

As tradicionais variedades de soja ainda estão presentes no campo, para atender ao nicho de mercado, principalmente europeu e japonês que têm demonstrado alta rejeição em consumir produtos geneticamente modificados, dando preferência à soja convencional. Dessa forma, esses mercados estariam dispostos a pagar caro para ter material convencional e esse pagamento se constituiria em incentivo à produção dessa variedade. As vantagens e desvantagens do cultivo e comercialização de produtos geneticamente modificados ou convencionais requer estudos e comparações de preços de custo de produção que justifiquem a troca de uma variedade pela outra (PELAEZ et al., 2004). No entanto, o cultivo e a comercialização de produtos agrícolas geneticamente modificados predominam na plantação brasileira (CUNHA et al., 2015).

A adubação é essencial para o sucesso da produção, e o uso de micronutrientes vem ganhando destaque entre os produtores, principalmente pelo fato de diminuir os custos da produção. Os solos brasileiros são naturalmente ácidos, e a carência de boro (B) é muito comum,

principalmente pelo fato de serem solos arenosos e pobres em matéria orgânica, o que possibilita às práticas de manejo interferirem nos aspectos biológicos do solo, conferindo ao manejo e uso das terras, a necessidade de cada vez mais serem estudados como fatores adicionais de variabilidade (ARTUR et al., 2014; ZANÃO JÚNIOR et al., 2010; MUSSKOPF & BIER, 2010; OLIVEIRA et al., 1996). Desta maneira, práticas de manejo, como a época de aplicação de micronutrientes, especialmente o boro e a escolha do material a ser plantado, podem contribuir para o aumento da produtividade e qualidade dos grãos em lavouras de soja.

A aplicação do boro na cultura da soja, na sua maioria é realizada via foliar devido à facilidade de aplicação, fornecendo às plantas nutrientes de absorção rápida, mas o método mais eficiente para aplicação de fertilizantes minerais ainda é via solo, devido à grande capacidade das raízes em absorver água e nutrientes (MALAVOLTA, 1989). De maneira geral, o boro é imóvel no floema das plantas, com exceção daquelas que produzem poliois que complexam o boro e o tornam móvel no floema de plantas como as amendoeiras, macieiras e nectarinas. Assim, nas plantas em que o boro é imóvel, a maneira mais eficiente de aplicação seria via solo (BROWN e HU, 1994).

O boro é essencial ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas e dentre os micronutrientes, sua deficiência é a que ocorre em maior frequência (RAIMUNDI et al., 2013; BLEVINS e LUKASZEWSKI, 1998; GUPTA, 1979). Segundo Goldberg (1997) alguns fatores interferem na disponibilidade de boro presente no solo para as plantas, os quais seriam: a umidade e a textura do solo, a temperatura e a matéria orgânica presente no solo. Segundo o mesmo autor, a disponibilidade do B diminui com a redução da umidade, o mesmo acontece em relação à textura do solo, quanto mais arenoso, menor é a disponibilidade do micronutriente e, em relação à matéria orgânica do solo quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior é a disponibilidade de B para as plantas.

O boro tem sido objeto de muitos estudos em virtude das suas várias funções desempenhadas no metabolismo vegetal, sendo substancial não só para a alta qualidade das culturas, como também para se obter rendimentos mais elevados (FÁTIMA, 2013). Dentre os processos fisiológicos dos quais o boro participa podemos citar: o transporte de açúcares, respiração, lignificação, fixação de nitrogênio, estrutura da parede celular e metabolismos de carboidratos, fenólicos, de ácido indolacético, de RNA, de AIA, de ascorbato e ainda desempenha função na síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (TRAUTMANN, 2014; REIS et al., 2008; MARSCHNER, 1995).

De acordo com Lima et al. (2013) o boro ainda é importante no crescimento do tubo polínico e na germinação do grão de pólen, o que acarreta em caso de deficiência, um baixo

pegamento de flores e má formação de grãos, e o suprimento adequado de B proporciona menores valores de chochamento dos grãos e de esterilidade masculina.

A deficiência de boro causa impacto direto na estrutura, crescimento e divisão celular dos vegetais, e a morte do tecido meristemático é um dos sinais mais comuns da falta de B (O'NEILL et al., 2001). De forma indireta, a escassez de boro afeta o crescimento de raízes e a absorção de água, visto que, no estado de deficiência há uma redução na superfície de absorção de água e de nutrientes (WIMMER e EICHERT, 2013).

Segundo Furlani et al. (2001), a soja é uma das culturas anuais mais exigentes em B, sendo comum a deficiência nessa cultura. De maneira geral, a exigência nutricional das culturas é maior com o início da fase reprodutiva e essa alta exigência é devido ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A época de aplicação exerce influência na produção de grãos e sementes, pois a época de maior demanda de nutrientes pelas plantas de soja ocorre nos estádios R1 a R5 (ROSOLEM e BOARETTO, 1989). A exigência de B é normalmente maior para a produção de sementes e grãos, do que para o crescimento vegetativo das plantas, devido a sua participação no processo de fertilização (FAQUIN, 1994).

A reserva de boro nas sementes também é extremamente importante, pois sementes deficientes têm baixo poder germinativo, devido à sua formação e, além do mais irão formar plântulas anormais (RERKASEN et al., 1997; MARSCHNER, 1995). A influência de boro sobre a qualidade fisiológica de sementes, pode-se dizer que os resultados de pesquisa são contraditórios. Kappes et al. (2008) verificaram em sementes de soja que a qualidade destas não foram influenciadas pela aplicação foliar de boro. Lima et al. (2013) avaliando a aplicação de fonte e doses boro no sulco de plantio na qualidade de sementes de feijão-comum e mamona sob consórcio observam melhoria na qualidade fisiológica das sementes.

O vigor é de extrema importância pois, sementes com baixo vigor, mesmo com alta porcentagem de germinação, podem resultar em baixo rendimento em campo, quando submetidas a condições desfavoráveis (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

As doses de boro usadas para suprir as necessidades das culturas, podem não fornecer a concentração adequada do nutriente na solução do solo de modo a proporcionar o desenvolvimento das plantas, principalmente nos solos argilosos e com excesso de calagem (YAMADA, 2000). A dose ótima de boro recomendada para a cultura da soja, segundo a Embrapa soja (1999), é de 1,5 kg ha⁻¹ de B. Segundo Lopes (1999), como recomendação geral do manejo de micronutrientes em solos de cerrado, deve ser feita adubação de manutenção com aplicação de 1 a 2 kg ha⁻¹ de B a cada quatro ou cinco anos. Fageria et al. (1997) afirmaram que a deficiência de B na maioria dos solos

pode ser corrigida com a aplicação de 1 a 3 kg ha⁻¹ de B para as culturas anuais. Trautmann et al. (2014), relatam que a aplicação de doses crescentes de boro até 2 mg dm⁻³ em Latossolo Vermelho eutroférico com textura arenosa, interferiu de forma negativa no desenvolvimento das raízes e foi indiferente ao desenvolvimento da parte aérea das plantas de soja. De acordo com Ceretta et al. (2005), existe diversos resultados experimentais demonstrando grande variabilidade de respostas à aplicação de boro e por esse motivo seria bastante interessante se testar doses maiores do micronutriente.

Assim, é necessário o pleno conhecimento do momento e da dose ideal de aplicação de boro, pois auxiliam o produtor no desenvolvimento de estratégias de manejo, capazes de potencializar sua produção e garantir sementes com alto vigor.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação de doses de boro, estádios fenológicos e variedades de soja nos componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica de sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Desenho experimental

Foram realizados dois experimentos de campo conduzidos paralelamente na safra 2014/2015 conforme zoneamento agrícola na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, localizada no município de Ipameri-GO, cujas coordenadas geográficas são 17° 43' 04'' Sul, 48° 08' 43'' Oeste e altitude de 794 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é definindo como Tropical Úmido (AW), constando temperaturas elevadas com chuvas no verão e seca no inverno. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006).

Os atributos químicos e análise granulométrica do solo do solo foram determinados antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Ribeiro et al. (1999), com os seguintes atributos químicos, na camada 0,0-0,20 m: 6,4 mg dm⁻³ de P (Melich); 20 g dm⁻³ de M.O.; 4,7 de pH (CaCl₂); K, Ca, Mg e H+Al = 2,5; 10,0; 4,0 e 35,0 mmol_c dm⁻³, respectivamente, 32% de saturação por bases e o teor de B foi de 0,4 mg dm⁻³, sendo considerado médio no solo. A análise granulométrica do solo foi: 475, 75 e 450 g de argila, silte e areia, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado em cada um dos dois experimentos, um para cada variedade, foi o de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 3 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator com 3 níveis refere-se aos estádios de aplicação do boro: estádio V6 (sétima folha trifoliolada completamente aberta); estádio V9 (décima folha trifoliolada completamente aberta) e estádio R1 (início do florescimento); o segundo fator com cinco níveis refere-se às doses de boro (0, 1, 2, 3 e 4 kg ha⁻¹), aplicadas via solo utilizando como fonte de boro o ácido bórico (17%). Em um dos ensaios utilizou-se a variedade de soja convencional BRS 7980, e no outro a variedade de soja transgênica intacta M 7739 IPRO, ambas de ciclo médio. Cada parcela foi constituída de seis linhas de cinco metros de comprimento, e espaçamento de 0,45 m entre si, e 15 plantas por metro linear para cada variedade, perfazendo uma área total de 13,5 m². A área considerada útil foi constituída pelas três linhas centrais, desprezando-se 1,0 m em ambas as extremidades de cada linha.

O sistema de plantio utilizado foi o sistema de plantio direto, sobre palhada de *Brachiaria decumbens*. A semeadura foi realizada no dia 19/11/2014. As adubações de plantio, foram

realizadas de acordo com a análise do solo e segundo recomendação de Ribeiro et al. (1999), que consistiram na aplicação de 450 kg de 02-20-18 (N-P₂O₅-K₂O).

Para realização da semeadura foram utilizadas semeadoras-adubadoras tratorizadas com oito linhas, equipadas com mecanismos de distribuição de sementes com discos alveolados horizontais e mecanismos depositores de fertilizantes com sulcadores.

A aplicação de boro foi realizada de forma manual e de acordo com os estádios de desenvolvimento da cultura, conforme escala fenológica de Ritchie et al. (1994), para as cultivares de soja. Os demais tratos culturais necessários durante a condução dos experimentos foram aplicados de forma mecanizada, utilizando-se pulverizadores tratorizados.

Foram realizadas as seguintes avaliações: teor de boro foliar, teor de clorofila, os componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja.

3.1.1 Teor de boro foliar: Foram coletadas 10 folhas de cada parcela, sendo a 3^a folha a partir do ápice na haste principal, com pecíolo de cada parcela no período de florescimento (R3) (Martinez et al., 1999) e colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçada com temperatura de 65°C, por cerca de 48 horas. Depois de seco, o material foi moído em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de malhas com abertura de 1mm e acondicionado em saquinhos de papel para análises. As amostras de cada parcela foram preparadas conforme (Wikner, 1986; Bataglia, 1991) e para determinação do teor de boro foliar foi realizado, seguindo-se os métodos descritos em Malavolta et al. (1997);

3.1.2 Índice de clorofila: Foi realizada a leitura indireta do teor de clorofila das folhas de soja, utilizando-se o índice SPAD, obtido com clorofilômetro portátil clorofiLOG CFL1030. A leitura foi realizada em seis folhas do terço médio da planta, sendo amostradas ao acaso seis plantas por parcela, obtendo-se a média por parcela.

Para os componentes da produção, foram amostradas seis plantas da área útil de cada parcela, por ocasião da colheita, e levadas para o laboratório para determinação das seguintes variáveis:

3.1.3 Altura de planta: medida em centímetros do solo até o ápice das plantas, individualmente de forma aleatória na parcela e após apresentou-se o resultado na forma de média;

3.1.4 Diâmetro do caule: foi realizado na base do colo, como auxílio de paquímetro digital com duas casas decimais;

3.1.5 Altura de inserção de primeira vagem: foi realizada a medida do solo até a primeira vagem;

3.1.6 Número de vagem por planta: foram coletadas e contadas as vagens presentes em cada planta dentro de cada parcela, onde efetuou-se a contagem de todas as vagens de cada planta;

3.1.7 Comprimento de vagem: foi realizada como auxílio de uma régua graduada, medindo-se de uma extremidade a outro da vagem;

3.1.8 Número de grãos por vagem: foi realizada contando-se o número de grãos presentes nas vagens, onde se obteve o total de grãos, este número foi dividido pelo número de vagens total de cada uma das plantas, resultando na média;

3.1.9 Massa de 100 grãos: coleta e contagem de 100 grãos por parcela, realizando a pesagem com o auxílio de balança de precisão;

3.2 Produtividade de grãos em kg ha⁻¹: foi determinada por meio da colheita e trilha da parcela útil, onde colheram-se todas as plantas das três linhas centrais. Para calcular a produtividade após a trilha, o teor de água dos grãos foi ajustado para 13,0%, efetuando também os descontos das impurezas, sendo o resultado expresso em kg ha⁻¹.

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada aos 90 dias após a colheita e foi realizada conforme a metodologia recomendada por Brasil (2009) para as seguintes avaliações:

3.3 Primeira Contagem de Germinação: Foram usadas quatro repetições de 50 sementes, semeadas entre três folhas de papel toalha do tipo germitest, umedecidos com água deionizada o equivalente a 2,5 vezes a massa do papel e colocado para germinar a 25°C, avaliando aos cinco dias após a instalação do teste.

3.4 Germinação Total: Foi realizado utilizando-se 50 sementes com quatro repetições, entre três folhas de papel germitest umedecidas com água deionizada equivalente 2,5 vezes a sua massa. Após a montagem do teste foram acondicionadas em germinador sob temperatura de 25°C, constante. Avaliou-se o percentual total de plântulas normais germinadas no quinto e oitavo dia após a instalação do teste (BRASIL, 2009).

3.5 Teste de envelhecimento acelerado: Foi realizado pelo método do gerbox conforme, Marcos Filho (1999). As caixas do tipo “gerbox” foram levadas ao germinador à temperatura de 42°C onde permaneceram durante 72 horas. Após este período as sementes foram semeadas conforme descrição para o teste padrão de germinação indicada por Brasil (2009).

3.6 O índice de velocidade de germinação: Foram feitas contagens das plântulas emergidas a partir da instalação do teste de emergência de plântulas e a cada 24 horas, até o seu término (NAKAGAWA, 1999). Para o cálculo utilizou-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

3.7 Condutividade elétrica: Foram usadas quatro repetições de 50 sementes puras, pesadas em balança com precisão de duas casas decimais (0,01g), colocadas para embeber em copos plásticos (200 mL) contendo 75 mL de água deionizada, durante 24 h, a 25 °C (HAMPTON & TEKRONY, 1995; VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999; AOSA, 2002). Após o período de embebição, a condutividade elétrica da solução foi determinada por meio de leitura em condutivímetro. Os resultados finais foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

3.3 Procedimentos estatísticos

Os dados foram submetidos a análise de variância conjunta e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para variedades e estádios e, para as doses de B foram realizadas análise de regressão. As análises estatísticas foram processadas utilizando o software R, versão 3.1.2 (R CORE TEAM, 2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta das variedades para todas as características avaliadas, estão apresentadas nas Tabela 1. Pode-se observar que as características foram estatisticamente significativas para uma ou mais fontes de variação.

No resultado da análise de variância conjunta para a variável teor de boro foliar (Tabela 1), pode-se observar que houve interação tripla entre variedade, dose e estágio (V x D x E). Foi estudada regressão linear desta variável em função das doses de boro para cada estágio e variedade de soja. O modelo linear simples de regressão foi o que melhor se ajustou (Figura 1A e 1B). Em média, esta variável apresentou acréscimo de 89,47%, 68,83% e 59,97% em relação aos estádios V6, V9 e R1, respectivamente para a soja convencional (Figura 1 A). A soja transgênica apresentou acréscimo de 127,3%, 83,77% e 30% em relação aos estádios V6, V9 e R1, respectivamente (Figura 1 B). Quando comparada a adubação com boro em soja transgênica e convencional, nota-se que somente no estágio V6 a soja transgênica apresentou um incremento maior em relação a convencional.

O teor de boro foliar aumentou linearmente com a aplicação das doses boro nos estádios estudados. Ao contrário de Rosolem et al. (2008) que observaram resposta quadrática dos teores de B, os autores atribuíram este efeito em razão da lixiviação do elemento adicionado como adubo, que foi maior quanto maior a dose aplicada. Entretanto, Fageria (2000), avaliando a cultura da soja em Latossolo Vermelho-Escuro no cerrado, encontrou toxidez com a aplicação de 5,2 mg kg⁻¹ de B, via solo.

A variável clorofila apresentou efeito significativo em relação à interação Estádio x Dose (E x D) e ao fator variedades, indicando que a aplicação de boro interfere na quantidade de clorofila spad presente nas folhas das cultivares de soja convencional e transgênica, dependendo do estágio de aplicação e da dose utilizada (Tabela 2). Isso pode ter ocorrido devido à participação do boro no metabolismo do nitrogênio e na atividade de hormônios (DECHEN; NACHTIGALL, 2007), além de ser essencial na translocação de açúcares e no metabolismo de carboidratos. Em relação às variedades estudadas, pode-se observar que a soja transgênica apresentou melhor resultado em relação à convencional com médias de 39,99 e 36,98 Spad, respectivamente (Tabela 3).

Esses dados corroboram aos de Hopkins (1999) que descrevem que a clorofila é o principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa utilizada no processo de fotossíntese e se constitui um dos principais fatores relacionados à eficiência fotossintética de plantas, estando relacionada diretamente ao crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas (ENGEL E POGGIANI, 1991).

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta para teor foliar de boro (TBF), clorofila (CLOR), altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIAC), inserção de primeira vagem (IPV), número de vagem (NV), comprimento da vagem (COMP), número de grãos por vagem (NG), massa de 100 grãos (M100) e produtividade (PROD) das variedades de sojas convencional e transgênica em função das variedade, estádios e doses de aplicação de boro. Ipameri-GO, 2015.

Fonte de variação	VALOR-P										
	GL	TBF	CLOR	ALT	DIAC	IPV	NV	COMP	NG	M100	PROD
Variedade (V)	1	0,21 ^{ns}	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	0,01**	0,02*	<0,01**	<0,01**	<0,01**
Estádio (E)	2	<0,01**	0,94 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,54 ^{ns}
Doses (D)	4	<0,01**	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,05*	0,05*
Bloco/Variedade	6	0,02*	0,021 ^{ns}	0,05**	0,80 ^{ns}	<0,01**	0,06 ^{ns}	0,03*	0,18 ^{ns}	<0,01**	0,99 ^{ns}
E x D	8	<0,01**	0,003**	0,91 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,39 ^{ns}
V x E	2	<0,01**	0,66 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,66 ^{ns}
V x D	4	0,29 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,02**	0,09 ^{ns}
V x D x E	8	<0,01**	0,12 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,27 ^{ns}
QUADRADOS MÉDIOS											
Resíduo	84	9,77	5,65	40,8	1,62	6,67	114,5	0,75	350,8	1,84	1247,11
Médias	---	47,23	58,48	107,00	10,08	15,48	78,83	5,60	165,19	23,53	2531,79
CV (%)	---	6,61	4,06	5,96	7,99	16,80	13,57	15,46	11,33	8,94	13,94

*Significativo pelo teste F (P<0,05); **Significativo pelo teste F (P<0,01); ^{ns} não significativo.

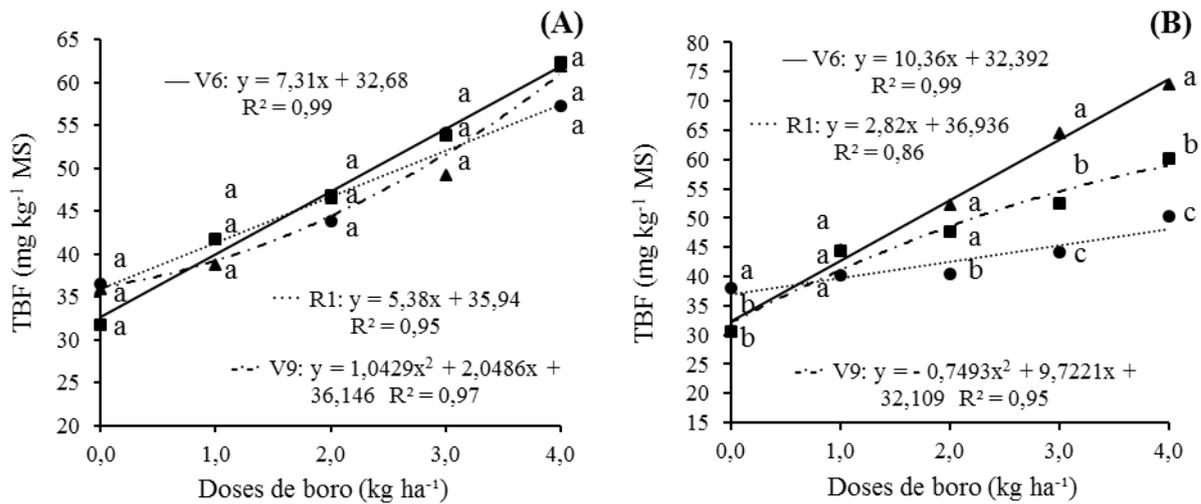


Figura 1. Regressão do teor de boro foliar de variedades e estádios fenológicos de soja convencional (A) e transgênica (B) em função das doses de boro. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Ipameri-GO, 2015.

Analisando a Tabela 2, pode-se observar que para a variável teor de clorofila, na dose de 3 kg ha^{-1} , a época de aplicação de boro menos indicado para a soja convencional é o estágio R1 devido a planta estar iniciando o processo de florescimento e pouco do nutriente aplicado será absorvido e aproveitado pela planta. Já para as demais doses e estádios foi indiferente, sendo indiferente também para a soja transgênica em todas as doses e estádios estudados. Verificou-se que para essa variável, o coeficiente de variação foi baixo (6,43), indicando uma boa precisão do experimento (CARVALHO et al., 2003).

Para a variável altura de planta houve diferença significativa apenas sobre o fator variedade (Tabela 1). A soja convencional apresentou melhor resultado ($85,34 \text{ cm}$) em relação à transgênica ($64,32 \text{ cm}$), com aumento de (32,6%) (Tabela 3), o que pode ser atribuído às diferenças nas características genéticas das variedades. Kappes et al. (2008), obtiveram significância quando aplicaram, via foliar, $290,5 \text{ g B ha}^{-1}$, na fase vegetativa, no estágio V5. Os autores notaram altura máxima das plantas de soja de 72 cm . Neste mesmo trabalho a aplicação no estágio V9 apresentou a altura máxima de planta de 74 cm , obtida com a aplicação de $293,5 \text{ g B ha}^{-1}$, porém quando se aplicou no estágio R3 não tiveram resultados positivos. Pois, a absorção dos nutrientes aplicado nesta fase é menor, para o desenvolvimento em altura, sendo que embora o acúmulo de matéria seca inicia-se nas partes vegetativas da planta, entre R3 e R5 transloca-se gradativamente para as vagens e grãos em formação (POTAFOS, 1997). Para a cultura da soja a altura da planta é considerada uma característica importante, pois está diretamente ligada com a produção, controle de plantas daninhas,

acamamento e eficiência na colheita mecânica. O crescimento em altura irá depender da alongação do caule, que ocorre em função do número e do comprimento dos internódios (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tabela 2. Valores médios de clorofila (Spad) em cada combinação de doses, estádios fenológicos e variedades de soja. Ipameri-GO, 2015.

Doses/Estádios	Soja Convencional		
	V6	V9	R1
0	36,35 a	36,78 a	37,66 a
1	35,87 a	38,75 a	38,26 a
2	36,72 a	39,42 a	38,21 a
3	37,56 a	36,70 a	31,58 b
4	37,45 a	34,56 a	38,86 a
	Soja Transgênica		
0	38,94 a	38,48 a	39,72 a
1	40,63 a	38,93 a	40,44 a
2	39,33 a	38,68 a	41,18 a
3	40,53 a	41,10 a	37,40 a
4	42,24 a	41,99 a	40,59 a

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No diâmetro de caule, pode-se verificar que houve diferença significativa apenas para o fator variedade (V) (Tabela 1), onde a variedade transgênica apresentou valores maiores em relação a convencional (Tabela 3). Resultados estes diferentes do que foi relatado por Raimundi et al. (2013), onde o fornecimento de boro para as plantas afetou alguns dos seus processos fisiológicos, como o transporte de açúcares, estrutura e síntese da parede celular e com isso, houve um significativo aumento da espessura do diâmetro do caule, conferindo às plantas de soja uma maior rigidez e dificultando o tombamento das plantas por ocasião de danos ambientais ou mecânicos.

Para a característica altura de inserção da primeira vagem, nota-se que esta apresentou significância para o fator variedades (Tabela 1). Sendo que para a variedade transgênica a média foi de 9,11 cm, inferior ao valor observado para a soja convencional que foi de 12,75 cm (Tabela 3), resultado que pode estar relacionado com a própria variedade e a altura menor pode influenciar no momento da colheita, ocorrendo contaminação dos grãos como o solo ou

resíduo da palhada. Com isso, é possível afirmar que a aplicação de boro não influencia no melhor desempenho da inserção da primeira vagem. Guimarães et al. (2008), afirmam que a inserção da primeira vagem é uma característica mais relacionada com a genética de cada cultivar. Entretanto, quando o cultivo é realizado em regiões com dias mais curtos, a altura da planta é reduzida, e em consequência existe tendência ao desenvolvimento de vagens próximas ao solo, sendo essa última afirmação não estudada neste trabalho.

Tabela 3. Média geral do teor de boro foliar (TBF), teor de clorofila (CLOR), altura de plantas (ALT), diâmetro do caule (DIAC), índice de inserção de primeira vagem (IPV), número de vagem (NV), comprimento de vagem (COMP), número de grãos por vagem (NG), massa de 100 grãos (M100) e produtividade (PROD) para as variedades convencional e transgênica. Ipameri-GO, 2015.

Variedades	TBF mg kg ⁻¹	CLOR (Spad)	ALT (cm)	DIAC (mm)	IPV (cm)	NV ----	COMP (cm)	NG ---	M100 (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Convencional	46,8 a	39,9 a	85,3 a	6,2 b	12,7 a	49,2 b	4,0 a	87,4 b	14,5 b	1.294 b
Transgênica	47,5 a	36,9 a	64,3 b	6,9 a	9,1 b	54,2 a	3,6 b	121,4 a	16,2 a	1.884 a
CV%	6,6	4,0	5,9	7,9	16,8	13,5	15,4	11,3	8,9	13,9

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o número de vagem, nota-se que houve efeito significativo dos tratamentos apenas para o fator variedades, onde a variedade transgênica apresentou em média, número de vagem maior (54,21) que a cultivar convencional (49,23) (Tabela 3). As variáveis comprimento de vagem e número de grãos por vagem também apresentaram valores significativos apenas para o fator variedade (Tabela 1). O comprimento de vagem nas variedades de soja convencional e transgênica foram de 4,00 cm e 3,60 cm, respectivamente (Tabela 3). Para número de grãos por vagem, a soja transgênica apresentou melhor resultado, sendo 38,9% superior à convencional (Tabela 3). Silva et al. (2006) não encontram resultados significantes para estas variáveis na cultura do feijoeiro. Segundo Andrade et al. (1998) o número de grãos por vagem é uma característica agrônômica relacionada ao aspecto varietal, sendo pouco afetado por alterações do ambiente. Marschner (1995) relatou que a ausência de cálcio e boro pode interferir na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, tendo como consequência a redução do número de sementes por vagem. Silva et al. (2006), em experimento realizado com aplicação foliar de cálcio e boro no feijoeiro, também não obtiveram diferença significativa quanto ao número de vagens por planta.

Na Tabela 1 pode-se observar que entre os componentes da produção avaliados, a variável massa de 100 grãos, apresentou interação dupla entre variedade e doses (V x D). Os valores de massa de 100 grãos para a soja transgênica se ajustaram a regressão quadrática com ponto de máximo de 2,8 kg ha⁻¹ de B (Figura 2A). Diferentemente do que foi observado para a soja convencional, onde a massa de 100 grãos diminuiu à medida que se aumentou as doses de B (Figura 2A). Esse resultado comprova o efeito da adubação boratada na translocação de açúcares para os órgãos propagativos da planta (MALAVOLTA et al., (2002), no entanto, na maioria das vezes a massa de 100 grãos é uma característica ligada mais propriamente com a variabilidade genética de cada cultivar. Resultados semelhantes foram encontrados por Bevilaqua et al. (2002), onde verificaram que a aplicação foliar de Ca e B aumentou a massa de 100 grãos, quando aplicados na fase de floração, na cultivar de soja BR 16. Diferindo dos resultados encontrados neste estudo, vários autores não obtiveram significância para o peso de 100 grãos na soja com aplicação de doses boro em diferentes estádios fenológicos. Kappes et al. (2008), aplicando as doses (0; 100; 200; 300; 400) g B ha⁻¹ via foliar, em diferentes épocas, não encontram efeitos positivos para esta variável. Aplicando doses de B via foliar em diferentes estádios na soja, Calonego et al. (2010), não constataram diferença significativa para massa de 100 grãos, obtendo média de 12,8 g, inferior à encontrada neste trabalho para a soja transgênica que foi de 16,26 g (Tabela 3).

Por outro lado, Souza et al. (2008) encontraram significância para esta variável quanto ao estágio de aplicação, onde em R3 a média obtida (11,9 g) foi superior à época R1 (11,4 g), indicando que a adubação com boro proporcionou maior acúmulo de matéria seca.

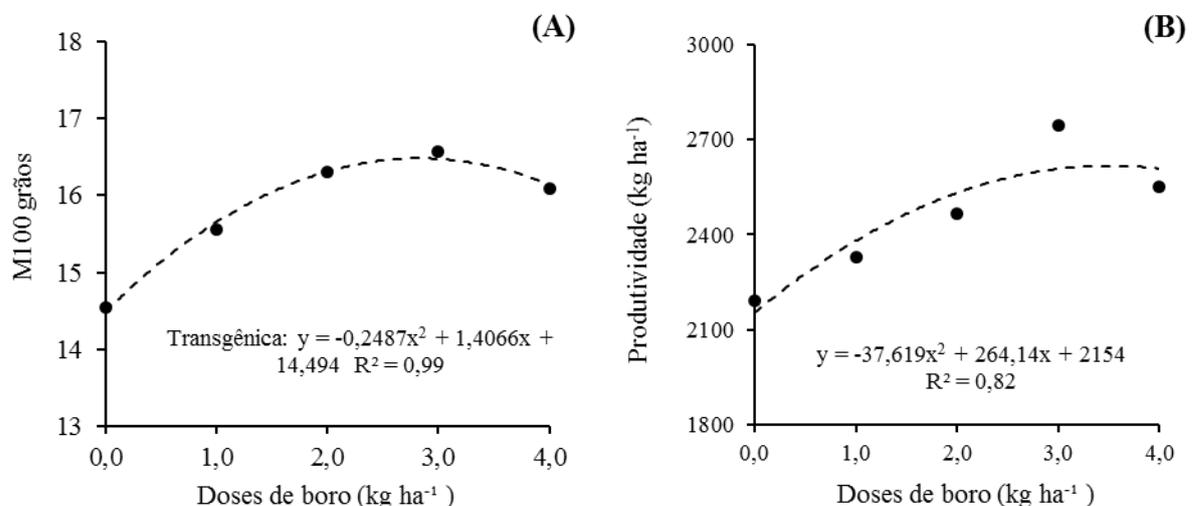


Figura 2. Massa de 100 grãos (M100 grãos) em função das doses e variedades de soja (A) e produtividade da soja (B) em função das doses de boro. Ipameri-GO, 2015.

Para os dados de produtividade das plantas de soja, a análise de variância conjunta mostrou que houve diferença significativa para o fator variedade (V) e doses (D) (Tabela 1). Para o fator variedade a soja transgênica apresentou melhor resultado em relação a convencional, com produtividade média de 1.884 kg ha^{-1} , superior à soja convencional com produção de 1.294 kg ha^{-1} , havendo uma diferença de 45,5% na produtividade (Tabela 3). Esse resultado já era esperado, visto que a variedade transgênica é naturalmente mais produtiva que a convencional em função do seu melhoramento genético.

Para as doses de boro, os valores da produtividade ajustaram ao modelo quadrático (Figura 2B). Para a aplicação de boro o ponto de máximo foi de $3,51 \text{ kg ha}^{-1}$ de boro, tendo um rendimento médio de 2.617 kg ha^{-1} . Após atingir o ponto máximo, a produção decresce em resposta às doses mais altas de B, o que indica efeito tóxico do micronutriente conforme observado nesse estudo quando se aplicou a dose máxima utilizada de 4 kg ha^{-1} . Adicionalmente, Fageria (2000), em experimento realizado em casa de vegetação, avaliando a dose ótima e a dose tóxica de boro para a produção de matéria seca da soja, encontrou sintomas de toxidez quando aplicou a dose de $6,8 \text{ mg B kg}^{-1}$, aplicado no solo. Castagnol e Silva (2009) encontraram significância quanto à produtividade, onde a aplicação de boro, independentemente da época, melhorou o desenvolvimento reprodutivo do feijoeiro. Rezende et al. (2005), em estudo alcançou maior produção de grãos de soja, e afirma que essa maior produtividade está relacionada com a reposição dos nutrientes nas folhas, através de adubação com boro pôde manter a taxa de fotossíntese por mais tempo, o que possivelmente se refletiu em maior produção de grãos de soja.

Em contrapartida, Calonego et al. (2010), ao estudar adubação boratada foliar na cultura da soja notaram que a aplicação de boro não interferiu na produtividade de grãos de soja. Macedo et al. (2002) e Kappes (2008), também não obtiveram resultados significativos ao analisar a aplicação de cálcio e boro em diferentes estádios e doses na soja, para a produtividade. Lima et al. (1999), avaliando o efeito da adubação foliar com boro nas doses de 0, 20 e 40 g ha^{-1} , 30 dias após a emergência do cultivar de feijoeiro Carioca, nas épocas “de inverno” e “das águas”, também não observaram influência nesta variável. E por último, Silva et al. (2006) ao estudar o boro na cultura do feijoeiro não encontraram significância para variável produtividade.

A adubação boratada na cultura da soja ainda requer muitos estudos, visto que existe diferentes respostas à aplicação de doses de boro, estádios de aplicação, tipo de solo e altitude.

Na Tabela 4 estão apresentados o resumo da análise de variância conjunta para as sementes de soja convencional e transgênica para a qualidade fisiológica de sementes. Observa-se que as características foram estatisticamente significativas para uma ou mais fontes de variação, havendo efeito significativo das variedades, dos estádios e das doses de boro sobre a viabilidade das sementes de soja, apresentando para a maioria das características, interação tripla (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância da qualidade fisiológica de sementes para a primeira contagem (PC), germinação total (GT), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) das variedades de soja convencional e transgênica em função das variedade, estádios e doses de aplicação de boro. Ipameri-GO, 2015.

Fonte de variação	VALOR-P					
	GL	PC	GT	IVG	EA	CE
Variedade (V)	1	<0,01**	<0,01**	<0,01**	< 0,01**	0,0002**
Estádio (E)	2	0,02*	0,01**	0,01**	0,11 ^{NS}	0,05*
Doses (D)	4	<0,01**	<0,01	<0,01**	<0,01**	0,10 ^{NS}
Bloco/Variedade	6	0,25 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,008**	<0,01**
E x D	8	0,004**	0,01**	0,01**	0,0002**	0,06 ^{NS}
V x E	2	0,0006**	0,0008**	0,0008**	0,06 ^{NS}	0,01**
V x D	4	0,0001**	0,004**	0,0004**	0,006**	0,14 ^{NS}
V x D x E	8	0,006**	0,02*	0,02*	0,003**	0,23 ^{NS}
QUADRADOS MÉDIOS						
Resíduo	84	84,8	93,7	1,46	112,4	36394
Médias	---	39,4	10,49	2,07	34,81	1405,84
CV (%)	---	16,50	16,55	16,55	20,58	18,05

*Significativo pelo teste F (P<0,05); **Significativo pelo teste F (P<0,01); ^{NS} não significativo.

No resultado da análise de variância conjunta para a germinação das sementes (Tabela 4), pode-se observar que houve interação tripla entre variedades, doses e estádios (V x D x E). Foram encontradas respostas quadráticas desta variável em função das doses de boro para cada estádio e variedade de soja estudadas. Para a soja convencional, os valores se ajustaram ao modelo quadrático com ponto de mínimo de 2,06 e 1,73 kg ha⁻¹ de B para os estádios V9 e R1, respectivamente (Figura 3A). Na soja transgênica os valores se ajustaram ao modelo

linear crescente, mas apenas para o estágio R1, não ajustando nenhum modelo para os estádios V6 e V9 (Figura 3B).

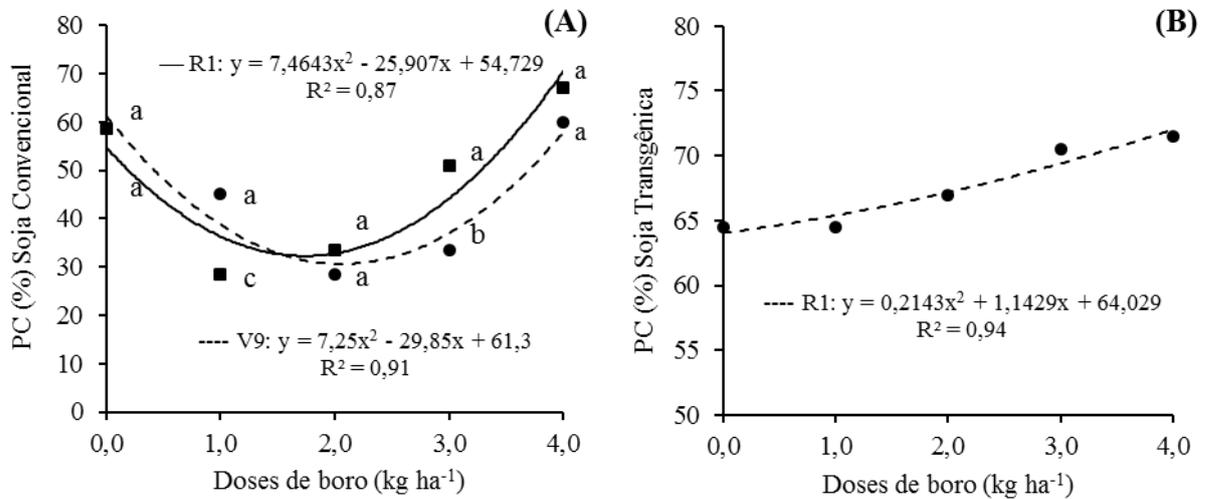


Figura 3. Primeira contagem de germinação (PC) de variedades e estádios fenológico de soja convencional (A) e transgênica (B) em função das doses de boro. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Percebe-se que há uma tendência ao aumento do percentual de germinação das sementes de soja à medida que se aumenta a dose de boro aplicada, confirmando o papel do boro no processo de formação da semente, conforme descrito por Hanson (1991) e Teixeira et al. (2005), a disponibilidade de nutrientes influencia na formação do embrião e dos cotilédones, com efeito positivo sobre o aumento do vigor e da qualidade fisiológica das sementes.

Contrários a esses resultados, Ambrosano et al. (1999), avaliando o efeito da adubação com micronutrientes na qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro, observaram que os tratamentos não interferiram na porcentagem de germinação e de plântulas normais, sendo que estas não alteram a qualidade das sementes determinada pelo teste de germinação. Adicionalmente, Bevilaqua et al. (2002), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de soja com botões florais fechados, 80% das flores abertas, constataram que a aplicação foliar com Ca e B, não melhorou a qualidade das sementes produzidas em nenhum dos estádios de aplicação. De acordo com Kappes (2008) a aplicação de diferentes doses de Boro via foliar em V5, V9 e R3, não ocasionou melhoria na qualidade de sementes de soja, determinado pelo teste de germinação.

A variedade transgênica apresentou em média, maior percentual de germinação (64,9%) que a cultivar convencional (50,2 %) (Tabela 5). Esse fato possivelmente está relacionado às características genéticas das cultivares testadas.

Tabela 5. Média geral primeira germinação (PG), germinação total (GT), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) para as variedades convencional e transgênica. Ipameri-GO, 2015.

Variedades	PC	GT	IVG	EA	CE
	----- % -----	-----	-----	---- % ----	$\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$
Convencional	50,2 b	51,4 b	6,43 b	46,23 b	77,3 a
Transgênica	64,9 a	65,5 a	8,18 a	56,79 a	62,6 b
CV (%)	16,50	16,55	16,55	20,58	18,05

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A variável germinação total também apresentou interação tripla entre variedades, doses e estádios de aplicação (V x D x E) (Tabela 4). Para a soja convencional, foi encontrada resposta quadrática para as doses e estádios estudados (Figura 4 A), com ponto de mínimo de 1,73, 2,02 e 1,73 kg ha⁻¹ de B para os estádios V6, V9 e R1, respectivamente. Na soja transgênica os valores da germinação total em função das doses de boro e estádio se ajustaram ao modelo quadrático, com ponto de mínimo de 0,7 kg ha⁻¹ de B para o estádio R1 (Figura 4 B), sendo que para os demais estádios não houve ajuste de modelo. Na Tabela 5 pode-se verificar que a cultivar transgênica apresentou 27,4% superior em relação à convencional na germinação total.

Carvalho et al., (2012), encontraram resultados diferentes avaliando a qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica no estado do Paraná, onde a germinação da variedade convencional (CD 206- 92%) foi superior à transgênica (CD 206 RR- 87%). Silva et al. (2006), em estudo realizado com aplicação foliar de Ca e B na cultura do feijão, não verificaram efeito da aplicação desses nutrientes para percentagem de germinação. Entretanto a comprovação dos efeitos benéficos dos micronutrientes nas características fisiológicas das sementes vem sendo demonstrada por diversos autores. Outros autores também verificaram o melhor desempenho na qualidade fisiológica de sementes em função da adubação com boro adicionado e outros micronutrientes, como o cálcio (FARINELLI et al., 2006; SILVA et al., 2006).

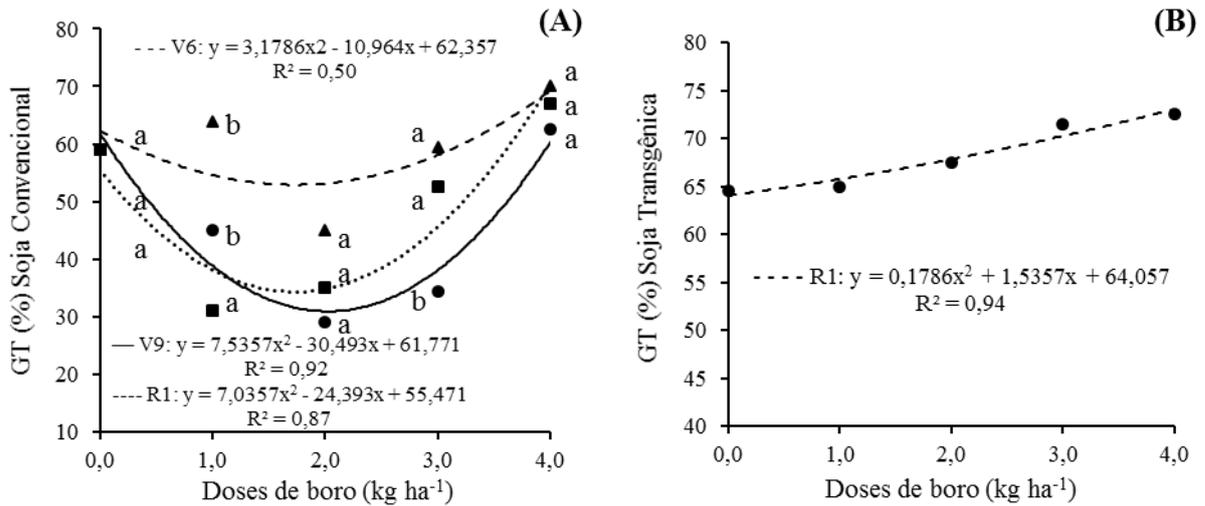


Figura 4. Germinação total (GT) de variedades e estádios fenológico de soja convencional (A) e transgênica (B) em função das doses de boro. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A característica índice de velocidade de germinação, apresentou interação tripla entre variedades, doses e estádios de aplicação ($V \times D \times E$) (Tabela 4). Para a soja convencional, foi encontrada resposta quadrática para os estádios V9 e R1 com ponto de mínimo de 2,03 e 1,74 kg ha^{-1} de B, respectivamente (Figura 5A). Para a soja transgênica o único estádio que se ajustou foi o R1 ao modelo quadrático com ponto de mínimo de 0,4 kg ha^{-1} de B (Figura 5 B). Na Tabela 5 pode-se verificar que a cultivar transgênica apresentou em média, melhor resultado (8,18) em relação à convencional (6,43), representando 27,2%.

Entretanto, Kappes et al. (2008), não observaram diferenças significativas para essa variável ao estudar o efeito da aplicação foliar de B em diferentes doses e época de aplicação na qualidade de sementes de soja. Segundo Carvalho et al. (2012), a qualidade da semente consiste na soma de diversas qualidades que contribuem para obtenção de plântulas mais vigorosas, que sejam capazes de apresentar germinação e emergência mais rápida. Comparando a qualidade fisiológica de sementes convencional e transgênica, o autor verificou que esses resultados foram observados para o índice de velocidade de germinação, da cultivar convencional que foram superiores estatisticamente a cultivar transgênica e esse fato evidencia o crescimento mais rápido de plântulas da cultivar convencional, o que pode ter favorecido- as em campo, onde ocorre maior competição por água, nutrientes e luminosidade, entre a espécie de cultivo comercial e as plantas invasoras.

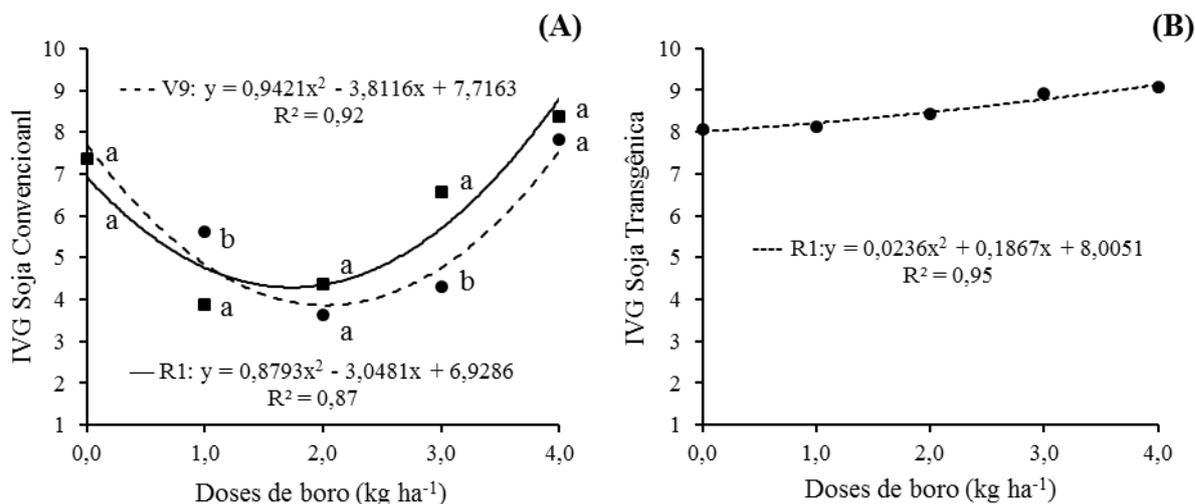


Figura 5. Índice da velocidade de germinação (IVG) de variedades e estádios fenológicos de soja convencional (A) e transgênica (B) em função das doses de boro. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Ipameri-GO, 2015.

Para a variável envelhecimento acelerado, o resultado da análise de variância conjunta também apresentou interação tripla entre variedades, doses e estádios de aplicação (V x D x E) (Tabela 4). Na soja convencional houve interação apenas para o estádio V9 onde se ajustou ao modelo de regressão quadrático com ponto de mínimo de $2,40 \text{ kg ha}^{-1}$ de B (Figura 6 A). Já para a soja transgênica, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados do estádio V6 com ponto de mínimo de $2,59 \text{ kg ha}^{-1}$ de B e linear para o estádio R1 (Figura 6 B). O teste de envelhecimento acelerado para o fator variedade também revelou superioridade para a semente transgênica com 22,8% em relação a convencional (Tabela 5).

Corroborando com esses resultados, Farinelli et al. (2006), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão adubados via foliar com cálcio e boro, também encontraram respostas quadráticas para o cultivar Pérola, estabelecendo-se o máximo vigor com a dose comercial de $3,2 \text{ L ha}^{-1}$ ($32,3 \text{ g ha}^{-1}$ de Ca + $1,61 \text{ g ha}^{-1}$ de B), enquanto, para cultivar Campeão 2, o acréscimo das doses aplicadas proporcionou aumento linear no vigor. Diferindo desses resultados Carvalho et al. (2012), encontraram valores superiores para a soja convencional em relação à transgênica.

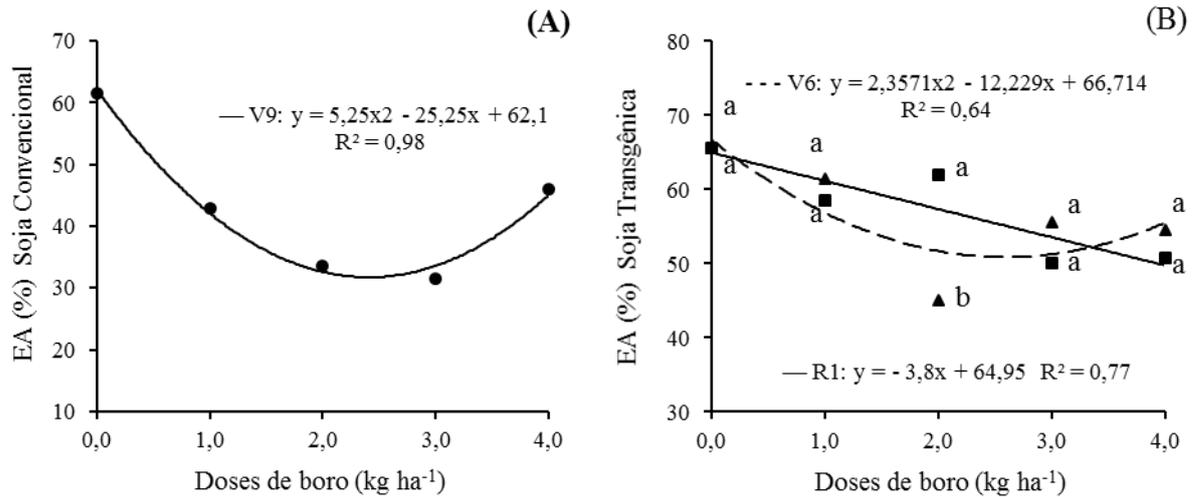


Figura 6. Envelhecimento acelerado (EA) de variedades e estádios fenológico de soja convencional (A) e transgênica (B) em função das doses de boro. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A variável condutividade elétrica apresentou efeito significativo em relação à interação variedade e estágio (V x E) e ao fator variedades individualmente (Tabela 4). Na soja convencional verificou-se que em todos os estádios os valores da condutividade elétrica foram maiores em relação à variedade transgênica (Tabela 6). De acordo com Krzyzanowski et al. (1999), valores elevados da condutividade elétrica são ocasionados pela maior liberação de íons no meio, devido ao comprometimento da integridade das membranas, estando relacionado com a baixa qualidade das sementes, comprovando assim, mais uma vez que a soja convencional tem menor potencial de germinação em relação a soja convencional.

Tabela 6. Valores médios da condutividade elétrica das cultivares convencional e transgênica em cada estágio fenológico. Ipameri-GO, 2015.

Variedades	V6	V9	R1
	----- $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ -----		
Convencional	68,45 a	67,21 a	64,46 a
Transgênica	63,46 b	57,60 b	51,81 b
CV%	18,05		

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o fator variedade a soja transgênica apresentou condutividade elétrica de 18,93% menor que a soja convencional (Tabela 5). Desta maneira, os valores encontrados da

condutividade elétrica neste trabalho são menores que $80 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, onde Krzyzanowski et al. (1999) classificam como sementes de baixo vigor.

5 CONCLUSÕES

A aplicação de boro nos diferentes estádios não influenciou a maioria dos componentes agronômicos testados tanto para soja convencional como para a transgênica. Porém, foi eficiente em incrementar a produtividade das duas variedades estudadas, independente do estádio de aplicação do micronutriente.

A dose indicada para a máxima produção independente da variedade estudadas é de 3,51 kg ha⁻¹ de boro.

A aplicação de boro influenciou na qualidade fisiológica de sementes e o estádio mais indicado para a aplicação visando melhoria nas sementes é o estádio V9 e R1, independente da variedade.

Aplicação de doses menores que 0,4 kg ha⁻¹ de boro pode interferir na qualidade fisiológica de sementes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBROSANO, E.J. et al. Efeitos da adubação nitrogenada e com micronutrientes na qualidade de sementes do feijoeiro cultivar IAC – Carioca. **Bragantia**, v.58, n.2, p.393-399, 1999.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 105p. (Contribution, 32), 2002.
- ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G. & LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.22, p.499-508, 1998.
- ARTUR, A.G. et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n.2, p. 141-149, 2014.
- BATAGLIA, O. C. **Análise química de plantas**. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Org.). Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: POTAFOS/CNPQ, p. 298-308, 1991.
- BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA FILHO, P. M.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 31-34, 2002.
- BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annual review of plant biology**, v. 49, n. 1, p. 481-500, 1998.
- BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 398 p. 2009.
- BROWN, P.H.; HU, H. Boron uptake by sunflower, squash, and cultured tobacco cells. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.91, p.435-441, 1994.
- CALONEGO, J. C. et al. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, p. 20-26, 2010.
- CARVALHO, E. R. **Manganês via foliar em soja convencional e transgênica RR: Efeitos na qualidade de sementes, atividade enzimática, lignina e produtividade**. Tese (Doutorado em agronomia/fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 135p, 2013.
- CARVALHO, T.C. et al. COMPARAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA CONVENCIONAL E SUA DERIVADA TRANSGÊNICA. **Journal of Seed Science**, v. 34, n. 1, 2012.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP. 588 p, 2000.
- CARVALHO, C.G.P. et al. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura de planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n.2, p.187-193, 2003.

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.

CERETTA, C. A. et al. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 576-581, 2005.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. ACOMPANHAMENTO DE SAFRA BRASILEIRA): **Grãos, Quinto Levantamento**. Fevereiro/2016. Disponível em:<www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_04_11_21_34_boletim_graos_fevereiro_2016_ok.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2016.

CUNHA, R.C; ESPÍNDOLA, C.J. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, v. 11, n. 1, 2015.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG: SBCS/UFV, p. 92-132, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa de Solos (Embrapa-Solos). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, p. 39-45, 1991.

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

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. Growth and mineral nutrition of field crops. 2. ed. rev. New York: Marcel Dekker. 656p, 1997.

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

FARINELLI, F. et al. Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão adubados via foliar com cálcio e boro. **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.

FERREIRA JUNIOR, J.A. et al. 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. et al. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.929-937, 2001.

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

GUIMARÃES, F. S. et al. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 04, p. 1099-1106, 2008.

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

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. 3rd ed. Zürich: Ista, 117p, 1995.

HANSON, E. **How much boron do flowers need?** In: Better Crops. Atlanta, v.75, n.4. p.10-11, 1991.

HOPKINS, W.G. **Introduction to Plant Physiology**. New York: John Wiley e Sons, 512 p, 1999.

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**, Curitiba, v.9, n.3, p.291-297, 2008.

LIMA, A.D. et al. Adubação borácica na cultura do girassol. **Revista Agro@ mbiente Online**, v. 7, n. 3, p. 269-276, 2013.

LIMA, S. F.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G. Resposta do feijoeiro à adubação foliar de boro, molibdênio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.2, p.462-467, 1999.

MACEDO, F. B. et al. Boro no Plantio e Cálcio e Boro em Adubação Foliar na Produção da Soja. **Revista Ecossistema** V.27, n. 1, 2 jan. – dez. 2002.

MAGUIRE, J.D. Aped of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n.176-177, 1962.

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. Piracicaba, **POTAFOS**, 319p, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas. Piracicaba, **POTAFOS**, p. 201, 1989.

MANN, E. N. et al. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1757-1764, 2002.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRYZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina-PR: ABRATES, cap.3, p.3.1-3.24, 1999.

MARSCHNER H (1995) **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego, Academic Press. 889p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R. B. **Diagnose foliar**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa: UFV, 359p, 1999.

MUSSKOPF, C.; BIER, V. A. Efeito da aplicação de fertilizante mineral cálcio e boro via foliar na cultura da soja (*Glycine Max. L*). **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, n. 4, p, 83-91, 2010.

O'NEILL, M.A. et al. Requirement of borate crosslinking of cell wall rhamnogalacturonan II for Arabidopsis growth. **Science**, v.294, p. 846-849, 2001.

DE OLIVEIRA, I.B. et al. Fertilizante Foliar Em Feijoeiro De Inverno E Sua Influência Na Produtividade E Qualidade Fisiológica Das Sementes. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 2, p. 57-67, 2015.

OLIVEIRA, I.P; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. O. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: **POTAFOS**, p. 169-221, 1996.

PELAEZ, V; ALBERGONI, L; GUERRA, M.P. Soja transgênica versus soja convencional: uma análise comparativa de custos e benefícios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 21, n. 2, p. 279-309, 2004.

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.

PIRES, C.V et al. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 179-187, 2006.

POTAFOS - **Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato**. Como a planta de soja se desenvolve. Piracicaba, p. 20, 1997.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas. **Informações Agronômicas**, v. 90, p. 1-5, 2000.

PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes. **Instituto Internacional de Nutrição de Plantas**, v.3, p.05-35, 2010.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

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, 2013.

REIS, C. J. et al. 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, Jul./Ago. 2008.

REZENDE, P.M. et al. Adubação foliar. I. Épocas de aplicação de Fósforo na cultura da soja. **Ciência Agrotécnica**, v.29, n.6, p.1105-1111, nov./dez., 2005.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a. Aproximação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 359p, 1999.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; **How a Soybean Plant Develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1994. Adaptado por J.T. Yorinori, 1996.

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

ROSOLEM, C. A.; ZANCANARO, L.; BISCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em latossolo vermelho-amarelo do Mato Grosso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, dez. 2008.

SILVA, T. R. B. et al. Aplicação foliar de boro e cálcio no feijoeiro. **Científica**, v.34, n. 1, p. 46 - 52, 2006.

SOUZA, L.C.D. et al. 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.

SUZANA, C. S. et al. **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.; ZEIGER, E. Trad: SANTARÉM, E. R. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 613, 2004.

TEIXEIRA IR, BORÉM A; ARAÚJO GAA & ANDRADE M.J.B. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, 64, p.83-88, 2005.

TRAUTMANN, R.R. et al. Potencial de água do solo é adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 38, p. 240-251, 2014.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap.4, p.1-26, 1999.

WIKNER, B. **Pretreatment of plant and soil samples. A problem in boron analysis: Part I. Plants**. Commun Soil Science Plant Anal, p.1-25, 1986.

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

ZANÃO JÚNIOR, L. A. et al. Variabilidade espacial dos teores de macronutrientes em Latossolos sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.389-400, 2010.