

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DÁGILA MELO RODRIGUES

**BORO INFLUENCIA A BIOQUÍMICA E A FISIOLOGIA DE
SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DÁGILA MELO RODRIGUES

**BORO INFLUENCIA A BIOQUÍMICA E A FISIOLOGIA DE
SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS**

Orientador: Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos
Co-Orientadora: Profa. Dra. Charline Zaratini Alves

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS

2019



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

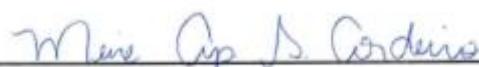
DISCENTE: Dágila Melo Rodrigues

ORIENTADOR: Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos

**TÍTULO: BORO INFLUENCIA A BIOQUÍMICA E A FISIOLOGIA DE
SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS**


Prof.(a) Dr.(a) Presidente Cid Naudi Silva Campos


Prof.(a) Dr.(a) Cassiano Garcia Roque


Prof.(a) Dr.(a) Meire Aparecida Silvestrini Cordeiro

Chapadão do Sul, 09 de Dezembro de 2019

DEDICATÓRIA

A DEUS pela beleza da vida, por ter uma família grandiosa;

Aos meus pais José Castro Rodrigues **in memoriam**, e Maria de Fatima Melo Rodrigues pelos eternos ensinamentos, conselhos e por toda batalha enfrentada para que eu pudesse conquistar meus sonhos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua infinita misericórdia em ter me dado graça de poder realizar um curso de pós graduação.

A Deus pela dádiva de ter a minha mãe Maria de Fátima Melo Rodrigues, e de ela ser o instrumento utilizado para continuar minha carreira acadêmica, por ela ser meu suporte financeiro, emocional e, de me ensinar a nunca desistir dos meus sonhos, mesmo quando a vida tenha me dito “não” ela me disse “sim”.

A Deus pela minha graciosa e abençoada família, Eliane Rodrigues, Maria de Jesus Rodrigues, Leidiane Rodrigues, José Fabiano Rodrigues, Marilene Rodrigues, Tássio Luz, Edmar Pantoja, Daniel Pantoja, Geovana Pantoja, Elenilson Reis, pela imensa escola de paciência, conhecimento, respeito e por todo suporte emocional e financeiro durante a minha estadia no Estado de Mato Grosso do Sul.

A Deus pela minha adorável e doce Avó Maria Rosi Guardunho de Melo e pela minha tia Elizete Barros.

A Deus pela minha delicada amiga Marinalva Mendes, cujo amor, generosidade e reciprocidade foram minha base emocional durante minha breve passagem pelo Município de Chapadão do Sul - MS.

A Deus pela minha amiga em especial Líllian Moreira, pela sua imensa amizade estabelecida, por ser minha irmã do coração, com quem pude dividir muitos preciosos momentos da minha vida.

A Deus pelos amados colegas de sala, Taís Batista, Carlos Henrique de David, Pedro Henrique, Adriane de Paula que foram, sem dúvida, os melhores com quem já trabalhei em equipe. Minha gratidão.

A Deus pelo meu orientador Professor Dr. Cid Naudi Silva Campos pela honra de ter sido sua orientada, tendo em vista ser um excelente professor com elevado grau de conhecimento, competência, compromisso com seus educandos e com a universidade onde trabalha. Agradeço pela imensa paciência que teve para comigo, pois mesmo eu tendo dificuldades de aprendizado, nunca alterou horário e nem sua voz para me repassar seu enorme conhecimento. Agradeço pela dádiva ter sido sua orientada, pois muitos queriam estar no meu lugar, mas apesar de eu ter pouco grau de conhecimento fui agraciada em ser sua orientada. Meu respeito e minha gratidão.

A Deus pela Técnica Priscila Maria Líber, por ser um ser humano muito especial, onde tive a oportunidade de conviver durante dois anos de passagem pela UFMS. Foi um instrumento colocado por Deus para me apoiar emocionalmente quando estive passando por momentos

psicológicos difíceis, com sua singela compreensão sempre me mostrava as melhores maneiras de conduzir minha caminhada quando tudo parecia impossível. Com seu imenso conhecimento, pude aprender diversas possibilidades de trabalho, e sem dúvida, voltarei para meu singelo Norte com muito mais experiência e maturidade.

A Deus pela Co-orientadora Professora Dr. Charlene Zaratini Alves pela oportunidade ter sido agraciada pela sua co-orientação. Sua participação na minha vida foi significativamente importante, não apenas por ser a coordenadora do curso de Mestrado, mas por ser considerada um ser humano especial, que com seu imenso conhecimento e experiência profissional sabia nos repassar seu conhecimento além de sua graciosa palavra de conforto e incentivo.

A Deus pelo Professor Dr. Paulo Teodoro, por ser um professor cujo o respeito é imensurável, agradeço pela grandiosa disponibilidade e paciência para com seus alunos. Por ser um professor com grandes conhecimentos na estatística e por dividir seu conhecimento adquirido para com seus alunos.

A Deus pelos meus colegas de Laboratório (Gecenp), onde tive a honra e a dívida de passar grandes momentos de aprendizado, pela as vezes que me pouparam de eu ir ao sol, pelo companheirismo, pelo respeito, pelas diversidades culturais e pela as vezes de terem me convidado generosamente para tomar Tereré e eu não aceitei. Minha gratidão é para Vitoria Fátima, Henrique, Luiza, Mateus, Felipe, João, Anna Luiza, Ana Carolina, Rhuan, Heitor, Amanda, Douglas Furtado, Caio, Eurípides Júnior, Pedro Paulo.

A Deus pela honra de ter conhecido muitos colegas pela universidade especialmente a Hilária, Gabriela, Lucas, Krisna, Jorge, Vitória Piccinin, Viviane, Aniele, Graziela, Izabela.

A Deus pelas Técnicas Ana Carina e Marileide, pois foram extremamente importantes no auxílio das atividades rotineiras nos respectivos laboratórios onde elas trabalham.

A Deus pelo Secretário da pós graduação Sinomar pela sua singela disposição em nos fornecer informações e cuidar dos tramites de documentações dos alunos.

A Deus pela Assistente Social Agna Anicésio e pela Psicóloga Bruna Diniz, por serem pessoas de grande competência social para com os alunos da UFMS. Sempre inovadoras de ideias com valorização das práticas culturais e sociais.

A Deus pela Capes pelo auxílio financeiro durante os anos de estudo.

A Deus pela UFMS pela honra de poder ter estudado em um de seus câmpus.

A Deus pelas graciosas moças que cuidam da limpeza e higienização da universidade.

A todos que direto e indiretamente participaram da minha breve passagem pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

EPÍGRAFE

Em tudo dai graças (Tessalonicences 5, 18).

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO - BORO INFLUENCIA A BIOQUÍMICA E A FISILOGIA DE SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS

- Tabela 1. Teor de boro na semente (TB), boro exportado (BE), peso de mil sementes (PMS), produtividade (PROD), carboidratos solúveis totais aos 0 dias (CARB0), carboidratos solúveis totais aos 180 dias (CARB180), proteínas aos 0 dias (PROT0), germinação aos 0 dias (GERM0), germinação aos 180 dias (GERM180), vigor aos 0 dias (VIG0), vigor aos 180 dias (VIG180), viabilidade aos 0 dias (VIB0), viabilidade aos 180 dias (VIB180), em sementes de soja.....19
- Tabela 2. Valores médios de teor de boro nas sementes (TB), boro exportado (BE), peso de mil sementes (PMS), carboidratos solúveis totais aos 0 dias de armazenamento (CARB0), em sementes de soja.21
- Tabela 3. Médias das doses de B para carboidratos solúveis totais aos 180 dias (CARB180) e germinação aos 180 dias (GERM180), em sementes de soja armazenadas.25
- Tabela 4. Valore médios para germinação aos 0 dias (GERM0), vigor aos 0 dias (VIG0), vigor aos 180 dias (VIG180), viabilidade aos 0 dias (VIB0) e viabilidade aos 180 dias (VIB180). .26

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO - BORO INFLUENCIA A BIOQUÍMICA E A FISIOLOGIA DE SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS

- Figura 1. Valores de precipitação pluvial acumulada e temperaturas médias mensais durante o período de avaliação. Fonte: INMET (2019).14
- Figura 2. Teor de boro nas sementes para a fonte ácido bórico (A), teor de boro nas sementes para a fonte ulexita (B), boro exportado para a fonte ácido bórico (C), boro exportado para a fonte ulexita (D), em sementes de soja.20
- Figura 3. Efeito de doses de ácido bórico (A) e de ulexita (B) sobre o peso de mil sementes (PMS), na cultura da soja.22
- Figura 4. Efeito das doses de B (média das fontes ácido bórico e ulexita) sobre a produtividade (PROD) de sementes de soja.23
- Figura 5. Efeito das doses de ulexita sobre os teores de carboidratos solúveis totais, em sementes de soja aos 0 dias de armazenamento.24
- Figura 6. Efeito das doses de B (média das fontes de boro) sobre os teores de carboidratos solúveis totais, em sementes de soja armazenadas por período de 180 dias.25
- Figura 7. Germinação aos 0 dias para fonte ácido bórico (A), vigor aos 180 dias para a fonte ácido bórico (B) e viabilidade aos 180 dias para a fonte ácido bórico (C), em sementes de soja.27
- Figura 8. Efeito das doses de B (média das duas fontes de boro) sobre a germinação das sementes de soja armazenadas por período de 180 dias (GERM180).28
- Figura 9. Análise de componentes principais para as variáveis teor de boro na semente (TB), boro exportado (BE), peso de mil semente (PMS), produtividade (PROD), carboidratos solúveis totais aos 0 dias (CARB0), carboidratos solúveis totais aos 180 dias (CARB180), proteínas aos 0 dias (PROT0), germinação aos 0 dias (GERM0), germinação aos 180 dias (GERM180), vigor aos 0 dias (VIG0), vigor aos 180 dias (VIG180), viabilidade aos 0 dias (VIB0), viabilidade aos 180 dias (VIB180), em semente de soja armazenadas.31

RESUMO

BORO INFLUENCIA A BIOQUÍMICA E A FISIOLOGIA DE SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS

O boro (B) desempenha funções estruturais nos vegetais e contribui para o aumento da qualidade das sementes. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de fontes e doses de B na cultura da soja sobre as características nutricionais, bioquímicas e fisiológicas das sementes armazenadas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco doses de B (0,0; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 kg ha⁻¹) e duas fontes de boro (ácido bórico e ulexita). Foram realizadas avaliações nutricionais logo após a colheita, e para as análises bioquímicas e fisiológicas, em dois períodos, 0 e aos 180 dias de armazenamento. O teor de boro (TB) teve comportamento linear crescente para as doses em ambas as fontes. Para o boro exportado (BE), na dose 4,7 kg ha⁻¹, verificou-se o maior acúmulo de boro para ambas as fontes. Para os carboidratos solúveis totais aos 0 e aos 180 dias (CARB0 e CARB180), a fonte ulexita contribuiu com os maiores valores, porém com efeito decrescente de açúcares para os 180 dias de armazenamento. Para germinação, aos 180 dias (GERM180), o ácido bórico contribuiu com as maiores médias na dose 3,0 kg ha⁻¹. Enquanto que o vigor e a viabilidade aos 180 dias (VIG180 e VIB180) a fonte ulexita promoveu os maiores desempenhos. Verificou-se que o ácido bórico contribuiu com as variáveis fisiológicas e nutricionais, ao passo que a ulexita teve maiores resultados para as variáveis bioquímicas.

Palavras-chave: ácido bórico, ulexita, nutrição de plantas.

ABSTRACT

BORON INFLUENCES THE BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY OF STORED SOYBEAN SEEDS

Boron (B) plays a structural role in plants and contributes to the improvement of seed quality. The objective of this study was to evaluate the effect of sources and levels of B in soybean crop on the nutritional, biochemical and physiological parameters of stored seeds. The experimental design used was randomized blocks, with five levels (0.0, 1.0, 2.0, 4.0 and 8.0 kg ha⁻¹) and two sources of B (boric acid and ulexite). Nutritional assessments were performed immediately after the harvest, and biochemical and physiological analyses were performed in two periods, at 0 and 180 days of storage. The boron content (TB) had an increasing linear behavior for the levels in both sources. For exported boron (BE), at 4.7 kg ha⁻¹, the highest accumulation of boron was found for both sources. For total soluble carbohydrates at 0 and 180 days (CARB0 and CARB180), the ulexite source contributed with the highest values, but with a decreasing effect of sugars for the 180 days of storage. For germination, at 180 days (GERM180), boric acid contributed with the highest means at 3.0 kg ha⁻¹. For vigor and viability at 180 days (VIG180 and VIB180) the ulexite source promoted the highest performances. We found that boric acid contributed to the physiological and nutritional parameters, while ulexite had better results for the biochemical parameters.

Keywords: boric acid, ulexite, plant nutrition.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
MATERIAL E MÉTODOS	14
Localização da área experimental e caracterização climática	14
Solo da área experimental e características químicas	15
Tratamentos e delineamento experimental	15
Semeadura, aplicação dos tratamentos e controles fitossanitários	15
Colheita e avaliação da produtividade	16
Armazenamento das sementes	16
Determinação do teor e acúmulo de B na semente	17
Determinação do teor de Carboidratos Solúveis Totais na semente	17
Determinação do teor de proteínas na semente	17
Análises de qualidade fisiológica das sementes	18
Análises estatísticas	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	32

INTRODUÇÃO

A nutrição mineral de plantas está ligada ao crescimento e desenvolvimento de plantas. Quando a planta não recebe adequada nutrição, seja pela falta ou excesso do nutriente, características fisiológicas são comprometidas, o que poderá refletir em baixa produtividade e qualidade de sementes. Dessa forma, sementes ao apresentarem danos em suas estruturas, aceleram reações químicas durante o tempo de armazenamento, prejudicando a qualidade fisiológica.

O boro (B) oferece vários benefícios sob diferentes condições de produção agrícola, tais benefícios incluem a influência na absorção de outros elementos nutricionais para as plantas, melhora a eficiência no uso da água, além de contribuir com a sanidade do vegetal (DIMKPA et al., 2019).

O B está diretamente envolvido na produção vegetal, atuando na estrutura e funcionamento das membranas, formação de parede celular, regulação enzimática, síntese e transporte de carboidratos e proteínas (RODRIGUES et al., 2019). Desta forma, plantas com deficiência desse micronutriente podem apresentar comprometimento das estruturas celulares de órgãos, como a semente. Esse elemento é componente necessário para a formação da lignina, que interfere na qualidade das sementes, bem como na germinação, na suscetibilidade a quebra, na rigidez, na permeabilidade a água e na resistência a deterioração (BELLALLOUI et al., 2017).

O B é o micronutriente cuja deficiência ocorre de forma mais generalizadas nas áreas do cerrado e por esse motivo, o incentivo ao aumento da produção agrícola requer um manejo preciso e eficiente da adubação boratada (ABISOLO, 2018). É necessário testar novas fontes de B nas práticas de fertilidade dos solos, pois usualmente a fonte mais utilizada na agricultura é o ácido bórico, devido aos poucos estudos sobre a viabilidade e a eficácia de novas fontes, tais como a ulexita.

Além disso, o potencial de armazenamento é influenciado pelo teor dos compostos de reserva presentes nas sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), e assim, o B por fazer parte de funções estruturais nos vegetais, contribui para que sementes adquiram compostos químicos de reserva, tais como proteína, carboidratos e lipídios. O conteúdo estrutural de carboidratos confere resistência a estrutura das plantas, permitindo melhorias no rendimento produtivo (HUSSAIN et al., 2019).

Devido as plantas ser mais sensíveis à deficiência de B na fase reprodutiva em relação à fase vegetativa (AHMAD et al., 2009), acredita-se que na deficiência de B as sementes apresentam baixa viabilidade e vigor, pela redução desses compostos de reservas, refletindo em sementes com baixa qualidade fisiológica.

Estudos que relacionam a nutrição mineral com a qualidade de sementes, são diversos, porém poucos enfatizam o efeito da nutrição mineral nas sementes submetidas ao armazenamento, o que instigou a testar a nutrição boratada da planta-mãe, tendo como reflexo a produção de sementes de qualidade.

Dessa forma, surgem as hipóteses de que: a deficiência de B acelera as características que deixam as sementes com baixo vigor e viabilidade; sementes com elevado grau de deterioração causadas pela deficiência ou excesso de B poderá acelerar os níveis de degradação de compostos das sementes e culminar em perdas da qualidade fisiológica ao longo do tempo de armazenamento.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de fontes e doses de B na cultura da soja sobre as características nutricionais, bioquímicas e fisiológicas das sementes armazenadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área experimental e caracterização climática

O experimento foi realizado na área experimental da fazenda Santo Antônio, município de Paraíso das Águas - MS, com coordenadas geográficas 19°0'57''S de latitude, 52°57'57''O de longitude e com altitude de 644 metros, na safra 2018/2019. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante é do tipo tropical úmido (AW), com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação pluvial e temperatura anual de 1627 mm e 22,5°C, respectivamente.

As informações climáticas, referentes às médias de temperaturas máximas, mínimas e precipitação pluviométrica durante todo período experimental estão demonstradas na Figura 1. Durante o experimento a precipitação total acumulada, foi 682,2 mm.

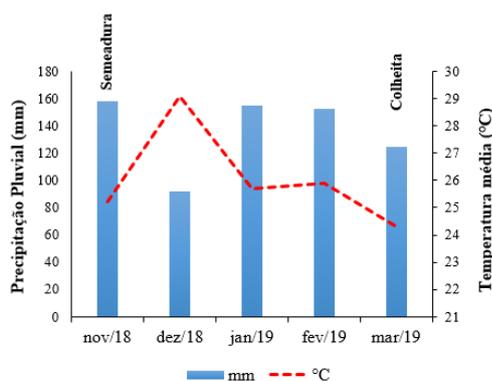


Figura 1. Valores de precipitação pluvial acumulada e temperaturas médias mensais durante o período de avaliação. Fonte: INMET (2019).

Solo da área experimental e características químicas

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico de textura arenosa de acordo com Santos et al. (2013). As características químicas e granulométricas dos solos foram determinadas pela metodologia proposta por Raij (2001) e Donagema et al. (2011), respectivamente.

Os dados obtidos na análise química apresentaram os seguintes resultados: pH (CaCl₂) de 5,00; P de 9,80 mg dm⁻³; K, Ca, Mg, H + Al e CTC de 0,14; 1,50; 0,40; 2,30 e 4,34 cmolc dm⁻³, respectivamente; S, B, Cu, Fe, Mn, Zn de 3,90; 0,14; 0,60; 40,00; 24,10; 2,50 mg dm⁻³, respectivamente e V % = 47,00. A análise granulométrica apresentou os seguintes resultados: areia 450, silte 50 e argila 500 g kg⁻¹.

Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco doses de B (0,0; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 kg ha⁻¹) e duas fontes (ácido bórico H₃BO₃ com teor de 17,5% e ulexita com teor de 10%), com três repetições, totalizando 30 parcelas.

A fonte de B ulexita, foi submetida ao processo industrial de granulação com utilização de ácido sulfúrico, o qual proporcionou aumento na solubilidade, em torno de 95% solúvel água.

As parcelas foram compostas por sete linhas espaçadas em 0,45 x 6 m de comprimento, sendo a área útil constituída pelas três linhas centrais com 4 m de comprimento, descartando 1 m de cada lado nas bordaduras.

Semeadura, aplicação dos tratamentos e controles fitossanitários

A área experimental consistiu em um manejo de sucessão direta de soja/pastagem. A semeadura na área foi realizada sobre os restos vegetais da cultura anterior (palhada de *Brachiaria ruziziensis*).

A variedade de soja utilizada foi a BONUS 8579 IPRO, Grupo de maturação: 7.9 (médio), com densidade de 13 plantas por metro linear. A semeadura foi realizada em 24 de Novembro de 2018, com adubação de 150 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônico (MAP) 11-52-00 no sulco de semeadura e 140 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (KCl) 00-00-60, dividido em 2 aplicações, a primeira após semeadura e a segunda 20 dias após a emergência, ambas a lanço. As sementes foram tratadas em pré-semeadura com 0,5 g Fipronil + 0,05 g Piraclostrobina + 0,45 g Tiofanato-metílico por kg⁻¹ de sementes.

A aplicação dos tratamentos foi realizada de forma manual, após a semeadura, em pré-emergência. Foi utilizado gesso agrícola como material de uniformização em todas as parcelas, para facilitar a aplicação dos tratamentos com ácido bórico e ulexita, calculado para fornecer uma dose de 500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola.

O controle de plantas daninhas também foi realizado em dois momentos: em pré semeadura com aplicação de Glifosato 1188,75 g ha⁻¹, 2,4-dichlorophenoxy 1,209 g ha⁻¹ e Carfentrazone Etflica 20 g ha⁻¹; e no estágio V4 aplicando Glifosato 1.620 g ha⁻¹.

O manejo de controle de doenças foi realizado de maneira preventiva totalizando quatro aplicações, sendo a primeira realizada 50 dias após a semeadura com o uso de Fluxapiraxade 58,45 g ha⁻¹, Piraclostrobina 116,55 g ha⁻¹; após 15 dias foi realizado a segunda aplicação com Picoxistrobina 60 g ha⁻¹, Ciproconazole 24 g ha⁻¹; após outros 15 dias foi realizado a terceira aplicação com Trifloxistrobina 60 g L⁻¹, Protiocanazol 70 g ha⁻¹; e a quarta aplicação novamente após 15 dias com uso de Trifloxistrobina 75 g ha⁻¹, Ciproconazol 32 g ha⁻¹.

Para o manejo de pragas no estágio V6 foi feita aplicação de Metomil 215 g ha⁻¹. No estágio R2 foi feita a aplicação de Acetamiprido 50 g ha⁻¹ + Clorpirifós 480 g ha⁻¹ + Teflubenzurom 22,5 g ha⁻¹. No estágio R5 foi realizado a aplicação Acefato 750 g ha⁻¹ + Flubendiamida 33,6 g ha⁻¹.

Colheita e avaliação da produtividade

A colheita foi realizada no estágio R9, apresentando o teor de água em torno de 16% em virtude de nesse período, ainda está ocorrendo elevada precipitação pluvial. A produtividade de grãos foi avaliada após a colheita e a trilhagem da área útil de cada parcela. Para calcular a produtividade após a trilha, considerou-se o teor de água da semente de 13%, efetuando também os descontos das impurezas, sendo o resultado expresso em kg ha⁻¹.

Armazenamento das sementes

O teor de água foi corrigido para 13% de umidade através da secagem natural ao sol em bandejas de plásticos, onde as sementes foram sobrepostas em camadas finas para uniformização da temperatura e da umidade. Utilizando o medidor portátil para aferir os valores de umidade.

As sementes foram acondicionadas em câmara fria, cuja a umidade e a temperatura são controladas, aproximadamente 20% e 17°C, respectivamente, por período de 180 dias. Realizou-se avaliação bioquímicas e fisiológica no início, que compreende ao período de 0 dias antes do armazenamento e após 180 dias após as sementes estarem sobre o armazenamento.

Determinação do teor e acúmulo de B na semente

Para determinar o teor de B na semente foram coletadas uma amostra em cada parcela, sendo estas realizadas após a colheita. Posteriormente, moídas em moinho tipo Willey. Foi pesada 0,200 g do material e realizado a digestão seca em mufla à 600°C por quatro horas, sendo a determinação de boro estabelecida por espectrofotometria com azometina-H, segundo metodologia descrita em Silva (2009).

A quantidade de B exportado pelas sementes foi estimada em função dos teores do micronutriente nas sementes e da produção de sementes (Quantidade de B exportado = teores de B na semente multiplicado pela produção de sementes), o resultado foi expresso em g ha⁻¹ de B na semente.

Determinação do teor de Carboidratos Solúveis Totais na semente

A determinação das concentrações de carboidratos solúveis totais na semente da soja foi realizada pelo método de Dubois et al. (1956). Foram pesadas 50 mg de massa de matéria seca de sementes moídas e colocadas em tubos de ensaio de 15 mL e homogeneizados com 5 mL de água destilada e colocados em banho-maria por 30 min a 100°C. Em seguida, os tubos de ensaio foram retirados do banho-maria e levados para extração das amostras através da centrifugação em centrífuga de bancada (1000 rpm) durante 10 min, no qual retirou-se uma alíquota de 100 µL do sobrenadante (realizando o teste de diluição) junto com 400 µL de H₂O destilada em tubos de ensaio e sob agitação vigorosa e homogeneização através do vórtex. Depois foram adicionados 0,5 mL de fenol 5% e agitando novamente em vórtex e adicionado uniformemente e de uma única vez no centro do tubo (com pipeta graduada) 2,5 mL de H₂SO₄ concentrado. Assim, foram agitados os tubos colocados na bancada para repouso por 20 min e sua leitura foi feita no espectrofotômetro a 490 nm, tendo como o branco a utilização de água destilada (em substituição ao extrato) + reagentes, que foram colocados nas seguintes proporções de 0,5 mL de água destilada + 0,5 mL de fenol 5% + 2,5 mL de H₂SO₄. Para o cálculo das concentrações de carboidratos solúveis totais utilizou-se uma curva padrão de glicose e os resultados foram expressos g MS.

Determinação do teor de proteínas na semente

As concentrações de proteínas na semente da soja foram realizadas pelo método de Detmann et al. (2012). Foram pesadas 0,100 g de massa de matéria seca de sementes moídas e transferidas para tubos de digestão, sendo adicionado 7 mL de mistura digestora (selenito de sódio anidro + sulfato de cobre + sulfato de sódio anidro + água destilada e ácido sulfúrico) e

levado para digestão em capela de exaustão, iniciando com a temperatura de 100°C aumentado a temperatura de 50°C a cada 30 minutos até atingir a temperatura final de 350°C. Para a realização da digestão, foi adicionado 30 ml de água destilada e agitado vigorosamente em vórtex, os quais foram levados ao destilador. Em seguida foi adicionado 15 ml de hidróxido de sódio-15 N. Após, foi ligado o aquecimento do destilador, onde coletou-se o volume destilado, de aproximadamente 20 ml, em béquer já contendo 10 ml da solução indicadora (ácido bórico + verde de bromocresol 0,1% + vermelho de metila 0,1%), tendo ao final um volume de 30 ml. Em seguida, realizou-se a titulação das amostras com H₂SO₄ a 0,05 N, padronizado anteriormente, até o ponto de viragem da cor verde para vermelho, onde o volume gasto para titular foram anotados e realizados o cálculo para determinação das proteínas, onde os valores de N foi multiplicado pelo fator 6,25 e os resultados expressos em porcentagens de proteínas.

Análises de qualidade fisiológica das sementes

As sementes foram submetidas aos testes de qualidade fisiológica, sendo inicialmente determinado o teor de água, por meio do método da estufa, durante 24 h a 105 ± 3°C, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), sendo utilizadas duas repetições com aproximadamente 4,0 g para cada tratamento e os resultados foram expressos em porcentagem (base úmida).

Para o teste de germinação foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, distribuídas sobre duas folhas de papel germitest, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato não hidratado (BRASIL, 2009), e mantido em germinador a 25°C. A avaliação foi realizada aos oito dias após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais. A primeira contagem de germinação foi realizada juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem média de plântulas normais, obtidas aos cinco dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009).

O teste de tetrazólio foi realizado com duas repetições de 50 sementes, as quais foram pré-embebidas em papel germitest com água destilada e colocadas em germinador a 25°C durante 16 h. Após, foram colocadas em solução de cloreto de trifeniltetrazólio e acondicionadas em temperatura de 40°C durante 4 h no escuro, e posteriormente foi feita avaliação individual das sementes, classificando-as (NAKAGAWA, 1999).

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, seguindo-se da aplicação do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias das fontes de B. Para

as doses de B foi realizada a análise de regressão. Sendo as análises processadas pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). Realizou-se ainda, a análise de componentes principais para identificar a associação entre os tratamentos e as variáveis avaliadas (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação foi significativa entre fontes e doses para as variáveis teor de boro nas sementes (TB), boro exportado (BE), peso de mil sementes (PMS), carboidratos solúveis totais (CARB0), germinação (GERM0), vigor (VIG0) e na viabilidade das sementes aos 0 dias de armazenamento (VIB0). Após 180 dias de armazenamento, verificou-se efeito entre fontes e doses de boro no vigor (VIG180) e na viabilidade (VIB180) das sementes (Tabela1).

Tabela 1. Teor de boro na semente (TB), boro exportado (BE), peso de mil sementes (PMS), produtividade (PROD), carboidratos solúveis totais aos 0 dias (CARB0), carboidratos solúveis totais aos 180 dias (CARB180), proteínas aos 0 dias (PROT0), germinação aos 0 dias (GERM0), germinação aos 180 dias (GERM180), vigor aos 0 dias (VIG0), vigor aos 180 dias (VIG180), viabilidade aos 0 dias (VIB0), viabilidade aos 180 dias (VIB180), em sementes de soja.

FV	GI	TB	BE	PMS	PROD	CARB0	CARB180	PROT0
Bloco (B)	2	4,41 ^{ns}	470,76 ^{ns}	231,39*	625616,31 ^{ns}	0,000032 ^{ns}	0,00063 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Fonte (F)	1	101,14*	235,02 ^{ns}	230,13*	187874,27 ^{ns}	0,000182*	0,00105*	0,13 ^{ns}
Doses (D)	4	832,94*	14497,49*	488,07*	1149015,30*	0,000039 ^{ns}	0,00117*	2,02 ^{ns}
F x D	4	29,55*	1612,60*	189,83*	360941,22 ^{ns}	0,000119*	0,00035 ^{ns}	0,82 ^{ns}
Resíduo	18	7,54	284,74	39,40	167367,12	0,000023	0,0002	2,68
CV (%)		5,7	7,8	3,2	8,9	4,3	10,3	4,5
FV	GI	GERM0	GERM180	VIG0	VIG180	VIB0	VIB180	
Bloco (B)	2	19,63 ^{ns}	14,93 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,03 ^{ns}	6,40 ^{ns}	0,40 ^{ns}	
Fonte (F)	1	4,03 ^{ns}	224,13*	108,30 ^{ns}	229,63*	30,00*	10,80*	
Doses (D)	4	25,13*	310,53*	57,75 ^{ns}	191,03*	15,00*	28,20*	
F x D	4	31,20*	39,47 ^{ns}	193,05*	81,63*	100,50*	10,80*	
Resíduo	18	6,37	19,08	25,43	8,48	4,40	1,73	
CV (%)		2,6	5,5	7,1	3,9	2,4	1,4	

^{ns}, não significativo, *, significativo a 0,05 de probabilidade, pelo teste F. FV, fontes de variação, CV, coeficiente de variação, GL, grau de liberdade do resíduo.

A interação entre as fontes de variação indica o comportamento diferenciado que as fontes, ácido bórico e a ulexita obtiveram dentro de cada dose de boro aplicada no solo. Essas informações representam a importância do uso da adubação boratada nas características nutricionais, bioquímicas e fisiológicas de sementes armazenadas, uma vez que, o conhecimento da dose adequada e da fonte aplicada são importantes para o sistema de produção da soja.

Resultados semelhantes a estes foram reportados por Bellaloui et al. (2017), os autores obtiveram efeitos significativos relacionando a nutrição de boro com a fisiologia de sementes

de soja, analisando a germinação e qualidade, teor de proteínas, conteúdo de boro, B total, assim como açúcares solúveis totais.

No TB, a fonte ácido bórico teve o maior incremento nas médias quando comparada a ulexita. Estas diferiram entre si nas doses 1,0 kg ha⁻¹ e 8,0 kg ha⁻¹ (Tabela 2). Para as doses das fontes ácido bórico e ulexita, as médias obtiveram efeito linear crescente, onde a maior dose de B promoveu o maior teor de B nas sementes armazenadas (Figura 2 A e 2 B).

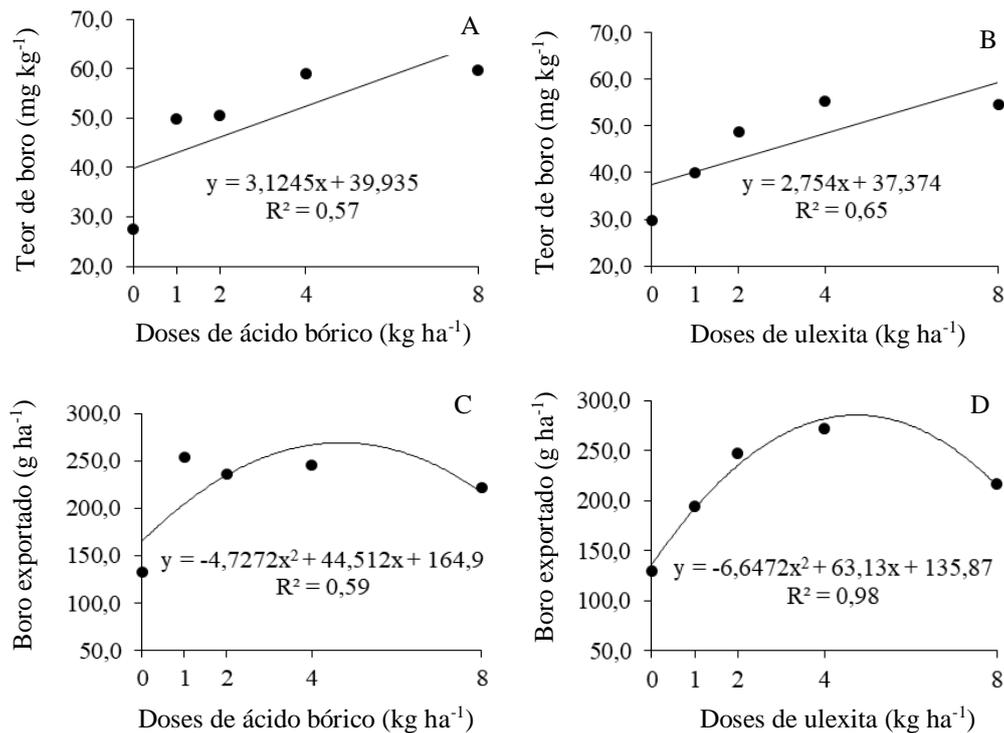


Figura 2. Teor de boro nas sementes para a fonte ácido bórico (A), teor de boro nas sementes para a fonte ulexita (B), boro exportado para a fonte ácido bórico (C), boro exportado para a fonte ulexita (D), em sementes de soja.

O teor de B contidos na semente de soja foi proporcional às doses aplicadas no solo, onde o teor foi constante na massa de semente, para ambas as fontes de boro. Ocorreram efeitos semelhantes com a pesquisa de outros autores, onde o teor de B nas folhas e grãos é proporcional as doses de B aplicado no solo (RODRIGUES et al., 2019).

A análise dos teores nutricionais nas partes constituintes dos vegetais é importante pois, de acordo com Nakao et al. (2018), representa o estado nutricional da cultura além da disponibilidade de nutriente no solo. O conhecimento preciso da remoção de micronutrientes

pode ajudar na aplicação adequada do nutriente e com isso, melhorar o rendimento da cultura da soja (GASPAR et al., 2018).

A exigência na absorção de B está em função da cultivar moderna que pode remover cerca de 153,9 g ha⁻¹ de B para atingir um rendimento médio de 3328,00 kg ha⁻¹ (BURNS et al., 2017). Em estudos de Gaspar et al. (2018), relata que os micronutrientes, dentre eles o B, são demandados em maior quantidade pela lavoura de soja no início do período reprodutivo (R1) estendendo-se até o estágio (R5), coincidindo com o período de floração, fecundação e formação da semente da soja.

Para BE, a fonte ácido bórico obteve as maiores médias diferindo da fonte ulexita na dose de 1,0 kg ha⁻¹ (Tabela 2). A dose de 4,7 kg ha⁻¹ tanto para o ácido bórico quanto para ulexita incrementou o acúmulo de boro de 269,24 e 285,76 g ha⁻¹ de B nas sementes de soja, respectivamente. Observou-se que a planta de soja começa a responder a adubação boratada a partir da primeira dose aplicada de 1,0 kg ha⁻¹ estendendo-se até a faixa de 4,7 kg ha⁻¹ para ambas as fontes em relação ao acúmulo de B, além disso, para as mesmas doses, teve respostas diferentes no acúmulo de B pela semente de soja, ou seja, houve menor acúmulo de B com aplicação de ácido bórico (Figura 2 C e 2 D).

Tabela 2. Valores médios de teor de boro nas sementes (TB), boro exportado (BE), peso de mil sementes (PMS), carboidratos solúveis totais aos 0 dias de armazenamento (CARB0), em sementes de soja.

Fonte	Doses kg ha ⁻¹					Equação	R ²
	0,0	1,0	2,0	4,0	8,0		
Teor de boro na semente (TB) mg kg							
Ácido bórico	27,44 a	49,80 a	50,64 a	58,95 a	59,72 a	Y= 3,1173x + 39,894	0,58
Ulexita	29,70 a	39,94 b	48,71 a	55,34 a	54,50 b	Y= 2,7545x + 37,373	0,65
Boro exportado (BE) g ha⁻¹							
Ácido bórico	132,40 a	253,79 a	235,65 a	244,97 a	221,87 a	Y= -4,7472x ² +44,512x+164,9	0,59
Ulexita	130,21 a	194,30 b	247,23 a	272,42 a	217,13 a	Y= -6,6472x ² +63,13x+135,87	0,98
Peso de mil semente (PMS) g ha⁻¹							
Ácido bórico	198,85 a	209,63 a	195,35 a	190,49 b	171,92 b	Y= -0,2754x ² - 1,7543x + 203,19	0,86
Ulexita	197,04 a	199,62 a	205,40 a	202,00 a	189,88 a	Y= -0,623x ² + 4,0292x + 197,29	0,93
Carboidratos solúveis totais aos 0 dias (CARB0) g							
Ácido bórico	0,10 a	0,10 b	0,10 b	0,11 a	0,11 a	Sem ajuste	-
Ulexita	0,11 a	0,12 a	0,12 a	0,11 a	0,10 b	Y= - 0,0005x ² + 0,0021x + 0,1142	0,75

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

O total de BE através das sementes está de acordo com as doses aplicadas assim como a necessidade nutricional da cultura da soja. Ou seja, até a faixa ideal de aproveitamento do nutriente, a planta tem uma maior demanda, as quais é expressada através do próprio acúmulo como visto pelo comportamento semelhante das fontes. Quando a dose aplicada começa a apresentar nível de toxicidade, em bora o teor de B seja proporcional ao nível de doses

fornecidas no solo, naturalmente a planta começa a alterar suas necessidades fisiológicas e o acúmulo de boro passa a ser reduzido.

Ao contrário desse estudo, Silva et al. (2017) analisado B na soja a partir da capacidade de retenção de água no solo (CRA de 90%), verificou um acúmulo de 2,9 mg planta⁻¹ na dose de 2,0 kg ha⁻¹ na parte total da soja (raiz, parte aérea e grãos), ao passo que nas doses 0; 0,5 e 1,0 kg ha⁻¹ teve um decréscimo quanto ao acúmulo desse micronutriente.

Assim como em outras culturas, por exemplo, no feijoeiro, Flores et al. (2018) observaram que o aumento das doses de B teve padrão linear positivo, sendo este observado na dose de 6,0 kg ha⁻¹ de B no solo, com 0,51; 0,60 e 1,12 g planta⁻¹, na raiz, broto e planta inteira (raiz, broto, grãos), respectivamente. Ou seja, a exigência pelo B, depende de cada cultura.

Com relação ao PMS, a aplicação da fonte ulexita promoveu as maiores médias no peso das sementes diferindo da fonte ácido bórico nas doses 4,0 e 8,0 kg ha⁻¹ de B (Tabela 2). O maior incremento no PMS, foi observado para ambas às fontes até a dose de 3,2 kg ha⁻¹ com 203,81 g para a ulexita e 194,81 g para o ácido bórico (Figura 3 A e 3 B).

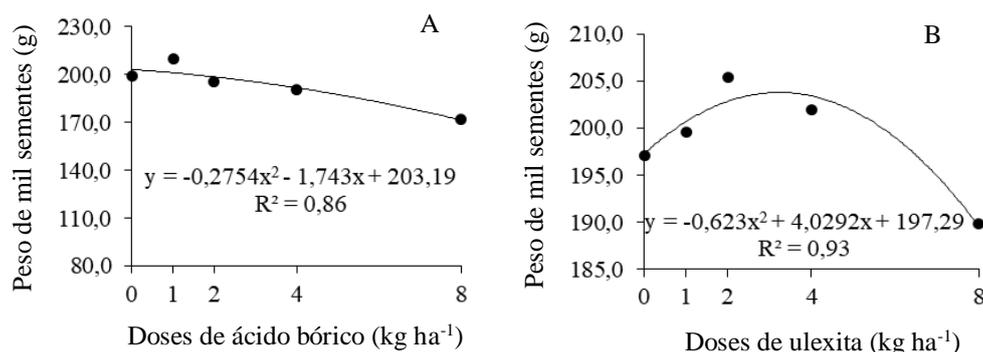


Figura 3. Efeito de doses de ácido bórico (A) e de ulexita (B) sobre o peso de mil sementes (PMS), na cultura da soja.

O PMS representa a massa da semente ou grãos expressos em gramas. O peso final das sementes depende da taxa e do período de acúmulo de matéria seca (MARCOS FILHO, 2005). O B está diretamente ligado ao crescimento meristemático, à biossíntese da parede celular, no funcionamento da membrana celular e no metabolismo de carboidratos (ARAÚJO; SILVA, 2012). Dessa maneira, em estudo de Henning et al. (2010) relataram que a massa de mil sementes está relacionada com o vigor, onde sementes mais pesadas (135 g) são mais vigorosas (98%) em comparação às de menor peso (117 g) e por consequência de menor vigor (82%).

Assim como a nutrição equilibrada de B reflete no maior peso das sementes, o desbalanço nutricional desse micronutriente, também, afeta a massa de semente devido os distúrbios

metabólicos ocasionados na planta. Como visto em trabalhos de Hamurcu et al. (2019), onde estudando diferentes doses de B (0,2 e 12,0 mg kg) observaram que altas concentrações de B resultou em baixo rendimento nas sementes de soja devido a redução da massa de grãos. Em estudos de Pawlowski et al. (2019), observaram que sementes de soja tratadas com ácido bórico na dose de 0,25 mmol, proporcionou uma redução na massa de sementes de 7,6 g quando comparadas com o tratamento controle, dose 0,0 mmol 13,4 g.

Ainda sobre o PMS, a faixa de enchimento de grãos encontra-se até a dose de 3,2 kg ha⁻¹ de B no solo independentemente das fontes. Contudo, para a mesma dose desse micronutriente, a fonte ulexita responde em maior incremento na massa de sementes. Em trabalhos de Silva et al. (2017) avaliando o efeito de doses de B na soja sob diferentes capacidades de retenção de água no solo 50, 70 e 90%, verificaram que as doses 2,0 kg ha⁻¹ produziu 15,3; 23,8 e 18,7 g em 100 grãos respectivamente.

Para a PROD, não houve interação significativa entre as fontes e as doses, porém as doses apresentaram efeitos significativos isoladamente. Verificou-se que até a dose de 1,5 kg ha⁻¹ B, houve uma produtividade de até 4812,6 kg ha⁻¹ de sementes (Figura 4).

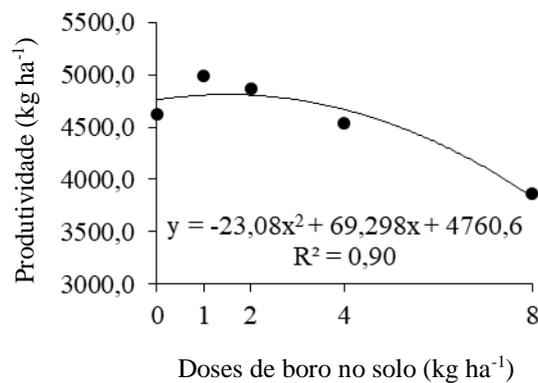


Figura 4. Efeito das doses de B (média das fontes ácido bórico e ulexita) sobre a produtividade (PROD) de sementes de soja.

Para ambas as fontes de B, acima de 1,5 kg ha⁻¹ poderá refletir em queda na produtividade de sementes, visto que quando aproxima da faixa toxicidade do micronutriente, a planta reage fisiologicamente diminuindo a massa de grãos, como observado no peso de mil semente (Figura 3 A e B) assim como no acúmulo de B nas sementes (Figura 2 C e D). Por esta razão, verifica-se que a faixa ideal de contribuição das doses independentemente das fontes de B, está na faixa de 1,0 a no máximo 3,0 kg ha⁻¹. Em estudo de Rodrigues et al. (2019) sobre adubação boratada com ácido bórico nas doses controle, 0,62 e 3,4 kg ha⁻¹ em soja cultivadas em vaso no solo

argiloso com teor inicial de $0,30 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, verificaram que a produção de grãos por planta não teve efeito significativo.

No que se refere a variável CAB0, a fonte ulexita obteve as maiores médias nos teores de açúcares das sementes de soja, diferindo da fonte ácido bórico nas doses $1,0$ e $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 2). A dose de $2,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de ulexita proporcionou um incremento nos teores de carboidratos de $0,12 \text{ g}$ na massa seca da semente de soja armazenada aos 0 dias (Figura 5). Ao passo que a fonte ácido bórico, para este mesmo período, não houve ajuste da equação (Tabela 2).

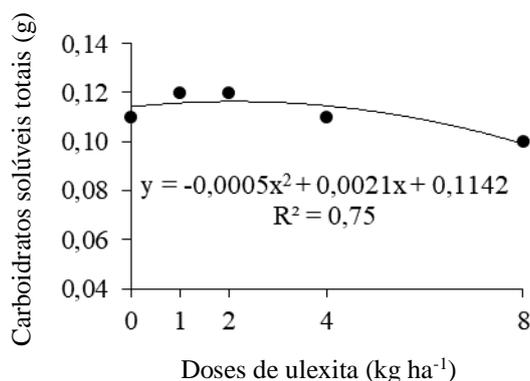


Figura 5. Efeito das doses de ulexita sobre os teores de carboidratos solúveis totais, em sementes de soja aos 0 dias de armazenamento.

Dessa maneira, a faixa adequada que contribui para a formação de carboidratos solúveis totais é até a dose de $2,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de B com ênfase na ulexita. Acima dessas doses, assim como na deficiência, ocorre redução no acúmulo desses açúcares. Sendo importante frisar que a maior proporção no enchimento da massa seca da semente foi encontrada nas doses de $1,0$ a $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de boro no solo. Certamente, a partir dessas doses, a própria redução da massa do grão influencia nos teores desses açúcares, principalmente para a fonte ulexita.

Os carboidratos são importantes pois fornecem energia para a retomada de desenvolvimento do embrião durante a germinação (MARCOS FILHO, 2005). O B atua na manutenção e funcionamento de vasos condutores, permitindo que haja movimentação dos açúcares nos vasos floemáticos da planta, garantindo que os drenos tenham acesso a esse conteúdo de reserva, dentre eles, a semente (PRADO, 2008).

Na deficiência de B, o transporte de carboidratos é comprometido resultando em menor atividade metabólica na semente, prejudicando o potencial de vigor. Isso pode ser confirmado no trabalho de Henning et al. (2010), os autores verificaram diferença na produção de açúcares

totais em sementes de alto e baixo vigor de 10 e 6 mmol g⁻¹ de açúcares, respectivamente. Em outras culturas, por exemplo, segundo estudos de Corte et al. (2006), a grande quantidade de carboidratos solúveis observada em sementes de *Caesalpinia peltophoroides* resulta não só no fornecimento de energia para a germinação, mas também confere maior armazenamento a essas sementes.

Para a esta mesma variável quando analisada aos 180 dias armazenada CARB180, a interação não foi significativa entre as fontes e doses de B (Tabela 1). Porém com efeito significativo para fontes e para doses de forma independente, sendo as maiores média proporcionado pela fonte ulexita em todas as doses (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das doses de B para carboidratos solúveis totais aos 180 dias (CARB180) e germinação aos 180 dias (GERM180), em sementes de soja armazenadas.

Fonte	Carboidratos solúveis totais aos 180 dias (CARB180)	Germinação aos 180 dias (GERM180)
Ácido bórico	0,13 b	81,60 a
Ulexita	0,14 a	76,13 b

As médias nas colunas com letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Ambas as fontes, ácido bórico e ulexita, tiveram um comportamento linear decrescente, onde a dose maior proporcionou o menor teor de carboidratos solúveis totais aos 180 dias de armazenamento (Figura 6). Analisando sementes de soja coletadas em posições apicais e basais no campo e submetidas ao armazenamento, Sharma et al. (2013), verificaram que conteúdo de amido e açúcares solúveis totais nas sementes de soja diminuiram durante o armazenamento aos 180 dias.

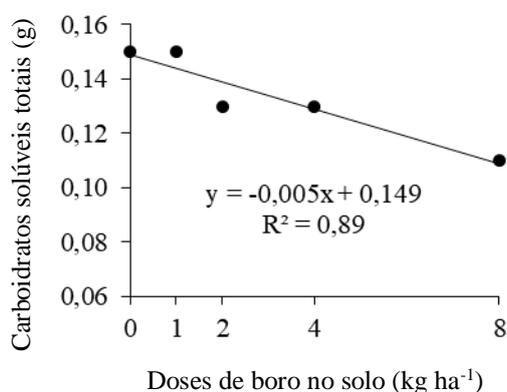


Figura 6. Efeito das doses de B (média das fontes de boro) sobre os teores de carboidratos solúveis totais, em sementes de soja armazenadas por período de 180 dias.

Na deficiência de boro, pode ter ocorrido a intensificação do processo de respiração celular na massa de sementes, através do metabolismo de quebra do amido transformando-o em açúcares menores como a sacarose, frutose e glicose. Como observado em estudos de Bernardes et al. (2003), onde observaram redução nos teores de amido em cultivares de manga Tommy e Haden em função do tempo de colheita.

Mesmo sobre condições de redução dos valores de carboidratos, a fonte ulexita ainda mantém-se com as maiores médias nas reservas de carboidratos ao longo do tempo de armazenamento. Uma das explicações para essa eficiência, está relacionado a alta solubilidade da ulexita no solo a qual é de 95% estando em adequadas concentrações em água, como observado nos valores de precipitações pluviais durante a condução do experimento em campo (Figura 1).

Não houve efeito de doses de B sobre os teores de proteínas totais aos 0 dias de armazenamento PROT0 (Tabela 1). Contudo, os teores de proteínas estão relacionados com a qualidade fisiológica das sementes, pois estão vinculados a fatores genéticos, como visto em estudos de Henning et al. (2010), analisando sementes encontrou 21 e 18 mmol g⁻¹ de concentrações de proteínas em alto e baixo vigor, respectivamente, na cultivar de soja 219RR.

Quanto aos dados da germinação avaliada aos 0 dias de armazenamento GERM0, a fonte ulexita diferiu do ácido bórico na dose 8,0 kg ha⁻¹ (Tabela 4). Para o ácido bórico, até a dose 3.5 kg ha⁻¹ contribuiu no percentual na germinação das sementes de soja de 98,4% (Figura 7 A), ao passo que a ulexita não obteve ajuste em sua equação (Tabela 4).

Tabela 4. Valor médios para germinação aos 0 dias (GERM0), vigor aos 0 dias (VIG0), vigor aos 180 dias (VIG180), viabilidade aos 0 dias (VIB0) e viabilidade aos 180 dias (VIB180).

Fonte	Doses kg ha ⁻¹					Equação	R ²
	0,0	1,0	2,0	4,0	8,0		
Germinação aos 0 dias (GERM0) %							
Ácido bórico	91,31 a	96,00 a	97,00 a	98,00 a	88,00 b	Y= - 0,5233x ² + 3,6924x + 91,885	0,98
Ulexita	94,66 a	94,00 a	96,00 a	94,00 a	95,33 a	Sem ajuste	-
Vigor aos 0 dias (VIG0) %							
Ácido bórico	70,00 a	79,00 a	71,00 a	68,00 a	74,00 a	Sem ajuste	-
Ulexita	71,00 a	55,00 b	77,00 a	68,00 a	75,00 a	Sem ajuste	-
Vigor aos 180 dias (VIG1) %							
Ácido bórico	69,00 a	73,00 a	76,00 b	78,00 a	57,00 b	Y= - 0,9107x ² + 5,863x + 68,492	0,99
Ulexita	73,00 a	73,00 a	84,00 a	76,00 a	74,00 a	Sem ajuste	-
Viabilidade aos 0 dias (VIB0) %							
Ácido bórico	88,00 a	95,00 a	87,00 a	84,00 b	86,00 a	Sem ajuste	-
Ulexita	87,00 a	84,50 b	86,00 a	93,00 a	83,00 b	Sem ajuste	-
Viabilidade aos 180 dias (VIB1) %							
Ácido bórico	88,00 a	89,00 a	91,00 b	93,00 a	87,00 b	Y= - 0,3263x ² + 2,567x + 87,446	0,95
Ulexita	88,00 a	89,00 a	95,00 a	91,00 a	91,00 a	Sem ajuste	-

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

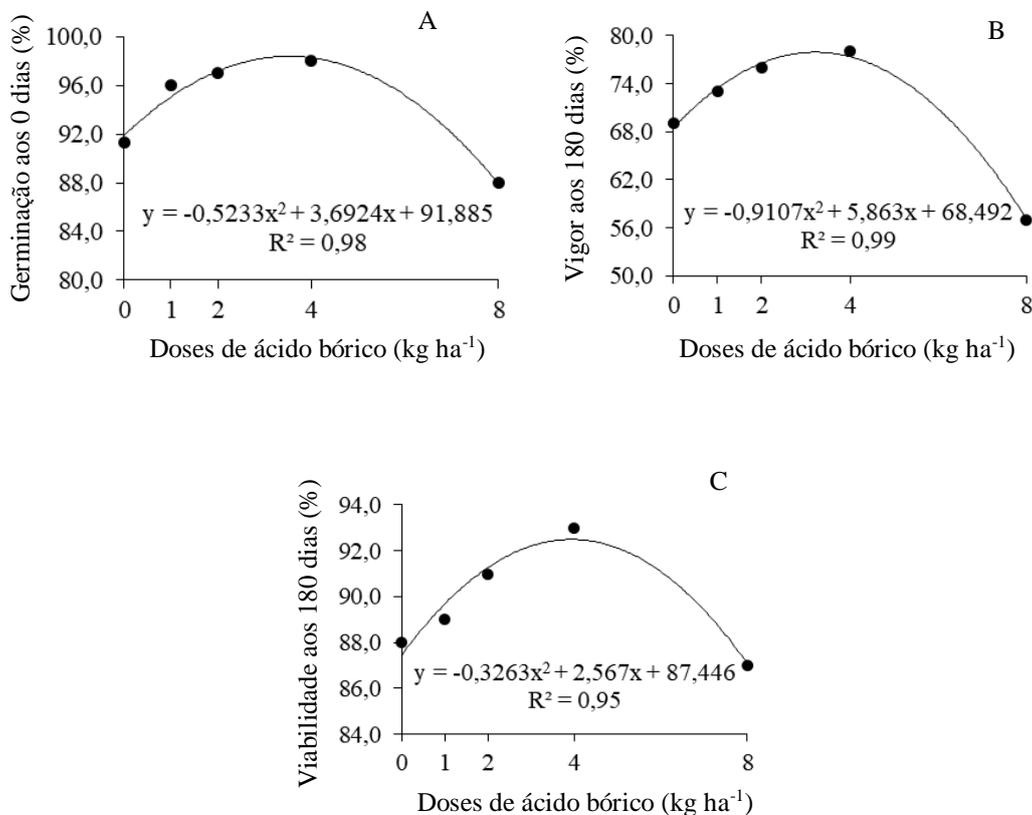


Figura 7. Germinação aos 0 dias para fonte ácido bórico (A), vigor aos 180 dias para a fonte ácido bórico (B) e viabilidade aos 180 dias para a fonte ácido bórico (C), em sementes de soja.

A germinação da semente está em função do acúmulo da massa seca (Figura 3 A), que este por sua vez, representa as reservas energéticas de onde as plântulas retirarão para manutenção dos cotilédones no campo de produção. A nutrição com B contribui na germinação até na dose de 3,5 kg ha⁻¹ da fonte ácido bórico, a partir dessa faixa de adubação com B, a qualidade da germinação é comprometida, tendo em vista está em função da baixa quantidade de reservas energéticas, tais como, carboidratos (Figura 5) e proteínas que são afetadas pela toxicidade causada pelo micronutriente.

A importância da adubação boratada na germinação de sementes pode ser constatada por outros pesquisadores. Em trabalhos de Berti et al. (2019) sobre doses e épocas de aplicação de boro na qualidade fisiológica de semente de soja, observaram que nas doses de 2,5 kg ha⁻¹ de B, influenciaram o percentual de germinação total das plântulas de soja em 82%. Assim como em outras culturas, o uso de doses e fontes de boro na qualidade fisiológica de sementes de

feijão comum, Lima et al. (2013) verificaram que a aplicação de ácido bórico permitiu a obtenção de sementes de feijão com maior percentual de germinação.

Essa mesma variável quando analisada aos 180 dias de armazenamento (GERM180), não houve interação significativa entre fontes e doses, porém para as fontes e para as doses de forma independente o efeito foi significativo. O ácido bórico proporcionou maiores médias para todas as doses (Tabela 3). A dose de 3,7 kg ha⁻¹ para ambas as fontes ácido bórico e ulexita, proporcionou 85,8% na germinação da semente (Figura 8).

Nota-se que a adubação com B é necessária para a produção de sementes de qualidade, visto que mesmo sobre o processo de armazenagem aos 180 dias, as sementes mantiveram o percentual de germinação 85,8 %, acima do determinado na categoria de produção de sementes comercializáveis, que de acordo com Brasil (2009) é acima de 80%.

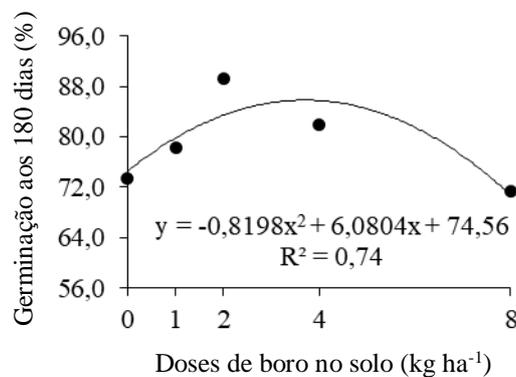


Figura 8. Efeito das doses de B (média das duas fontes de boro) sobre a germinação das sementes de soja armazenadas por período de 180 dias (GERM180).

Com relação ao vigor das sementes no início do período de armazenamento VIG0, a fonte ácido bórico promoveu as maiores médias, diferindo da ulexita na dose 1,0 kg ha⁻¹ (Tabela 4). Para efeito das doses em ambas as fontes, não houve ajuste na equação, inviabilizando a obtenção das faixas adequadas de B na qualidade de semente.

O vigor está relacionado com a qualidade e rapidez da germinação garantindo a uniformização das plântulas em campo, quando estão nutridas adequadamente reflete no conteúdo de reserva da mesma (MARCOS FILHO, 2005). Sob o aspecto bioquímico, o vigor envolve biossíntese de energia e compostos metabólicos, tais como proteínas, ácidos nucleicos, carboidratos e lipídeos, associados com a atividade celular (HENNING et al., 2010). Dessa forma, a disponibilidade dos nutrientes influencia na formação dos embriões e do cotilédone,

com efeito positivo sobre o aumento do vigor, sendo o micronutriente B, um dos elementos associados a qualidade fisiológica das sementes.

No que se refere a influência do B no vigor da semente, podem ser confirmadas em trabalho de outros autores, como o de Berti et al. (2019), que verificaram em seus estudos que sementes de soja com maior vigor foram obtidas na aplicação de boro via solo durante a semeadura da cultura, sendo observados nas doses de 2,5 e 3,0 kg ha⁻¹. A mesma qualidade no vigor de sementes ocorre em outras espécies, como por exemplo em sementes de algodão, que o maior índice de vigor das plântulas ocorreu nas aplicações de 1200 mg L⁻¹ de B com 93% de vigor (ZOHAIB et al., 2018). Assim como em sementes de feijão comum, onde o emprego da dose de 1,5 kg ha⁻¹ de boro via solo, proporcionou a obtenção de lotes de sementes com vigor de 81%, independente da fonte utilizada (LIMA et al., 2013).

Essa mesma variável quando avaliada aos 180 dias VIG180, sobre o período de armazenamento, verificou-se que a fonte ulexita incrementou as maiores médias diferindo do ácido bórico nas doses 2,0 e 8,0 kg ha⁻¹ (Tabela 3). Até a dose de 3,2 kg ha⁻¹ de B no solo, a semente apresentou vigor de 77,9% para a fonte ácido bórico (Figura 7 C), ao passo que a ulexita não teve ajuste da equação (Tabela 4).

No que se refere ao tempo em que as sementes ficam armazenadas, observou-se que ocorreram desgaste na massa de grãos pela ação bioquímica e por microrganismos. Tendo em vista que em estudo, tais como o de Zuffo et al. (2017) ao analisarem o vigor de sementes de soja submetidas ao armazenamento de 0 e 8 meses, verificaram que este foi comprometido ao oitavo mês com 63,28% de vigor quando comparados ao período zero 79,28%.

Assim como em trabalhos de Almeida et al. (2010) onde a soja após 180 dias submetidas ao armazenamento em condições ambientais controladas, seu vigor foi comprometido. Desta maneira, para que o lote de semente chegue ao período de semeadura com elevado grau de vigor, a nutrição é um dos mecanismos utilizados para garantir essa qualidade.

Na análise da viabilidade da semente aos 0 dias VIB0, a fonte ácido bórico obteve as maiores médias diferindo da fonte ulexita nas doses de 1,0 e 4,0 kg ha⁻¹ de B (Tabela 4). Para as doses não houve ajuste na equação em ambas as fontes.

De modo geral, a viabilidade representa o percentual de sementes vivas capazes de germinar, podendo emitir plântulas de boa qualidade ou não. As sementes que não apresentarem um potencial de vigor elevado, representam desgaste ao lote (MARCOS FILHO, 2005). Segundo este mesmo autor, o tempo promove o declínio do potencial fisiológico, diminuindo a capacidade de germinação deixando as sementes mais sensíveis às adversidades ambientais, caracterizando a redução do vigor, apesar de viáveis.

Quando analisada aos 180 dias após armazenamento VIB180, notou-se que a fonte ulexita obteve as maiores médias para a viabilidade da semente diferindo do ácido bórico nas doses 2,0 e 8,0 kg ha⁻¹ de B (Tabela 4). No entanto, a ulexita não obteve ajuste em sua equação para obtenção das doses que promovesse melhor viabilidade aos 180 dias. Porém, com aplicação da fonte de ácido bórico na dose de 3,9 kg ha⁻¹ de B, observou-se 92,5% de sementes viáveis (Figura 7 C).

A qualidade proporcionada pela aplicação de B é observada no vigor das sementes. Onde o percentual de sementes viáveis de 92,5%, mesmo após 180 dias de armazenamento, conferiu as sementes de soja 85,8% de germinação, principalmente para fonte ácido bórico.

Observa-se valores de referência até menores para esse mesmo tipo de análise, Zuffo et al. (2017), verificaram que a viabilidade no período zero de armazenamento apresentava 82,2% ao passo que ao oitavo mês estava com apenas 75,9%. Ou seja, adubação com B, propiciou qualidade nas sementes tendo em vista este nutriente participa da formação de compostos químicos tais proteínas, carboidratos dentre eles a lignina, a qual confere a semente de soja rigidez e vitalidade permitindo alta resistência (BELLALLOUI et al., 2017).

A análise de componentes principais demonstrando a relação entre os tratamentos e as variáveis avaliadas estão apresentadas na Figura 9. Verificou-se que tanto as doses baixas (tratamento controle) quanto a maior dose aplicada no solo para ambas as fontes 8,0 kg ha⁻¹ de B, houve afastamento de todas as outras variáveis. Com isso é possível afirmar que a ausência assim como o excesso do micronutriente B, provocam danos nas sementes de soja armazenadas, reduzindo sua qualidade fisiológica.

As fontes ulexita e ácido bórico obtiveram as melhores respostas para as variáveis fisiológicas e nutricionais na dose de 2,0 kg ha⁻¹. A fonte de B ácido bórico teve maiores proximidades vetoriais pela GERM0, GERM180 e VIG180. Assim como a ulexita, que obteve maior desempenho pela VIB180, e pelo BE (Figura 9). Notou-se ainda, que as melhores respostas para as variáveis produtivas PMS e PROD encontram-se nas doses de 1,0 kg ha⁻¹ para o a fonte ácido bórico.

Quanto aos dados de carboidratos solúveis totais aos 180 dias CARB180 de armazenamento assim como a viabilidade aos 0 dias VIB0, obtiveram maiores proximidades vetoriais pela fonte de B ulexita na dose 4,0 kg ha⁻¹, e na dose 1,0 kg ha⁻¹ para carboidratos totais aos 0 dias (CARB0).

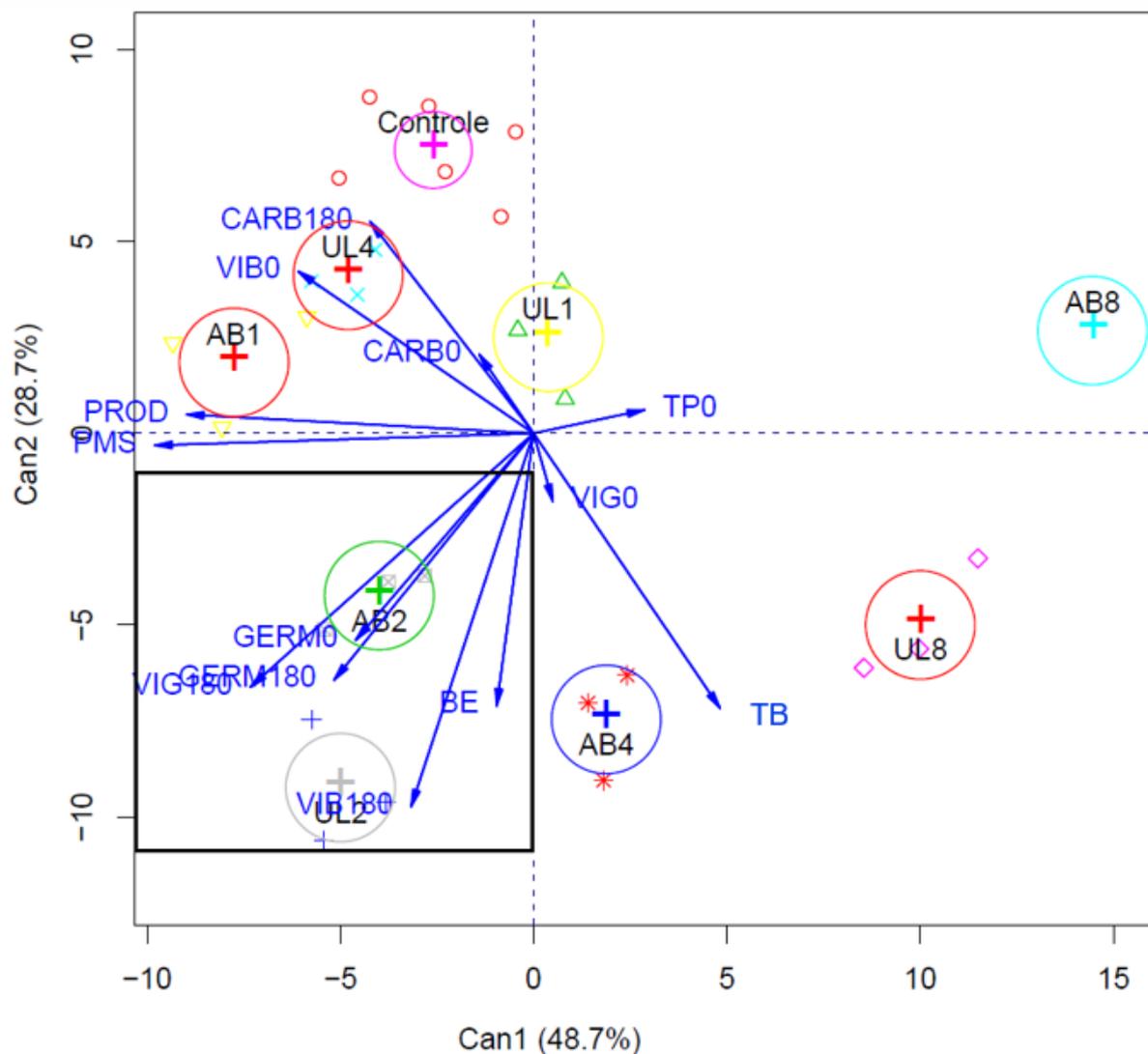


Figura 9. Análise de componentes principais para as variáveis teor de boro na semente (TB), boro exportado (BE), peso de mil semente (PMS), produtividade (PROD), carboidratos solúveis totais aos 0 dias (CARB0), carboidratos solúveis totais aos 180 dias (CARB180), proteínas aos 0 dias (TP0), germinação aos 0 dias (GERM0), germinação aos 180 dias (GERM180), vigor aos 0 dias (VIG0), vigor aos 180 dias (VIG180), viabilidade aos 0 dias (VIB0), viabilidade aos 180 dias (VIB180), em semente de soja armazenadas.

Com relação as concentrações de carboidratos, notou-se intensificação das reações bioquímicas devido a respiração celular da massa de grãos, o que tornou a dose de 4,0 kg ha⁻¹, naquele momento, mais vantajosa para disponibilidade das concentrações de açúcares. Visto, também que nos períodos em que a semente ainda não havia sido armazenada, as necessidades metabólicas pelo consumo de açúcares eram menores com afinidades pelas doses 2,0 kg ha⁻¹,

justificando que o intervalo de doses de 2,0 a 4,0 kg ha⁻¹ de B, foram as que mais contribuíram com as variáveis fisiológicas das sementes, principalmente para a fonte de B ácido bórico.

CONCLUSÕES

No tratamento controle (dose zero) e na dose de 8,0 kg ha⁻¹ de B, para ambas as fontes (ácido bórico e ulexita), comprometeram a qualidade nutricionais, bioquímica e fisiológica de sementes de soja.

Em ambas as fontes, a dose de 2,0 kg ha⁻¹ de B, foi a que mais contribuiu com as variáveis nutricionais e fisiológicas das sementes armazenadas.

A ulexita, na dose de 4,0 kg ha⁻¹ foi a fonte que mais contribuiu na bioquímica das sementes armazenadas.

REFERÊNCIAS

ABISOLO (Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal). 2018. **4th Brazilian yearbook of plant nutrition technology**. São Paulo, Brazil. Disponível em: <http://www.abisolo.com.br/anuario>. Acesso 18 de novembro de 2019.

AHMAD, W. et al. Papel do boro no crescimento das plantas: uma revisão. **Journal of Agricultural Research**, Beaver Creek, n. 47, p. 1122–1134, 2009.

ALMEIDA, F. A. C. et al. Estudo de técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 189-202, 2010.

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

BELLALOUI, N. et al. Seed nutrition and quality, seed coat boron and lignin are influenced by delayed harvest in exotically-derived soybean breeding lines under high heat. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, n. 8, p. 1563, 2017.

BERNARDES, A. P. F et al. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimento**, Campinas, v. 23, p. 116-120, 2003.

BERTI, M. P. S. et al. Doses e épocas de aplicação de boro na qualidade de sementes de soja. **Revista de Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v.28, n. 2, p. 123-137, 2019.

BHERING, L. L. Rbio: a tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 17, p. 187-190, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p.

BURNS, H. A. Soybean micronutrient content in irrigated plants grown in the Midsouth. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 48, n. 7, p. 808, 2017.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5. ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2012. 590 p.

CORTE, V. B. et al. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth (*Leguminosae Caesalpinoideae*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 941-949, 2006.

DETMANN, E. et al. **Método para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214 p.

DIMKPA, C. O. et al. Addition-omission of zinc, copper, and boron nano and bulk oxide particles demonstrate element and size-specific response of soybean to micronutrient exposure. **Science of the Total Environment**, Riverside, v. 665, p. 606-616, 2019.

DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, n.132, 2011. 230 p.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Champaign, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FLORES, R. A. et al. Common bean productivity following diverse boron applications on soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 49, n. 6, p. 725-734, 2018.

GASPAR, A. P. et al. Secondary and micronutrient uptake, partitioning, and removal across a wide range of soybean seed yield levels. **Agronomy Journal**, Condado de Lee, v. 110, n. 4, p. 1328-1338, 2018.

HAMURCU, M. et al. Boron application affecting the yield and fatty acid composition of soybean genotypes. **Plant, Soil and Environment**, Praga, v. 65, n. 5, p. 238-243, 2019.

HENNING, F. A. et al. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 727-733, 2010.

HUSSAIN, S. et al. Shade effect on carbohydrates dynamics and stem strength of soybean genotypes. **Journal Environmental and Experimental Botany**, Barcelona, v. 162, p. 374-382, 2019.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia 2019. Disponível em: **<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>**. Acesso em 30 de maio de 2019.

LIMA, M. L. et al. 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, 2013.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de plantas cultivadas**, Piracicaba: Fealq, v. 12, 2005, 495 p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C. et al. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap. 2, 1999, 2-24 p.

NAKAO, A. H. et al. Características agronômicas e qualidade fisiológicas de sementes de soja em função da adubação foliar com boro e zinco. **Revista de Ciências Agrônômicas**, Ilha Solteira, v. 27, n. 3, p. 312-327, 2018.

PAWLOWSKI, M. L. et al. Boron and zinc deficiencies and toxicities and their interactions with other nutrients in soybean roots, leaves, and seeds. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 42, n. 6, p. 634-649, 2019.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo, editora UNESP, 2008, 211 p.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Instituto Agronômico, Campinas, 2001. 285 p.

RODRIGUES, L. U. et al. Morphophysiological and grain yield responses to foliar and soil application of boric acid on soybean. **Communications in soil Science and plant analysis**, New York, v. 50, n. 13, p. 1640-1651, 2019.

SANTOS, F. C. et al. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 2015-2025, 2013.

SHARMA, S. et al. Positional effects on soybean seed composition during storage. **Journal food Science and technology**, Nova Delhi, v. 50, n. 2, p. 353-359, 2013.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, planta e fertilizantes**. 2. ed. Ver. Ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, R. C. D. et al. Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 155-165, 2017.

ZOHAIB, A. et al. Effect of plant density, boron nutrition and growth regulation on seed mass, emergence and offspring growth plasticity in cotton. **Scientific Reports**, Nova York, v. 8, n. 7953, 2018.

ZUFFO, A. M. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja colhidas em diferentes períodos e submetidas ao armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 3, p. 312-320, 2017.