



**Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

MARCO ANTONIO FERREIRA VARANDA

**INFLUÊNCIA DO BORO VIA APLICAÇÃO FOLIAR EM SOJA NA VÁRZEA
IRRIGADA NO TOCANTINS**

**GURUPI – TO
2017**



**Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

MARCO ANTONIO FERREIRA VARANDA

**INFLUÊNCIA DO BORO VIA APLICAÇÃO FOLIAR EM SOJA NA VÁRZEA
IRRIGADA NO TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dsc. Hélio Bandeira Barros

**GURUPI - TO
2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

V288i Varanda, Marco Antonio Ferreira.
INFLUÊNCIA DO BORO VIA APLICAÇÃO FOLIAR EM SOJA NA
VÁRZEA IRRIGADA NO TOCANTINS. / Marco Antonio Ferreira
Varanda. – Gurupi, TO, 2017.
44 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2017.

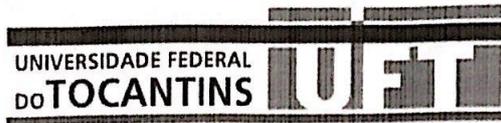
Orientador: Hélio Bandeira Barros

1. Glycine max. 2. Subirrigation. 3. Fertilizing. 4. Micronutrient. I.
Título

CDD 635

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Universidade Federal do Tocantins
Câmpus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Ata nº 01/2017

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de Marco Antonio
Ferreira Varanda, discente do Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins**

Aos 21 dias do mês de fevereiro do ano de 2017, às 14:02 horas, na Sala 02 do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. Hélio Bandeira Barros do Câmpus Universitário de Gurupi Universidade Federal do Tocantins, Prof. Dr. Manoel Mota dos Santos do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Dr. Aristóteles Capone do Câmpus Universitário de Gurupi Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de Marco Antonio Ferreira Varanda, intitulada "Influência do Boro via aplicação foliar em soja na varzea irrigada, no Tocantins". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-o ao título de Mestre em Produção Vegetal.

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dr. Manoel Mota dos Santos
Primeiro examinador

Dr. Aristóteles Capone
Segundo examinador

Dr. Hélio Bandeira Barros
Universidade Federal do Tocantins
Orientador e presidente da banca examinadora

Gurupi, 21 de fevereiro de 2017.

Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal

Aos meus pais, Terezino Alves Varanda e Anaídes de Sena Ferreira e aos meus irmãos Bruno Ferreira Varanda, Robson Ferreira Varanda, Jeferson Ferreira Varanda e Erica Ferreira Varanda. A família é uma das mais importantes instituições deixadas por cristo, nela, nós nos apoiamos para vencer os obstáculos da vida. Ao professor Dr. Hélio Bandeira Barros, além de orientador, um bom amigo.

DEDICO.

2. AGRADECIMENTOS

A Deus, meu salvador, criador do céu e da terra, pelo dom da vida, pela sabedoria, amor, esperança, humildade, perseverança, paciência e por todas as bênçãos concedidas em minha vida.

Aos meus pais, Terezino Alves Varanda e Anaídes de Sena Ferreira, pelo amor incondicional, pela criação, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem nas minhas escolhas, me ensinarem a sempre ter humildade e dignidade diante da vida. Não há palavras que possam expressar o tamanho da minha gratidão, apenas quero que saibam que os amo incondicionalmente.

Aos meus irmãos, Bruno Ferreira Varanda, Robson Ferreira Varanda, Jeferson Ferreira Varanda, Erica Ferreira Varanda, pelo amor, companheirismo, paciência, cumplicidade.

Ao meu orientador, professor Dr. Hélio Bandeira Barros por todos os ensinamentos transmitidos, companheirismo, empenho no projeto, sempre paciente, disposto a ajudar, ouvir e discutir ideias. Pessoa de boa índole, ético, humilde. Grato por tudo.

Aos meus companheiros de grupo de pesquisa, Mateus Zatt Menegon, Alex Dario, Lucas Antônio Lampert Vicentino, Aristóteles Capone, por todo o apoio durante o projeto, pela parceria e amizade, grato a todos.

A todos os meus amigos, em especial a Rodrigo Veríssimo dos Santos, Camila Cristina Rico Landim, Lucas Alves de Faria, Danilo Silva Machado, Joana Angélica Joner, Horrana Ferreira Ribeiro, Stanley Oliveira Rodrigues, Caroline Silva Pedrosa, Victor Khouri, Amanda Fonseca dos Santos, Carlos Guilherme Nilson, Deborah Aires Almeida, Diogo Machado Martins, Otávio dos Santos Limeira Luz.

Ao Programa de Mestrado em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, representado em nome de todos os seus professores membros, grato pela oportunidade de aprender.

A todos os funcionários da Universidade Federal do Tocantins.

Agradeço, do fundo do meu coração, a todos que de forma direta ou indireta, participaram desta vitória.

Muito obrigado.

3 RESUMO GERAL

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais “commodities” do agronegócio mundial. O Brasil tem se configurado neste cenário como um dos maiores produtores desta oleaginosa, destacando-se com obtenções de produtividades elevadas. A várzea irrigada é uma área de extrema importância econômica e social para o estado do Tocantins, gerando renda e empregos durante todo o ano. A fertilização foliar é utilizada com a finalidade de suplementar os níveis de nutrientes na planta, para que a mesma consiga realizar normalmente todos os seus processos metabólicos. O boro é um elemento essencial em todas as fases do ciclo da cultura da soja, participando de vários processos fisiológicos. Objetivou-se com este trabalho verificar a influência da adubação boratada foliar, aplicado em três estádios fenológicos da cultura da soja no período reprodutivo, com crescentes doses de fontes de boro, sobre os componentes de rendimento, produtividade e germinação das sementes de soja. O trabalho foi conduzido em condições de várzea irrigada, no município de Formoso do Araguaia - TO, na entressafra do ano agrícola de 2016. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial triplo 2x3x5 (produtos x épocas x doses) com quatro repetições. As características avaliadas foram: número de vagens por planta (NVP), número de sementes por planta (NSP), massa de cem sementes (MCS), produtividade (PROD), porcentagem de germinação (G%) e índice de velocidade de emergência (IVE). Verificou-se que os tratamentos em que houve aplicação da fonte de boro, composto por ácido bórico e octaborato, obtiveram as melhores respostas para todas as características avaliadas. Nas condições edafoclimáticas de entressafra na várzea irrigada, aplicações de B em R2 e R4 obtiveram a melhor resposta. Maiores médias foram obtidas com a aplicação de 1,5 a 2 kg.ha⁻¹ de boro.

Palavras-chave: *Glycine max*; subirrigação; adubação; micronutriente.

4 ABSTRACT

Soybean cultivation (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of the main commodities of world agribusiness. Brazil has been configured in this scenario as one of the largest producers of this oilseed, standing out with high yields. The irrigated várzea is an area of extreme economic and social importance for the southern state of Tocantins, generating income and jobs throughout the year. Foliar fertilization is used to supplement or complement nutrient levels in the plant, so that it can perform all its metabolic processes normally. Boron is an essential element in all phases of the soybean cycle, participating in several physiological processes. The objective of this work was to verify the influence of foliar fertilization, applied at three stages of soybean cultivation in the reproductive period, with increasing doses of boron sources, about the components of yield, yield and germination of soybean seeds. The work was carried out under lowland conditions, in the municipality of Formoso do Araguaia - TO, between the harvest of the agricultural year of 2016. The experimental design was a randomized complete block design in 2x3x5 triple factorial (products x seasons x doses) with four replications. The characteristics evaluated were: number of pods per plant (NVP), number of seeds per plant (NSP), mass hundred seeds (MCS), productivity (PROD), Percentage of germination (G%) and emergence speed index (EVI). It was verified that the treatments in which there was application of the source of boron, composed of boric acid and octaborate, obtained the best answers for all characteristics evaluated. In the soil and climatic conditions of irrigated lowland harvest, applications of B in R2 and R4 obtained the best response. Higher averages were obtained with the application of 1,5 to 2 kg. ha⁻¹ of boron.

Keywords: *Glycine max*; subirrigation; fertilizing; micronutrient.

5 SUMÁRIO

1	PÁGINA DE DEDICATÓRIA	3
2	AGRADECIMENTOS	4
3	RESUMO GERAL (+ PALAVRAS-CHAVE)	5
4	ABSTRACT (+ KEY WORDS)	6
5	SUMÁRIO	7
6	LISTA DE FIGURAS	8
7	INTRODUÇÃO GERAL	9
8	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
8.1	CULTURA DA SOJA	10
8.2	VARZEA IRRIGADA	11
8.3	ADUBAÇÃO FOLIAR	12
8.4	BORO	14
8.5	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES	17
9	CAPÍTULO 1 INFLUÊNCIA DO BORO FOLIAR EM SOJA NA VÁRZEA IRRIGADA NO TOCANTINS	19
9.1	RESUMO	19
9.2	ABSTRACT	20
9.3	INTRODUÇÃO	21
9.4	MATERIAL E MÉTODOS	22
9.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
9.6	CONCLUSÃO	33
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
11	REFERÊNCIAS	35

6 LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número de vagens por planta em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student) -----27

Figura 2. Número de sementes por planta em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student)-----28

Figura 3. Massa de cem sementes em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student)-----29

Figura 4. Produtividade de grãos em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student)-----30

Figura 5. Porcentagem da germinação de sementes (G%) função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student)-----31

Figura 6. Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student)-----32

7 INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais “commodities” do agronegócio mundial. O Brasil tem se configurado neste cenário como um dos maiores produtores desta oleaginosa, destacando-se com obtenções de produtividades elevadas. Na safra 2015/2016 a área semeada com esta cultura no Brasil foi de 33.251,9 milhões de hectares, com uma produtividade média de 2.870 kg ha⁻¹ e 95.434,6 milhões de toneladas (CONAB, 2016), representando cerca de 50% do total de grãos produzidos no país.

A expansão da produção da soja se deve em grande parte aos avanços das pesquisas científicas para o desenvolvimento de tecnologias capazes de aumentar o rendimento em campo, e dentre estas, está a utilização de fertilizantes minerais desenvolvidos para aplicações foliares (SUZANA et al., 2012).

Indubitavelmente, um dos setores que mais crescem atualmente na agricultura mundial é o desenvolvimento de produtos à base de macro e micronutrientes para fertilização foliar, e por mais que este seja um tema muitas vezes tido como contraditório no que diz respeito aos seus benefícios, visto à variabilidade dos resultados científicos, o mesmo é tido como uma das principais alternativas para se aumentar produtividade nas lavouras (CERETTA, 2005).

A fertilização foliar, principalmente com micronutrientes, têm sido uma das ferramentas mais recomendadas por empresas à produtores rurais visando corrigir desbalanços nutricionais nas lavouras. O equilíbrio nutricional é fator chave para se obter melhoria na qualidade das sementes e conseqüentemente aumentos na produtividade da cultura da soja (SUZANA et al., 2012).

O boro é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas, visto que, o mesmo atua em diversos processos metabólicos considerados essenciais, como transporte de açúcares, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e participa da composição da parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK e RÖMHELD, 1997).

De acordo com Garcia e Hanway (1976), a adubação foliar é adotada como forma de incrementar e manter os níveis de nutrientes elevados nas folhas,

principalmente na fase de enchimento de grãos, visto que, neste estágio a demanda de nutrientes pela planta é alta e a absorção pelas raízes é praticamente nula. Este incremento nutricional pode manter a taxa fotossintética por um tempo maior, podendo gerar mais produção de grãos de soja (REZENDE et al., 2005).

Todavia, segundo Carvalho e Nakagawa (2000), ainda são poucas as pesquisas de campo em áreas de produção de sementes, logo, são importantes o desenvolvimento de trabalhos que relacionem adubação solo e planta como parte fundamental do manejo para obtenção de plantas produtivas e vigorosas.

Neste contexto, este estudo objetivou verificar a influência do boro via fertilização foliar, aplicado em três estágios fenológicos da cultura da soja, com variações de doses e produtos comerciais, sobre os componentes de rendimento, produtividade e qualidade das sementes de soja.

8 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

8.1 CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é originária do continente asiático, tendo a China como um dos principais centros de origem, onde é cultivada por milênios como alimento. É uma leguminosa autógama, alotetraplóide, com 20 pares de cromossomos (SHOEMAKER et al., 1992). Sua base genética é demasiada estreita, provavelmente por ser uma espécie autógama, com indivíduos altamente homozigotos e a maioria dos cultivares apresentarem ancestrais comuns (KEIN et al., 1989). No ocidente, caracterizou-se, principalmente, como produto destinado à alimentação animal (BELLAVAR et al., 2002).

A expansão da soja pelo mundo teve início nos Estados Unidos, onde começou a ser cultivada e comercializada no início do século XX. A mesma chegou ao Brasil por meio da imigração japonesa, em 1908, onde foi cultivada anos após, por volta de 1914, no Rio Grande do Sul. No entanto, a expansão da soja no Brasil somente ocorreu nos anos 70, junto com a demanda das indústrias pelo óleo produzido e o consumo internacional. A cultura se adaptou as terras do Sul, e conseguiu estabilidade

de preço no mercado, visto à demanda crescente dos mercados, o que incentivou o aumento de áreas de plantio (EMBRAPA, 2003).

Atualmente é cultivada em mais de oitenta países, tendo o Brasil como o segundo maior produtor. Essa cultura está distribuída em todas as regiões do território brasileiro, na safra 2015/16, apresentou uma área plantada de 33.251,9 milhões de hectares, atingindo uma produção de 95.434,6 milhões de toneladas de grãos com produtividade média de 2.870 kg/ha (CONAB, 2016).

Os grãos de soja possuem cerca de 20% de óleo e 40% de proteína de elevado valor biológico, com composição em aminoácidos essenciais. O óleo pode ser utilizado na alimentação humana, na produção de biodiesel, desinfetantes, lubrificantes, sabões e outros. O farelo de soja é utilizado na alimentação humana e animal (SEDIYAMA, 2009). Além disso, o grão também apresenta 10,9% de açúcares totais, 6,7% de fibra e 27 a 30,8% de carboidratos, sendo uma boa fonte de minerais e de vitaminas A, E, B1, B2 e niacina (BELLAVAR et al., 2002).

O Brasil dispõe de cultivares de soja com potenciais de produtividade acima de 6.000 kg de grãos por hectare e detêm de boa tecnologia para a produção de sementes. Todavia, para que se obtenha altas produtividades, necessita-se de condições climáticas favoráveis em todos os estádios fenológicos da cultura (HEIFFIG, 2002). O efeito dos fatores climáticos pode ser minimizado pela adoção de um conjunto de práticas de manejo que faz com que a comunidade de plantas tenha o melhor aproveitamento possível dos recursos ambientais (COSTA, 1996).

8.2 VÁRZEA IRRIGADA

O Estado do Tocantins apresenta área favorável ao cultivo da soja, tanto na safra (terras altas), como no período da entressafra (várzea irrigada) em condições de várzea irrigada, sob regime de subirrigação (elevação do lençol freático), no projeto Rio Formoso (Formoso do Araguaia, Cristalândia, Pium, Dueré e Lagoa da Confusão). Na entressafra, a ausência de chuvas, aliada à baixa umidade relativa do ar e à baixa temperatura noturna, tem possibilitado a obtenção de sementes de boa qualidade, assim, a produção de soja, nesse período, tem se tornado altamente atrativa para os

produtores, em virtude do preço da soja, comercializada na forma de sementes, ser compensador (PELUZIO et al., 2005).

Desta forma muitos pesquisadores realizaram estudos na várzea irrigada no período de entressafra com a cultura da soja, dentre eles temos Peluzio et al. (2010) com o objetivo de avaliar o rendimento de grãos de cultivares de soja, conduziu três ensaios sob condições de várzea irrigada em Formoso do Araguaia – Tocantins, na entressafra 2007, obtiveram bom rendimento de grãos com três cultivares avaliados em condições de várzea irrigada. Almeida et al. (2011) ao avaliarem a divergência genética entre doze cultivares de soja sob condições de várzea irrigada, em Formoso do Araguaia, na entressafra 2005, obtiveram produtividade de até 3.212 kg ha⁻¹ e também verificaram presença de variabilidade genética, identificação de cultivares dissimilares e com média elevada para as características agronômicas.

Santos et al. (2011) realizaram estudos de divergência genética, por meio de técnicas multivariadas, entre 48 genótipos de soja, cultivados na várzea irrigada no Estado do Tocantins, entre os cultivares avaliados obteve rendimentos de grãos de até 4.442 kg ha⁻¹, também verificou divergência genética entre os genótipos de soja, cultivados na várzea irrigada. Em outro trabalho Santos et al. (2012) avaliando novamente divergência genética entre 65 genótipos de soja quanto à qualidade das sementes, produzidas na entressafra no município de Formoso do Araguaia – TO, obteve no estudo que sementes produzidas em condições de várzea irrigada (Formoso do Araguaia), na entressafra, apresentaram alta qualidade fisiológica.

A várzea irrigada é uma área de extrema importância econômica e social para o Estado do Tocantins, gerando renda e empregos durante todo o ano, além da produção de campos de semente de soja, também produz-se melancia na entressafra, sendo destaque no cenário nacional em produção; na safra tem-se o cultivo de arroz irrigado por inundação com elevada produtividade, com todas essas vantagens e recursos há necessidade de se realizar periodicamente pesquisas para melhor aproveitamento das várzeas tropicais, localizadas no vale do Araguaia.

8.3 ADUBAÇÃO FOLIAR

A fertilização foliar é utilizada com a finalidade de complementar os níveis de nutrientes na planta, para que a mesma consiga realizar normalmente todos os seus processos metabólicos. Apesar de não ser uma prática recente, sendo conhecida a mais de 100 anos (BORKERT, 1987) a tecnologia em fertilização foliar tem crescido de forma exponencial em todo mundo, e no Brasil não é diferente, a adoção de práticas de manejo utilizando adubação via folha tem se tornado cada vez mais comum, no entanto, o conhecimento técnico ainda é tido como incipiente (BEVILAQUA, 2002).

Atualmente, os produtos comercializados para o fornecimento de nutrientes às plantas via folha são de natureza simples, com apenas um nutriente em sua formulação, ou um composto de vários nutrientes, podendo conter macros e micros. Como exemplos temos ureia, nitrato de amônio, superfosfato, sulfato, nitrato de potássio e sulfatos de diversos micronutrientes (MALAVOLTA, 2006).

Os nutrientes aplicados via folha permitem uma maior duração da taxa fotossintética, de forma a estimular a absorção de nutrientes pelas raízes das plantas. Uma das principais vantagens da fertilização foliar é a oportunidade de corrigir uma deficiência nutricional no ato da sua aparição, em contrapartida, estes fertilizantes apresentam baixa residualidade, sendo necessário o parcelamento das aplicações. Os fertilizantes foliares podem corrigir deficiências, aumentar produtividade e velocidade de crescimento das plantas (MOCELLIN, 2004).

No início de ciclo vegetativo, a soja apresenta uma baixa absorção de nutrientes, devido ao pouco volume radicular, e conseqüentemente uma reduzida taxa de acúmulo de matéria seca. Posteriormente, entre os 30 e 60 dias, a taxa de absorção e acúmulo aumentam substancialmente, caracterizando a primeira inflexão. Na próxima fase, caracterizada pelo enchimento de grãos, as taxas desses parâmetros apresentam um sensível declínio (ARANTES e SOUZA, 1993).

Uma das fases mais críticas da cultura é o estágio reprodutivo, mais precisamente durante a formação das sementes, onde ocorre uma intensa atividade de translocação de nutrientes para este órgão. Os nutrientes são requeridos de forma equilibrada, sendo essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Um dos fatores que regem a eficácia da adubação foliar é a época de aplicação, segundo Rosolem e Boaretto (1989), a demanda de nutrientes pela cultura da soja é maior entre os estádios R1 (início do florescimento) a R5.1 (início do enchimento de grão), devendo-se direcionar as aplicações de fertilizantes foliares para estas épocas, visando incrementos na produtividade de grãos e sementes.

A partir da fase reprodutiva da cultura, naturalmente ocorre uma diminuição de intensidade da absorção radicular, todavia, a fase de reprodução da planta demanda uma alta carga de translocação de nutrientes das folhas para as sementes em formação, fato este que vem a justificar o uso da fertilização foliar (BORKET et al., 1987; GARCIA e HANWAY, 1976).

A translocação de nutrientes das folhas para os órgãos de reserva permite que haja uma boa formação do embrião e dos cotilédones, e isso, impacta diretamente sobre a qualidade fisiológica das sementes. Os nutrientes ajudarão a formar substâncias de reserva como proteínas, carboidratos e lipídeos (TEIXEIRA et al., 2005).

Contudo, ainda são poucas as informações do quanto os fertilizantes foliares podem complementar os fertilizantes aplicados no solo, visando o aumento da eficiência de uso do nutriente, da produtividade e do lucro (CARVALHO et al., 2001), havendo a necessidade de mais trabalhos científicos. A fertilização foliar proporciona otimização do manejo nutricional da lavoura, apresentando menor custo, rapidez de resposta das plantas, dentre outros (OOSTERHUIS, 2001).

8.4 BORO

O boro (B) é um microelemento essencial para o desenvolvimento normal das plantas, atuando em diversas reações biológicas, a sua deficiência é encontrada em vários tipos de solo e regiões do planeta (SAH e BROWN, 1997) contudo, a sua carência tem levado quedas de produtividade em várias culturas anuais cultivadas no Brasil (BATAGLIA e RAIJ, 1990).

Dentre os micronutrientes, o B é um dos mais limitantes na produtividade das culturas anuais. As causas da deficiência comum nas culturas são a pobreza natural

das rochas, normalmente rochas ácidas, pobres em micronutrientes ou rochas ferromagnesianas que sofreram um intenso processo de intemperismo, acarretando a perda das bases trocáveis e de micronutrientes, resultando no acúmulo de sílica (SiO₂) e óxidos de ferro e alumínio (FAGERIA, 2000).

A cultura da soja é muito exigente em B, sendo comum observarmos em muitas regiões do país os reflexos da deficiência deste elemento na produção (FURLANI et al., 2001), porém, a soja também é bastante sensível a sua toxidez (ROSOLEM, 1980). Níveis de B foliar inferior a 25 a 30 mg kg⁻¹ é tido como deficiente, e acima de 83 mg kg⁻¹ já é considerado tóxico (FURLANI et al., 2001). Segundo Quaggio e Piza Jr (2001), o manejo da adubação com B deve ser cuidadoso, pois a faixa entre a deficiência e toxidez é estreita quando comparado aos demais nutrientes, estes resultados dos autores citados acima não corroboram com Chapman et al., (1997) que afirma não haver evidência que suporte a ideia desta estreita faixa entre deficiência e toxidez de boro.

Para Malavolta et al. (1997), o boro atua na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, de modo a aumentar o pegamento de flores e a granação, além de garantir menor esterilidade masculina e menor chochamento de grãos. Além disso, o B influi na retenção das vagens recém-formadas, no crescimento do meristema, na diferenciação celular, maturação, divisão celular, síntese de aminoácidos e proteínas, transporte interno de açúcares, amido, nitrogênio, fósforo e crescimento da planta como um todo (PRADO, 2008).

De acordo com Faquin (1994), há uma maior exigência de B no que se refere a produção de sementes em relação ao crescimento vegetativo das plantas, isso devido a sua importância no processo de fertilização. O boro influi diretamente no poder germinativo das sementes. Estudos apontam que sementes com baixo teor de B acumulado apresentam menor vigor e taxa de germinação (RERKASEM et al., 1997), podendo ainda gerar plântulas fora dos padrões normais (MARSCHNER, 1995; RERKASEM et al., 1997).

A atuação do boro nas plantas é diversa e complexa, como na participação do processo de fixação biológica de nitrogênio pela planta, embora não tenha uma participação direta, o mesmo torna-se importante por ser o precursor da ativação da enzima fosforilase do amido, responsável pela síntese de amido na planta (FAVARIN e MARINI, 2000).

A disponibilidade de boro às plantas está associada às propriedades físicas e químicas do solo, como: pH, textura, mineralogia e matéria orgânica (GOLDBERG, 1997; NABLE et al., 1997). Os solos com baixo teor de matéria orgânica refletem a deficiência de micronutrientes, principalmente boro (B), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e cobre (Cu) (EMBRAPA, 1999). O boro é um elemento carente nos solos brasileiros, em especial em solos de textura arenosa e pobres em matéria orgânica. (MALAVOLTA, 1985).

A recomendação do uso de boro na adubação, entretanto, não pode ser indiscriminada, uma vez que esse micronutriente pode tornar-se tóxico, se aplicado em excesso, razão pela qual é necessário se conhecer os níveis adequados deste elemento no solo e na planta, para se fazer uma recomendação correta (FAGERIA, 2000).

Plantas de soja com diferentes níveis de deficiência de boro no solo podem apresentar as seguintes características anatômicas:

- Severa deficiência: plântulas com apenas folhas cotiledonares e morte da gema apical.
- Mediana deficiência: plântulas com folhas primárias, morte da gema apical e brotamento de gemas axilares das folhas cotiledonares.
- Leve deficiência: plântulas com má formação de folíolos dos brotos e, conseqüentemente, paralisação de crescimento, proporcionando o desenvolvimento de novas gemas laterais, caracterizando super brotamento.

O boro é imóvel no floema, logo, os sintomas da sua deficiência é observada em órgãos mais novos da planta, que são pontos de crescimento, onde a demanda pelo mesmo é exigida em maior intensidade (MALAVOLTA, 1976, MALAVOLTA, 1985; BLAMEY et al., 1979, BLAMEY et al., 1997; ASAD, 2002). Entretanto, trabalhos realizados por Brown e Shelp, (1997) mostram que em determinadas espécies de plantas, que produzem quantidades significativas de polifenóis, com a morte da gema apical ocorre mobilidade do boro. Plantas que produzem polióis como sorbitol, manitol e dulcitol conseguem complexar o boro, tornando-o móvel no floema, como ocorre nas amendoeiras, macieiras e nectarinas (BROWN et al., 1999).

O B solúvel é encontrado principalmente ligado à matéria orgânica do solo, sobretudo nas camadas superficiais. Pode sofrer lixiviação em solos de textura

arenosa enquanto nos mais argilosos sua mobilidade é praticamente nula. Períodos de estiagem ou em condições de solos com calagem excessiva as plantas apresentam dificuldade para absorver este nutriente (DECHEN e NACHTIGALL, 2006).

Um dos dogmas que temos a respeito dos micronutrientes é de que o boro aplicado no solo é facilmente lixiviado. O que de fato governa a disponibilidade de boro na solução do solo é a adsorção e não a lixiviação, (CATANI et al., 1971; RIBEIRO e BRAGA, 1974; CORREA et al., 1985; GOLDBERG, 1997). O boro é adsorvido por óxidos de ferro e alumínio, minerais de argila, matéria orgânica, hidróxido de magnésio e carbonato de cálcio. O aumento do Potencial Hidrogeniônico, da temperatura, do teor de materiais adsorventes e a diminuição da umidade do solo podem aumentar essa adsorção (GOLDBERG et al., 1993).

Os resultados de trabalhos envolvendo o aproveitamento de micronutrientes pela planta variam de acordo com os teores disponíveis no solo, condições ambientais e o tipo de cultivar utilizado. Boaretto et al. (1997) alerta sobre a dificuldade de se remover o boro da cutícula foliar ou ligado na camada péctica da parede celular, e isso, pode explicar o fato de muitos trabalhos não apresentarem correlação entre o teor de B na folha e a produtividade alcançada.

A soja é classificada como de médio potencial de resposta ao boro e a deficiência deste micronutriente se caracteriza pela presença de clorose internerval nas folhas mais novas, com pontas encurvadas para baixo e limbo enrugado, morte da gema terminal e raízes mal desenvolvidas (MALAVOLTA e KLIEMANN, 1985).

8.5 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

O equilíbrio nutricional das plantas é um dos fatores primordiais à qualidade fisiológica das sementes. A disponibilidade de nutrientes influi na formação do embrião e dos órgãos de reserva, assim como na composição química das sementes, influenciando o vigor e qualidade das sementes (SÁ, 1994; TEIXEIRA et al., 2005). Segundo Delouche (1981), a adubação é fator determinante para o sucesso da produção de sementes com alto padrão de vigor e germinação.

Segundo Marcos Filho (2005), a semente é um insumo agrícola primordial, sem o qual não haveria produção de alimentos, a mesma carrega em seu traço genético todo o potencial produtivo de uma cultivar, fator este determinante para o sucesso de uma lavoura. A qualidade fisiológica da semente permite a geração de novas plantas perfeitas e vigorosas (AMBROSANO et al., 1999).

A viabilidade e o vigor são características que definem o potencial produtivo de uma semente. A determinação da viabilidade é feita principalmente por meio de teste de germinação, onde se avalia o máximo potencial germinativo da semente, dentro de condições extremamente favoráveis. Os testes de vigor são mais específicos, visto que, é uma característica mais intrínseca à qualidade fisiológica, não reveladas pelo teste de germinação, e é determinado sob condições desfavoráveis, ou medindo-se o declínio de alguma função bioquímica ou fisiológica (MARCOS FILHO et al., 1987).

O vigor é a capacidade da semente em se estabelecer de forma rápida e uniforme, gerando plântulas normais sob uma ampla faixa de condições ambientais. O vigor máximo é atingido quando, durante o processo de desenvolvimento, as sementes alcançam o maior acúmulo de massa seca, o chamado ponto de maturação fisiológica (AOSA, 1983)

A degradação das membranas celulares é um dos primeiros passos da deterioração das sementes, e isto ocorre mais rapidamente nas mal formadas ou oriundas de plantas em condições de deficiência. Assim, a nutrição mineral é fator preponderante na produção de sementes de alta qualidade, pois vários nutrientes desempenham importante papel na formação das membranas (SÁ, 1994).

São diversos os fatores que de alguma forma, direta ou indiretamente, afetam a qualidade das sementes, destacando-se, dentre eles: origem da semente, adubação, condições climáticas na fase de maturação e colheita, tipo de colheita, secagem, condições de armazenamento, tratamento químico das sementes, sanidade no campo de produção, entre outros. Tais fatores abrangem, entre outras as condições de umidade ambiente, facilitando o aparecimento de sementes com altos índices de deterioração por umidade (FRANÇA NETO et al., 2000).

Sementes com baixo padrão de vigor e germinação geram plantas defeituosas, com falhas em seu estabelecimento e baixo potencial produtivo, podendo gerar prejuízos à atividade de produção (COSTA et al., 2001).

9 CAPITULO I

INFLUÊNCIA DO BORO FOLIAR EM SOJA NA VÁRZEA IRRIGADA NO TOCANTINS

9.1 RESUMO

O boro é um elemento essencial em todas as fases do ciclo da cultura da soja, participando de vários processos fisiológicos. Objetivou-se com este trabalho verificar a influência da adubação boratada foliar, aplicado em três estádios fenológicos da cultura da soja no período reprodutivo, com crescentes doses de fontes de boro, sobre os componentes de rendimento, produtividade e germinação das sementes de soja. O trabalho foi conduzido em condições de várzea irrigada, no município de Formoso do Araguaia - TO, na entressafra do ano agrícola de 2016. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial triplo 2x3x5 (produtos x épocas x doses) com quatro repetições. As características avaliadas foram: número de vagens por planta (NVP), número de sementes por planta (NSP), massa de cem sementes (MCS), produtividade (PROD), porcentagem de germinação (G%) e índice de velocidade de emergência (IVE). Verificou-se que os tratamentos em que houve aplicação da fonte de boro, composto por ácido bórico e octaborato, obtiveram as melhores respostas para todas as características avaliadas. Nas condições edafoclimáticas de entressafra na várzea irrigada, aplicações de B em R2 e R4 obtiveram a melhor resposta. Maiores médias foram obtidas com a aplicação de 1,5 a 2 kg ha⁻¹ de boro.

Palavras-chave: *Glycine max.* subirrigação. adubação. micronutriente.

INFLUENCE OF THE BORON FOLIAR IN SOY IN IRRIGATED LOWLAND, IN TOCANTINS

9.2 ABSTRACT

Boron is an essential element in all phases of the soybean cycle, participating in several physiological processes. The objective of this work was to verify the influence of foliar fertilization, applied at three stages of soybean cultivation in the reproductive period, with increasing doses of boron sources, about the components of yield, yield and germination of soybean seeds. The work was carried out under lowland conditions, in the municipality of Formoso do Araguaia - TO, between the harvest of the agricultural year of 2016. The experimental design was a randomized complete block design in 2x3x5 triple factorial (products x seasons x doses) with four replications. The characteristics evaluated were: number of pods per plant (NVP), number of seeds per plant (NSP), mass hundred seeds (MCS), productivity (PROD), Percentage of germination (G%) and emergence speed index (EVI). It was verified that the treatments in which there was application of the source of boron, composed of boric acid and octaborate, obtained the best answers for all characteristics evaluated. In the soil and climatic conditions of irrigated lowland harvest, applications of B in R2 and R4 obtained the best response. Higher averages were obtained with the application of 1,5 to 2 kg ha⁻¹ of boron.

Keywords: *Glycine max.* subirrigation. fertilizing. micronutrient.

9.3 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais “commodities” do agronegócio mundial, o Brasil tem se configurado como o segundo maior produtor desta oleaginosa (CONAB, 2016).

A expansão da produção da soja se deve em grande parte aos avanços das pesquisas científicas para o desenvolvimento de tecnologias capazes de aumentar o rendimento em campo, dentre estas, a utilização de fertilizantes minerais de aplicações foliar, principalmente com micronutrientes. O equilíbrio nutricional é fator chave para se obter melhoria na qualidade das sementes e conseqüentemente aumentos na produtividade na cultura da soja (SUZANA et al., 2012).

A adubação foliar não pode substituir a adubação via solo, ela pode ser usada como complemento numa resposta imediata a alguma deficiência detectada na cultura. No caso específico do micronutriente boro, além de estudos na cultura da soja (PEGORARO et al., 2008; MASCARENHAS et al., 2013; MASCARENHAS et al., 2014; DEUNER et al., 2015) existem vários outros estudos em diversas outras culturas como: a do arroz (*Oryza sativa* L.) (LEITE et al., 2011); do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), (LANA et al., 2008; REIS et al., 2008; LIMA et al., 2013) culturas importantes no consumo interno brasileiro; do girassol (*Helianthus annuus* L.) (MARTIN et al., 2014; CAPONE et al., 2016), do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (FOLONI et al., 2016); do teosinto (*Euchlaena mexicana* Schrad.) (AISENBERG et al 2014); e da mamona (*Ricinus communis* L.) (RODRIGUES et al., 2009).

A adubação foliar a partir de macro e micronutrientes está em crescente evolução, as indústrias desenvolvem formulações de diversas fontes de nutrientes, sendo estes isolados (um nutriente) ou o chamado “mix”, fonte de vários nutrientes na mesma solução, esta evolução nos preparos de novas formulações com inúmeras possibilidades de utilização no campo, faz da adubação foliar uma ferramenta cada vez mais indispensável para o aumento das taxas de produtividade. Todo esse sucesso da adubação foliar é devido a algumas vantagens oferecidas por este método de aplicação, como: as doses são muito menores que a utilizada nas aplicações via solo; a distribuição é uniforme e fácil; as respostas aos nutrientes aplicados são quase que imediatas e, conseqüentemente, as deficiências podem ser corrigidas durante a estação de crescimento e as suspeitas de deficiência são diagnosticadas mais facilmente (CALONEGO et al., 2010).

Com isso formulações utilizando boro, que é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas, visto que, o mesmo atua em diversos processos metabólicos considerados essenciais, como transporte de açúcares, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e participa da composição da parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK e RÖMHELD, 1997), fica indispensável estudos detalhados para cada região produtora, tipo de solos e culturas.

Para Malavolta et al. (1997), o B influi na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumenta o pegamento de flores e a granação e causa menor esterilidade masculina e menor chochamento de grãos. 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 (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Além da melhor fecundação das flores e formação de grãos, o B 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), com todos esses resultados pode-se afirmar que a exigência de B é maior no período reprodutivo.

Desta forma, o objetivou-se com este trabalho, verificar a influência da adubação boratada via foliar, aplicado em três estádios fenológicos da cultura da soja no período reprodutivo, com crescentes doses de fontes de boro, sobre os componentes de rendimento, produtividade e germinação das sementes de soja, em várzea irrigada, no Estado do Tocantins.

9.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em condições de várzea irrigada, no município de Formoso do Araguaia - TO, na entressafra do ano agrícola de 2016, localizado a 11°45' S e 49°04' W e 170 m de altitude, em solo do tipo Gley, Pouco-Húmico (EMBRAPA, 2006). O clima, segundo o método de Thornthwaite, é do tipo Aw, úmido com moderada deficiência hídrica, com precipitação anual média de 1.400 mm e temperatura média anual variando entre 22 a 32 °C.

A amostragem do solo foi realizada na profundidade de 0 a 20 cm, sendo que o solo apresentou as seguintes características químicas e físicas: pH $\text{CaCl}_2 = 5,2$; $\text{Al} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al} = 3,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca}^{2+} = 3,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{2+} = 0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{K}^+ = 72 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{P} = 55,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{S} = 24 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Zn} = 1,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{B} = 0,2 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Cu} = 1,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Fe} = 71 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Mn} = 0,8 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{MO} = 26 \text{ g/dm}^3$; $\text{SB} = 4,38 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{CTC}(t) = 7,78 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; areia = 500 g kg^{-1} ; silte = 100 g kg^{-1} ; argila = 400 g kg^{-1} .

O preparo do solo foi realizado com gradagem e rolagem (com auxílio de rolo compactador). No momento da semeadura inoculou-se as sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, concentração $7,2 \times 10^9$ unidades formadoras de colônia/g, na dosagem de 180 g/50 kg de sementes e fungicida Carbendazim-Thiram 200 SC, na dosagem de 200 ml/100 kg de semente.

A adubação de plantio foi realizada segundo as exigências da cultura, com base na análise de solo e recomendações da cultura, correspondendo a 350 kg ha^{-1} da formulação NPK 02-25-25 + 50 kg ton^{-1} de Br12 (0,1% B; 0,15% Cu; 0,45% Mn; 0,30% Zn). A irrigação realizada por meio da elevação do lençol freático, de forma a manter o solo com umidade adequada a cultura durante todo o ciclo (subirrigação). O controle de pragas e doenças foi executado conforme as exigências previstas em campo de produção de sementes.

O experimento foi implantado utilizando-se semeadora de parcelas experimentais, no dia 01 de maio de 2016, sendo que, no período entre o plantio e a colheita não houve precipitação, logo, a demanda hídrica da cultura foi atendida por meio da técnica de subirrigação e a colheita foi realizada em 12 de agosto de 2016.

A área utilizada foi de 3200 m^2 onde foram delimitadas unidades experimentais, denominadas parcelas, compostas por quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,34 m, estande estimado em 230.000 plantas por hectare. A variedade de soja utilizada foi a Msoy 8808 IPRO.

A aplicação de boro via folha foi realizada com auxílio de uma bomba costal de vinte litros, utilizando-se uma barra de alumínio adaptada com quatro bicos equipados com pontas tipo cone para pulverização. Para a regulagem do equipamento foi medida a velocidade de caminhamento (dada em m/s) do aplicador, e a vazão de acordo a pressão manual exercida pelo mesmo, estimada em 150 L ha^{-1} . A água utilizada era oriunda dos canais de subirrigação do Projeto Rio Formoso, a mesma apresentava pH em torno da neutralidade. As pulverizações eram realizadas nos horários de temperaturas mais amenas, em condições de pouco vento.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial triplo 2x3x5 (produtos x épocas x doses) com 4 repetições. Os produtos utilizados foram fertilizantes foliares fluidos à base de boro. O produto A (PA = $\frac{1}{4}$ ácido bórico mais $\frac{3}{4}$ octaborato), com garantias de peso por peso (p/p) 1% N; 8.5% B; densidade (g/l) 1.220; pH 6 a 7 e o produto B (PB = boro a base de monoetanolamina), com (p/p) 11,53% B; peso por volume p/v 14,98% B.

As aplicações foram realizadas de acordo com as fases fenológicas da cultura, sendo a época um (E1) na data de 13/06/2016, quando a cultura estava em floração plena (R2- Florescimento pleno: uma flor aberta num dos 2 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida), a época dois (E2) na data de 27/06/2016, ao final da floração (R4- Vagem completamente desenvolvida: Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida) e época três (E3) na data de 11/07/2016, em vagens plenas (R6- Grão cheio ou completo: vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida), segundo classificação de (FARIAS et al., 2007).

Foram aplicadas cinco dosagens dos produtos em cada uma das épocas, sendo a dose um (D1) 0 kg ha⁻¹, dose dois (D2) 0,5 kg ha⁻¹, dose três (D3) 1 kg ha⁻¹, dose quatro (D4) 1,5 kg ha⁻¹ e dose cinco (D5) 2 kg ha⁻¹.

Para avaliação foram colhidas as duas linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 1,5 m de cada extremidade da linha, totalizando 1,36 m² de área útil. Das plantas colhidas (estádio fenológico R9- ponto de maturação de colheita) foram selecionadas de forma aleatória cinco plantas para serem avaliadas as seguintes características agrônômicas: 1) número de vagens por planta (NVP): onde foram contadas o número de vagens em cada uma das cinco plantas e retirada a média geral; 2) Número de sementes por planta (NSP): onde foram realizadas a contagem do número de sementes de cada planta dentre as cinco separadas e retirada a média geral; 3) massa de cem sementes (MCS): onde foi realizado a contagem de cem sementes dentre as cinco plantas avaliadas e com o auxílio de uma balança analítica foram feitas as pesagens com resultados dados em gramas; 4) produtividade (PROD): as plantas coletadas dentro da área útil estipulada e colhidas foram trilhadas manualmente, as sementes foram pesadas com auxílio de balança analítica e os valores foram posteriormente corrigidos para quilogramas por hectare a 13% de umidade; 5) Porcentagem de Germinação (G%): foram semeadas 100 sementes de

cada tratamento em bandejas com areia, repetidos três vezes, e avaliadas após sete dias da sementeira, sendo a contadas as plântulas emergidas e, posteriormente os dados convertidos para porcentagem; 6) índice de velocidade de emergência (IVE): foram semeadas 100 sementes de cada tratamento em bandejas com areia, com três repetições e avaliadas diariamente após a sementeira a porcentagem de plântulas emergidas, sendo que, o índice de velocidade de germinação foi calculado de acordo com literatura sugerida por (MAGUIRE, 1962).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de regressão por meio do aplicativo computacional SIGMAPLOT 10.0 (2007).

9.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A funcionalidade do B nas plantas é dependente da disponibilidade de Ca nos tecidos, sendo de fundamental importância que ambos estejam disponíveis em quantidades suficientes para o desenvolvimento das plantas (BELIVAQUA et al., 2002). O solo da várzea irrigada apresentou em sua composição $\text{Ca}^{2+} = 3,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{B} = 0,2 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo classificado suas disponibilidades no solo como bom para cálcio e baixo para boro (RIBEIRO et al., 1999), desta forma a aplicação de fonte de boro se torna indispensável para o desenvolvimento da cultura da soja.

As respostas dos produtos compostos por boro quanto às doses crescentes em diferentes épocas de aplicação para as características avaliadas, ajustaram-se em sua grande maioria ao modelo de regressão polinomial (quadrático), (Figura 1A e B, 2A e B, 3A e B, 4A e B, 5A e B, 6A e B). A única exceção foi a época 1 da característica massa de cem sementes para o produto A, que apresentou comportamento ajustado ao modelo linear (Figura 3A). Todavia, os coeficientes de determinação (R^2) de todas essas características foram significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).

A primeira característica discutida foi o número de vagens por planta, que obteve resultados positivos para os dois produtos em todas as épocas de aplicação (Figura 1A e 1B), a época 3 obteve os melhores resultados para ambos os produtos comerciais usados na pesquisa (Figura 1A e 1B), com destaque para o produto 2 (Figura 1B), que atingiu médias de aproximadamente 75 vagens por plantas com 1 kg ha^{-1} , enquanto no produto 1 obteve seus maiores valores de médias entre $1,5$ e 2 kg ha^{-1} (Figura 1A). As épocas 1 e 2 obtiveram resultados próximos entre as médias para

ambos produtos, com ressalva para o produto 1 na época 1 (Figura 1A), que permaneceu com tendência crescente mesmo com a dose 5, demonstrando não sofrer fitotoxicidade.

Os resultados deste trabalho divergem quanto a melhor época de aplicação ao realizado por Kappes et al. (2008), o qual verificaram que a aplicação de B, quando responsiva, apresentou o melhor resultado no aumento do número de vagens por planta quando foi aplicado no estágio V5, neste trabalho obteve no estágio fenológico R6. Também diverge quanto ao trabalho feito por Arantes et al. (2009), que obtiveram em condições de aplicação em diferentes fases de desenvolvimento da cultura, resultados não significativos para número de vagens, número de grãos por vagens, peso de 100 sementes, concluindo que não justifica o uso de produtos à base de cálcio e boro via foliar.

Mas corrobora com o trabalho realizado por Belivaqua et al. (2002), ao avaliarem os efeitos da aplicação de Ca e B via foliar nas fases vegetativa e reprodutiva da soja sobre os componentes de rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de sementes por planta) e a qualidade fisiológica das sementes, concluíram que a aplicação foliar de Ca e B aumentou o número de vagens por planta, de grãos por vagem, peso de sementes por planta e não afetou a qualidade fisiológica das sementes. Além disso, os autores verificaram que as melhores respostas da aplicação de Ca e B sobre os componentes de rendimento foram verificadas nas fases de floração e pós-floração, corroborando com as épocas de aplicação deste trabalho, realizadas todas no período reprodutivo.

O boro influi na retenção das vagens recém-formadas, no crescimento do meristema, na diferenciação celular, maturação, divisão celular, síntese de aminoácidos e proteínas, transporte interno de açúcares, amido, nitrogênio, fósforo e crescimento da planta como um todo (PRADO, 2008), desta forma a sua presença na solução do solo ou complementar via aplicação foliar se torna essencial para esta característica agrônômica.

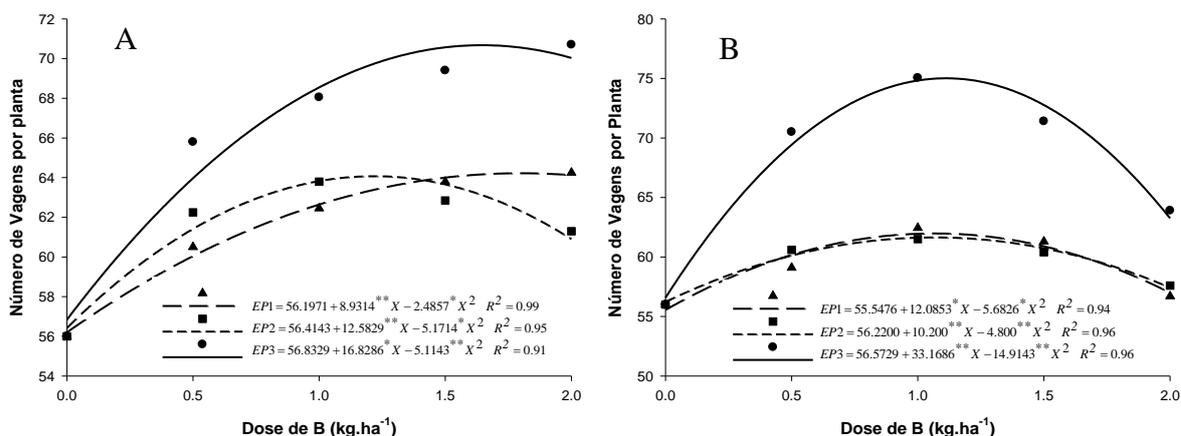


Figura 1. Número de vagens por planta em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).

O número de sementes por planta (Figuras 2A e 2B), corroboraram com número de vagens por planta em relação à época 3, que obteve as melhores médias para ambas características avaliadas, só que neste caso o maior valor atingido foi com o produto A (Figura 2A), mas com valores próximos dos obtidos no produto B (Figura 2B). Destaca-se também no produto A, à época 2, com curva inicial decrescente logo nas primeiras doses (Figura 2A), no produto B todas as épocas com curvas decrescentes a partir da dose 1 kg ha⁻¹, com as épocas 1 e 2 atingindo valores médios inferiores a testemunha (Figura 2B). Estes resultados indicam a época 3 (estádio fenológico R6) para as duas características apresentadas como a melhor época de aplicação, mas mostram-se divergentes aos trabalhos realizados por Kappes et al. (2008) e Arantes et al. (2009).

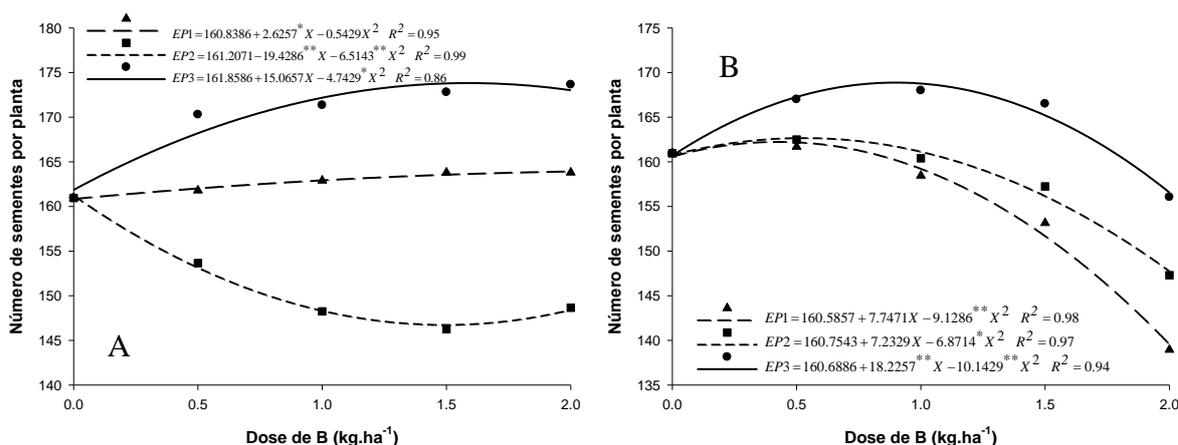


Figura 2. Número de sementes por planta em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).

Na característica massa de cem sementes obteve-se maiores médias para época 2 (Figura 3A e 3B), com valores médios próximos, mas o produto A em destaque (Figura 3A), também se observa a maior resposta para a época 2 com a dose 1 kg ha⁻¹ (Figura 3A e 3B), com estes resultados a dose 1 kg ha⁻¹ de ambos produtos usados apresenta-se como uma boa indicação para o estágio fenológico R4 de soja em várzea irrigada no projeto Rio Formoso.

Os resultados obtidos com a época 2 para os dois produtos utilizados (Figuras 3A e B), são contrários aos obtidos por Calonogo et al. (2010), onde concluíram que massa de cem grãos de soja não sofreram influência da adubação boratada foliar. Também em estudos realizados por Kappes et al. (2008) pesquisando efeito de doses e épocas da aplicação foliar de boro sobre características agrônômicas e a qualidade de sementes de soja não observaram resultados significativos em relação à massa de 100 sementes e por fim, Malavolta et al. (2002), que discorreu sobre boro como atuador na translocação de açúcares para os órgãos propagativos, mas não foram observados resultados significativos em relação à massa de 100 sementes.

As épocas 1 obtiveram resultados decrescentes para os produtos A e B (Figura 3A e B), de acordo com Favarin e Marini (2007) a atuação do boro nas plantas é diversa e complexa, como na participação do processo de fixação biológica de nitrogênio pela planta, embora não tenha uma participação direta, o mesmo torna-se importante por ser o precursor da ativação da enzima fosforilase do amido,

responsável pela síntese de amido na planta. Com estas informações presume-se que houve alguma interferência no metabolismo destas plantas na época 1 (estádio fenológico R2), obtendo resultados decrescentes com o aumento das doses de boro, outro fato que poderia explicar seria a composição genética, mas automaticamente é descartado por haver apenas um cultivar na pesquisa, com isso fica claro a importância da época de aplicação de boro via foliar na soja em várzea irrigada.

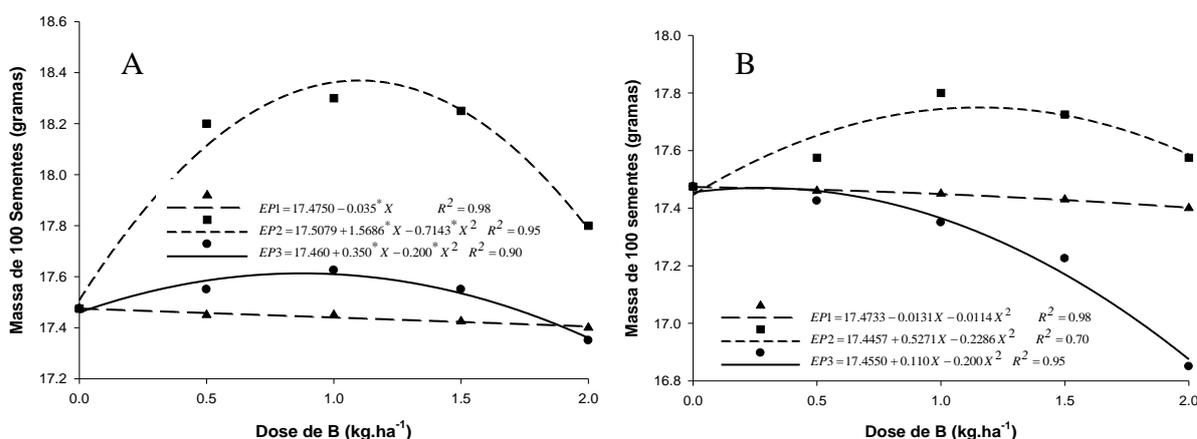


Figura 3. Massa de cem sementes em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).

A produtividade de grãos é a resultante de todo o processo de condução, manejo, condições climáticas, intervenção biótica e abiótica de um sistema de produção, ao comparar os produtos utilizados, verifica-se as maiores produtividades para as três épocas consecutivas com o produto A (Figura 4A), indicando ser um produto mais eficiente e responsivo, com destaque para a época 1, que atingiu maior média entre todas, 3.429 kg ha⁻¹ com dose 1,5 kg ha⁻¹, outro fator de suma importância é o incremento no ganhos entre as crescentes doses, sendo de 435, 240 e 42 kg ha⁻¹ de grãos, respectivamente entre as doses 0 - 0,5; 0,5 - 1; e 1 - 1,5, comprovando a total importância da aplicação de boro, onde se conseguiu o aumento de 7,25 sacas de soja com 0,5 kg ha⁻¹ de boro foliar.

Outro ponto que chama a atenção é a época 2, com produtividade respondendo até a dose de 2 kg ha⁻¹, atingindo 3.355 kg ha⁻¹ (Figura 4A), demonstrou não haver qualquer problema de fitotoxicidade com o produto A, com ganhos entre as

todas as doses aplicadas. A época 3 que obteve as maiores médias para característica número de vagens por planta (Figura 1A e 1B), também no número de sementes por planta (Figuras 2A e 2B) e na produtividade obteve resultados inferiores, demonstraram não serem bons indicadores de produtividade.

Para o produto B (Figura 4B), a produtividade teve comportamento muito próximo para as três épocas, com melhores respostas a aplicação entre 1 e 1,5 kg ha⁻¹ (Figura 4B), a época 2 foi a que atingiu as maiores médias com o produto B, com ganhos entre as doses 0 - 0,5; 0,5 - 1; 1 - 2 kg ha⁻¹ de 266, 138 e 9 kg ha⁻¹ de grãos de soja, também mostrou ser muito responsiva no produto A, com esses resultados uniformes faz da época 2 (R4), ótima fase fenológica de aplicação de boro foliar em várzea irrigada.

Em pesquisa realizada por Rosolem e Boaretto (1989) relatam que a época de maior demanda de nutrientes pelas plantas de soja é R1 a R5. Assim, na medida em que o boro não é retranslocado na planta, via floema, pode-se afirmar que a aplicação deste nutriente deva ser feita na fase de floração ou pós-floração para haver um efeito sobre o rendimento de grãos. Souza et al. (2008) concluíram em seu estudo que a aplicação da solução composta de Ca e B no estágio R3 proporcionou um maior nível de produtividade na soja.

Estes resultados dos autores citados acima concordam com os obtidos neste trabalho e discordam com os obtidos por Rosolem et al. (2008), Kappes et al. (2008); Calonego et al. (2010).

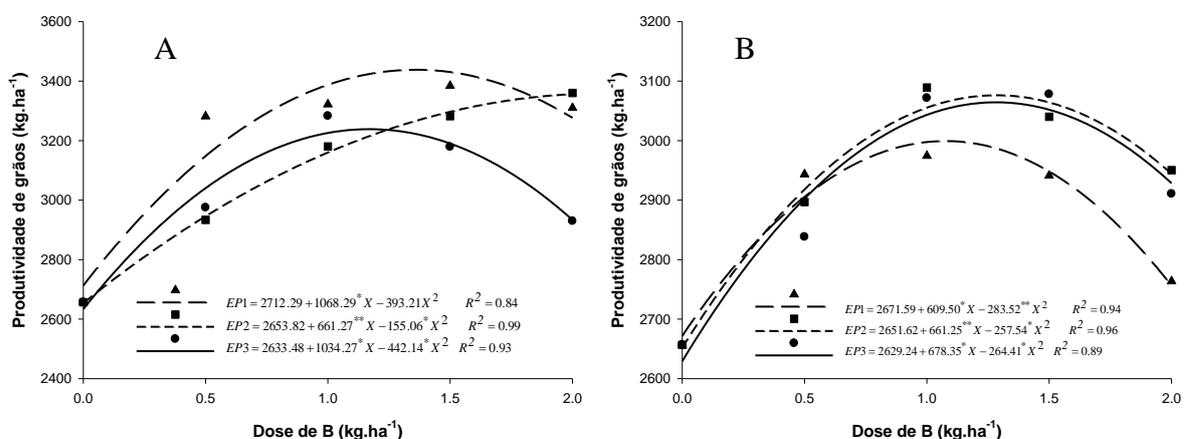


Figura 4. Produtividade de grãos em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em

Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).

A germinação das sementes apresentou acréscimo com o aumento das doses (Figura 5A e 5B), o produto A se destacou com os maiores percentuais, as épocas 2 (R4) e 3 (R6) foram as que obtiveram as maiores porcentagens em ambos os produtos utilizados, obtendo com a dose 1 kg.ha⁻¹ de boro percentual de 84 a 91% e na dose 1,5 kg.ha⁻¹ percentual de 88 a 94%, valores relativamente altos que demonstram a influência do boro na germinação, estes resultados se assemelham com os obtidos por Mondo et al. (2012) e Gazolla-Neto et al. (2015).

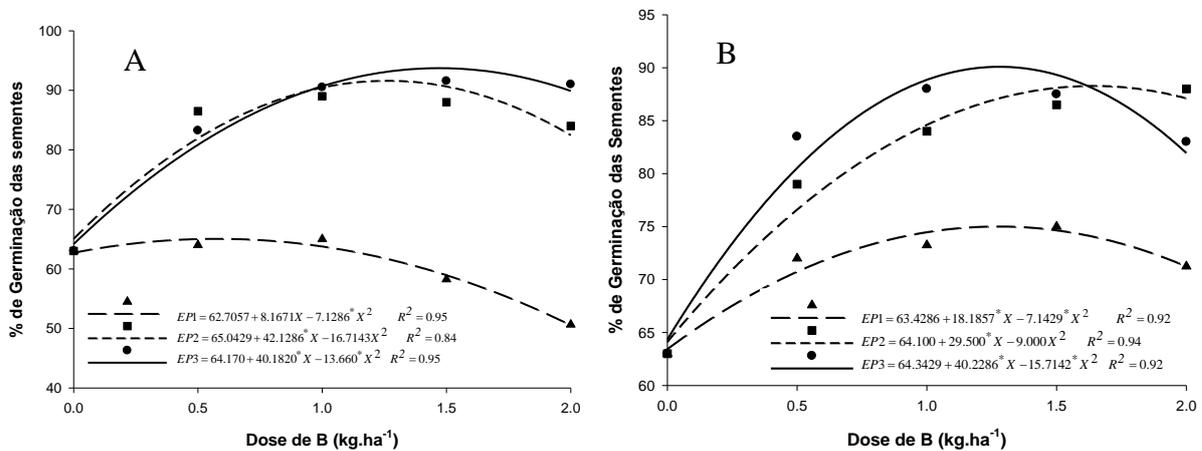


Figura 5. Porcentagem da germinação de sementes (G%) função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).

O índice de velocidade de emergência é um teste onde se faz diariamente a contagem das sementes germinadas pelo número de dias, somando a razão entre os dois, com isso as sementes com melhor qualidade fisiológica, germinaram mais rápido e uniformemente obtendo maiores valores de IVE, observa-se nas Figuras 6A e 6B que os produtos agiram de forma diferente, onde no produto A destaca-se a época 2 (Figura 6A) e no produto B a época 1 (Figura 6B), ao observar a época 2 para ambos os produtos (Figura 6A e 6B) encontra-se uma uniformidade no comportamento das curvas em respostas as doses, indicando que a adubação boratada influenciou de forma muito próxima entre os dois produtos para IVE.

Os resultados deste trabalho não seguem os resultados do trabalho de Kappes et al. (2008), os autores concluíram que a aplicação de boro foliar em diferentes doses e épocas não teve influência na qualidade fisiológica das sementes.

O equilíbrio nutricional das plantas é um fator muito importante na qualidade fisiológica das sementes, uma planta bem nutrida acumulará quantias necessárias de fotoassimilados para gerar e nutrir suas sementes, outro fator importante é o manejo da lavoura principalmente com insetos praga que causam danos diretos as sementes, na várzea irrigada em Formoso do Araguaia em condições de entre safra não houve precipitação, com isso a incidência de doenças que necessitam de umidade relativa do ar alta não se proliferam, o método de subirrigação por elevação de lençol freático faz com que a solução do solo disponibilize nutrientes para planta por todo ciclo de vida, sendo um ótimo local para campos de produção de semente de soja.

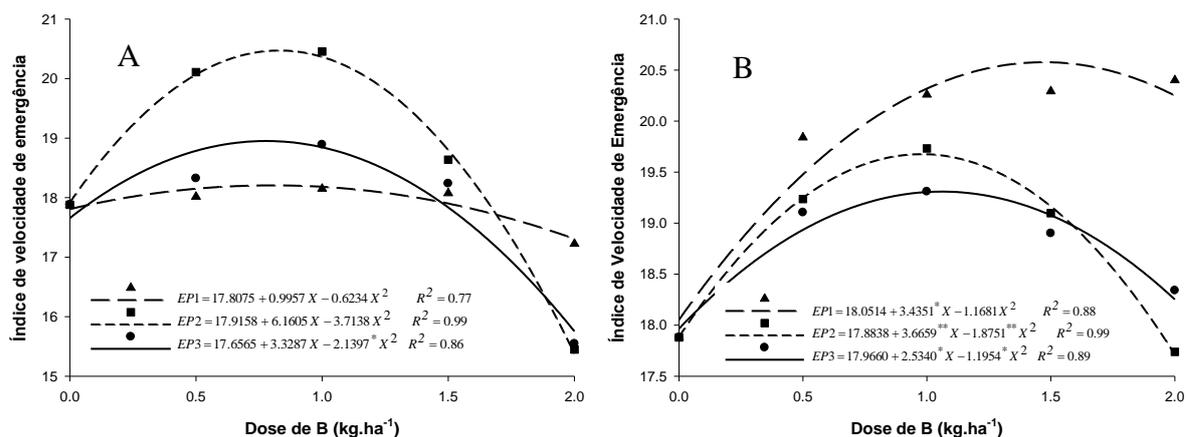


Figura 6. Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).

O boro apresenta função vital em várias etapas relacionadas à fase reprodutiva das plantas (FAGERIA, 2009), também está relacionado com a absorção de potássio que aumenta com o boro e quase não ocorre na sua ausência (POWER e WOODS, 1997). O boro participa de vários processos fisiológicos, como transporte de P através das membranas, síntese e integridade da parede celular, podendo seus sintomas de deficiência ser confundido com os de fósforo (P) e de potássio (K) (YAMADA, 2000).

Os efeitos significativos positivos da aplicação de boro de ambos os produtos, estão relacionados ao bom suprimento de cálcio ($\text{Ca}^{2+} = 3,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$), de potássio ($\text{K}^+ = 72 \text{ mg dm}^{-3}$) e de fosforo ($\text{P} = 55,7 \text{ mg dm}^{-3}$) existentes no solo e também a quantidade adicionada via adubação NPK (350 kg ha^{-1}), desta forma o boro pode desenvolver suas funções interligada a esses outros elementos com plena capacidade, também outro fator e a subirrigação em todo ciclo da cultura.

Os resultados obtidos nesta pesquisa, com destaque para característica produtividade de grãos, demonstram que o elemento boro aplicado via foliar na cultura da soja em condições hídricas e nutritivas ótimas durante todo o ciclo, é capaz de expressar toda sua essencialidade na conjuntura nutricional das plantas de soja.

9.6 CONCLUSÃO

Os tratamentos em que houve aplicação da fonte de boro, composto por ácido bórico e octaborato, obtiveram as melhores respostas para todas as características avaliadas;

Nas condições edafoclimáticas de entressafra na várzea irrigada, aplicações de B em R2 e R4 obtiveram a melhor resposta;

Maiores médias foram obtidas com a aplicação de $1,5$ a 2 kg ha^{-1} de boro.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Várzea Irrigada do Estado do Tocantins é uma região de grande importância econômica e social, com produção de arroz irrigado por inundação no período de safra e cultivo de soja semente e melancia na entressafra. Com todas essas demandas durante o ano agrícola, vê-se a necessidade da realização de pesquisas voltadas para essa região tão intrínseca, a fim de entender os balanços nutricionais para estas culturas.

Partindo dessa necessidade estudou-se a aplicação de boro foliar na cultura da soja semente em diferentes estádios fenológicos, os resultados obtidos foram significativos, ou seja, houve respostas positivas à aplicação de B em função das características avaliadas, também se observou que, para que o nutriente seja efetivo na absorção e metabolização pela planta, o mesmo deve seguir alguns requisitos básicos, como: fonte correta, na dose certa e nos momentos certos.

Trabalhos científicos de campo voltados para a nutrição de plantas têm sido cada vez mais importantes para a ampliação dos recursos tecnológicos que visam ganhos de produtividade nas lavouras de soja, logo, a difusão destes resultados é culminante para que novos estudos sejam gerados e o conhecimento de fato ampliado.

11 REFERÊNCIAS

- AISENBERG, G.R.; PEDÓ, T.; GEHLING, V.M., VIEIRA, R.S.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Aplicação foliar de cálcio e boro em diferentes populações de plantas de teosinto. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.8, n.4, p.1-5, out. 2014. <<http://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-08-2014/volume-8-numero-4-outubro-2014/tca8401.pdf>>.
- ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; FLÁVIO SÉRGIO AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.
- AMBROSANO, E. J.; AMBROSANO, G. M. B.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MARTINS, A. L. M.; SILVEIRA, L. C. P. 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.
- AOSA (ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS). **Seed vigor testing handbook**. (Contribution 32). East Lansing: AOSA, 93p, 1983
- ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 535p, 1993.
- ARANTES, R. P., CURY, T. N., LEÃO, F. D. P., & JUNIOR, V. A. M. APLICAÇÃO FOLIAR DE CÁLCIO E BORO COM PRODUTO INDUSTRIALIZADO PARA AVALIAÇÃO DE REDIMENTO E QUALIDADE DE SEMENTE DE SOJA. **Nucleus**, Ituverava, v.6, n.2, 2009. <DOI: 10.3738/1982.2278.205>.
- ASAD, A. Boron requirements for sunflower and wheat. **Journal Plant Nutrition**, v.25, n.4, p.885-899, 2002.
- BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. Eficiência de extratores na determinação de boro em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.25-31, 1990.
- BELLAVER, C.; COTREFAL, G.; GRECCO, M. Soja integral: processamento e uso. **Alimento Animal**, v.7, p.28-30, 2002.

- 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. <DOI.org/10.1590/S010384782002000100006>.
- BLAMEY, F. P. C.; MOULD, D.; CHAPMAN, J. Critical boron concentrations in plant tissue of two sunflower cultivars. **Agronomy Journal**, v.71, n.2, p.243-247, 1979.
- BLAMEY, F. P. C.; ZOLLINGER, R. K.; SCHNEITER, A. A. Sunflower production and culture. In: SCHNEITER, A. A. (Ed). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 595-670, (Agronomy, 35).
- BOARETTO, A.E.; TIRITAN, C.S.; MURAOKA, T. Effects of foliar applications of boron on citrus fruit and on foliage and soil boron concentration. In: BELL, R.W.; RERKASEM, B. (Ed.). **Boron in soils and plants**. New York: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.121-123.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, J.G.; MISSIO, S.L.S **Soja: adubação foliar**. (Documentos, 22), 1. ed., Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 34 p. 1987.
- BROWN, P.H.; BELLALOU, N.; HU, H.; DANDEKAR, A. Trans-genetically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem boron transport and increases tolerance of tobacco to boron deficiency. **Plant Physiology**. v.199, p.17-20, 1999.
- BROWN, P.H.; SHELPS, B.J. Boron mobility in plants. **Plant Soil**, v.193, p.85-101, 1997.
- CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, The Hague, v.193, n.1/2, p.71-83, June 1997. <<http://dx.doi.org/10.1023/A:1004259808322>>.
- CALONEGO, J. C., OCANI, K., OCANI, M., SANTOS, C. H. D. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**. v.6. n.2. 2010. <DOI: 10.5747/ca.2010.v06. n2. a054>.
- CAPONE, A.; DARIO, A.S.; MENEGON, M.Z.; FIDELIS, R.R.; BARROS, H.B. Respostas de cultivares de girassol a doses crescentes de boro na entressafra do Cerrado Tocantinense. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, v.11, n.1, p.43-48, 2016. <DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i1.4004>>.

CARVALHO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; ATHAYDE, M.L. F. Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. **Bragantia**, v.3, n.60, p.239-244, 2001.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP-SP, 588p, 2000.

CATANI, R.A.; ALCARDE, J.C.; KROLL, F.M. A adsorção de boro pelo solo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.28, p.189-198, 1971.

CERETTA, C.A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P.P.S.; MOREIRA, I.C.L.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E.E. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.576-581, 2005.

CHAPMAN, V.J.; EDWARDS, D.G.; BLAMEY, F.P.C.; ASHER, C.J. Challenging the dogma of a narrow supply range between deficiency and toxicity of boron. In: BELL, R.W. & RERKASEM, B. (eds.). **Boron in Soils and Plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.151-155.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2015/16. **Décimo Segundo Levantamento, setembro 2016**. Brasília, 2016. p. 1-184. 2016.

CORREA, A.E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Método de não-digestão para extração de boro em folhas de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.10, p.1213-1216, 1985.

COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre : I. Manica & J. A. Costa, 233p, 1996.

COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B. PEREIRA, J. E.; MESQUIETA, C. M.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Efeito de sementes verdes na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.102-107, 2001.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In.: FERNANDES, M.S. (Org.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. XIV, p.355-375.

DELOUCHE, J.C. Metodologia de pesquisa em sementes: Vigor, envigoramento e desempenho no campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.3, n.2, p.57-64, 1981.

DEUNER, C., MENEGHELLO, G. E., BORGES, C. T., GRIEP, L., ALMEIDA, A. S., DEUNER, S. Rendimento e qualidade de sementes de soja produzidas sob diferentes manejos nutricionais. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.357-365, 2015. <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0871018X2015000300010>

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p. <<http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>>.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendação técnicas para a cultura de soja no Paraná 1999/2000**. Londrina, 236p. (Embrapa soja. Documento, 131), 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da soja. Tecnologias de produção de soja – Região central do Brasil – 2003. **Sistemas de produção/ Embrapa Soja**. Londrina – PR, 239p, 2003.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009. 419 p.

FAGERIA, N.K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de Cerrado. **R. Bras. Eng. Agr. Amb.** v.4, p.390-395, 2000.

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

FARIAS, J.R.B., NEPOMUCENO, A.L., NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja**. Circular técnica 48. Londrina, 2007. 9p.

FAVARIN, J.L.; MARINI, J.P. Importância dos micronutrientes para a produção de grãos. In: **SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA**, 2000. Disponível em: <www.sna.com.br>.

FOLONI, J.S.S.; BARBOSA, A.M.; CATUCHI, T.A.; CALONEGO, J.C.; TIRITAN, C.S.; DOMINATO, J.C.; CRESTE, J.E. EFEITOS DA GESSAGEM E DA ADUBAÇÃO BORATADA SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CULTURA DO AMENDOIM. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.15, n.2,

abr./jun., p.202-208, 2016. <<http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n2p202-208>>.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A; COSTA, N. P. Tecnologia de produção de sementes. In: CD ROM. Embrapa Soja. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2000.

FURLANI, A.M.C.et al. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.929-937, 2001.

GARCIA, L. R.; HANWAY, J. J. Foliar fertilization of soybeans during the seed - filling period. **Agronomy Journal**, Madison, v.4, n.68, p.653 -657, 1976.

GAZOLLA-NETO, A., FERNANDES, M. C., GOMES, A. D., GADOTTI, G. I., VILLELA, F. A. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA EM CAMPO DE PRODUÇÃO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 119 – 127, 2015. <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/4342/pdf_283>.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.35-48, 1997.

GOLDBERG, S.; FORSTER, H.S. & HEICK, E.L. Boron adsorption mechanisms on oxides, clay minerals and soils inferred from ionic strength effects. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.57, p.704-708, 1993.

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (Glycine max (L.) merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

KAPPES, C.; et al. 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. <<http://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/11563/8120>>

KEIN, P.; SHOEMAKER, R.C.; PALMER, R.G. Restricion fragmente lenght polymorphism diversity in soybean. **Theor. Appl. Genet.** v.77, n.6, p.786-792, 1989.

LANA, R.M.Q.; PEREIRA, R.P.; LANA, A.M.Q.; FARIA, M.V. UTILIZAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO FEIJOEIRO CULTIVADO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO. **Bioscience. Journal**, Uberlândia, v.24, n.4, p.58-63, Oct./Dec. 2008. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6768/4467>>

LEITE, R.F.C.; SCHUCH, L.O.B.; AMARAL, A.S.; LIZANDRO CICILIANO TAVARES, L.C. RENDIMENTO E QUALIDADE DE SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM BORO. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4 p.785-791, 2011. <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v33n4/21.pdf>>.

LIMA, M.L.; CARDOSO, F.R.; GALANTE, A.H.A.; TEIXEIRA, G.C.S.; TEIXEIRA, I.R.; ALVES, S.M.F. FONTES E DOSES DE BORO NA QUALIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM E MAMONA SOB CONSÓRCIO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n.4, p.31–38, out.– dez, 2013. <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema/article/view/2604>>.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000085&pid=S1413-7054201100020001800010&lng=en>.

MALAVOLTA, E. et al. **Manual de Nutrição de Plantas**. São Paulo-SP: Agronômica CERES, 2006, p. 290-313.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 528p. 1976.

MALAVOLTA, E. **Nutrição de plantas**. Fisiologia vegetal. São Paulo: EDUSP, v.1, 400p. 1985.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba: **POTAFOS**, 136p. 1985.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A., Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. 2 ed., Piracicaba, SP: **Potafos**, 319p, 1997.

MARCOS FILHO, C.; CCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**. Piracicaba: FEALQ. 230p. 1987.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1 ed. Piracicaba: FEALQ, 495p, 2005

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

MARTIN, T.N.; PAVINATO, P.S.; MENEZES, L.F.G.; SANTI, A.L.; BERTONCELLI, P.; ORTIZ, S.; LUDWIG, R.L. Utilização de cálcio e boro na produção de grãos e silagem de Girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.4, suplemento, p.2699-2710, 2014. <DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2699>

MASCARENHAS, H. A. A., DE FÁTIMA ESTEVES, J. A., WUTKE, E. B., GALLO, P. B. MICRONUTRIENTES EM SOJA NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Nucleus**, v.11, n.1, p.179-198, 2014. <DOI: 10.3738/1982.2278.1102>.

MASCARENHAS, H. A. A., DE FÁTIMA ESTEVES, J. A., WUTKE, E. B., RECO, P. C., DA LUZ LEÃO, P. C. DEFICIÊNCIA E TOXICIDADE VISUAIS DE NUTRIENTES EM SOJA. **Nucleus**, Ituverava, v.10, n.2, p.281-306, 2013. <DOI: 10.3738/1982.2278.974>.

MOCELLIN, R. S. P. **Princípios da adubação foliar**. Coletânea de dados e revisão bibliográfica. Canoas/RS: Omega Fertilizantes, 83p, 2004

MONDO, V. H. V., JUNIOR, F. G. G., PINTO, T. L. F., MARCHI, J. L., MOTOMIYA, A. V. A., MOLIN, J. P., CICERO, S. M. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 193-201, 2012. <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010131222012000200002&script=sci_arttext&tlng=pt>

NABLE, R. O.; BAÑUELOS, G. S.; PAULL, J. G. Boron toxicity. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.181-198, 1997.

OOSTERHUIS, D. Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA. **Informações Agronômicas**, n.95, p.18-24, 2001.

PEGORARO, R. F., SANTOS NETO, J. A. D., SILVA, I. R. D., FONTES, R. L. F., FARIA, A. F. D., MOREIRA, F. F. Crescimento de soja em solos em resposta a doses de boro, calagem e textura do solo. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v.32, p.1092-1098, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n4/a09v32n4.pdf>>.

PELUZIO, J. M. et al. Comportamento de cultivares de soja no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 03, p. 113-118, 2005.

PELUZIO, J. M.; AFFÉRRI, F. S.; MONTEIRO, F. J. F.; MELO, A. V.; PIMENTA, R. S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em várzea irrigada no Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 427-434, 2010.

POWER, P.P.; WOODS, W.G. The chemistry of boron and its speciation in plants. **Plant and Soil**, v.193, n.1, p.1- 13, 1997. <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1004231922434?LI=true>>

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

QUAGGIO, J. A.; PIZA JR., C. T. Frutíferas tropicais. In: FERREIRA, M. E. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFÓS, 2001. p. 458-491.

REIS, C.J.; SORATTO, R.P.; BISCARO, G.A.; KULCZYNSKI, S.M.; FENANDES, D.S. Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado. **Revista Ceres**. v.55, n.4, p.258-264, 2008. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226703016>>.

RERKASEM, B. et al. Relationship of seed boron concentration to germination and growth of soybean (*Glycine max*). **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Netherlands, v.48, p.217–223, 1997.

REZENDE, P.M.; GRIS, C.F.; CARVALHO, J.G.; GOMES, L.L.; BOTTINO, L. 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.; BRAGA, J.M. Adsorção de boro pelo solo. **Experientiae**, v.17, n.12, p.293-310, 1974.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. 1999. 359p. <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/5%20-%20Aproximacao%20Revisada.pdf>>.

RODRIGUES, H.C.A.; CARVALHO, S.P.; SOUZA, H.A.; JESUS, A.M.S. CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE MAMONEIRA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE BORO, DURANTE A FORMAÇÃO DE MUDAS. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.5, p.377-382, Sept./Oct. 2009. < DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v10i5.15193>>.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: PATAFOS, 80p. 1980.

ROSOLEM, C. A.; ZANCANARO, L.; BISCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em Latossolo Vermelho-Amarelo do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2375-2383, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600016>>.

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

ROWN PH, BELLALOU N, HU H E DANDEKAR A (1999) Transge-A síntese de sorbitol naturalmente melhorada facilita o floema de boro Transporte e aumenta a tolerância do tabaco ao boro de fi- Cionalidade. *Fisiologia Vegetal* 119: 17-20

SÁ, M. E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. (Coords.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.65-98.

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

SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; FERRAZ, E. C.; CELLA, A. J. S.; CAPONE, A.; SANTOS, A. F.; FIDELIS, R. R. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, p. 755-764, 2011.

SANTOS, E.R.; BARROS, H.B.; CAPONE, A.; MELO, A.V.; CELLA, A.J.S.; SANTOS, W.R. Divergência genética entre genótipos de soja com base na qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.7, n.2, p.247-254, mar.-jun., 2012. < DOI: 10.5039/agraria.v7i2a1560 >.

SEDIYAMA, T. **Tecnologia de produção e usos da soja**. Londrina: Mecnas, 319p, 2009.

SHOEMAKER, R.C.; GUFFY, R.D.; LORENZEN, L.L.; SPECHT, J.E. Molecular genetic mapping of soybean: map utilization. **Crop science**, v.32, n.5, p.1091-1098, 1992.

SIGMAPLOT - **Scientific graphing software**. Version 10.0, 2007.

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, 2008. <<http://www.redalyc.org/pdf/500/50011254005.pdf>>.

SUZANA, C.S.; BRUNETTO, A.; MARANGON, D.; TONELLO, A.A. E KULCZYNSKI, S.M. Influência da adubação foliar sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.2385-2392, 2012.

TEIXEIRA, I.R.; BORÉM, A.; ARAÚJO, G.A.A. E ANDRADE, M.J.B. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, v.64, n.1, p. 83-88. 2005.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas. **Informações Agronômicas**, v.90, p.1-5, 2000. <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/501935EA5234F79C83257AA300699E8A/\\$FILE/Jornal%2090.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/501935EA5234F79C83257AA300699E8A/$FILE/Jornal%2090.pdf)>.