

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINE MARIOTT

**BORO NA CULTURA DA SOJA: EFEITO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DURANTE O ARMAZENAMENTO**

PATO BRANCO

2022

CAROLINE MARIOTT

**BORO NA CULTURA DA SOJA: EFEITO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DURANTE O ARMAZENAMENTO**

**Boron in soybean culture: effect on physiological quality of seeds during
storage**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues

Coorientadora: Betânia Brum de Bortolli

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

CAROLINE MARIOTT

**BORO NA CULTURA DA SOJA: EFEITO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia
do *Campus* Pato Branco da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 31/maio/2022

Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Daniela Aparecida Dalla Costa
Engenheira agrônoma
Agroimpar Consultoria e Planejamento Agropecuário Ltda.

Taciane Finatto
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PATO BRANCO

2022

AGRADECIMENTOS

A concretização de um sonho demanda esforço e paciência, mas só se torna concreto quando há ao nosso lado pessoas que nos apoiam e nos incentivam, desta forma dedico este pequeno trecho para agradecer as pessoas que se fizeram presente ao longo de minha graduação. Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade que me foi concedida. Agradeço a minha família por todo o apoio e cada palavra de incentivo, de forma especial a meus pais, Hermes e Zinei, sem vocês a conclusão desse sonho não seria possível e aos meus irmãos Crystian e Tainá por cada gesto de incentivo.

Agradeço a meus amigos de graduação, Bruno Carvalho, Camila Xaves e Geciana de Bortoli, que tornaram esse período mais leve e de maior aproveitamento.

Aos meus colegas de Laboratório de Sementes, de forma especial a Daniella Aparecida Dalla Costa pela oportunidade de dar continuidade ao seu trabalho, pela ajuda nos testes laboratoriais e cada sugestão de melhoria neste trabalho.

Agradeço a minha orientadora Prof.(a) Dr.(a) Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues e minha coorientadora Betânia Brum de Bortolli pela sabedoria com que me guiaram nesta trajetória.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão desta importante etapa em minha vida, meu muito obrigada e que Deus abençoes a cada um de vocês.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja, após armazenamento, produzidas a partir do uso do micronutriente boro via tratamento de semente e via foliar. Estudou-se quatro tratamentos (T1 – sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar; T2 – com tratamento de sementes com B + sem aplicação foliar de B; T3 – sem tratamento de sementes com B + com aplicação foliar de B; T4 – com tratamento de sementes com B + com aplicação foliar de B) submetidos a quatro tempos de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias). Para a aplicação do micronutriente boro utilizou-se o produto comercial Ager Boro® em dosagens de 46 ml 100 kg⁻¹ de semente para tratamento de semente e 80 ml ha⁻¹, para a aplicação foliar. Para determinar a qualidade fisiológica das sementes avaliaram-se as seguintes variáveis: germinação (GERM – %), envelhecimento acelerado (EA – %), condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) e peso de mil sementes (PMS – g). Procedeu-se a verificação dos pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias utilizando os testes de Lilliefors e de Bartlett. Os dados de EA foram transformados através da fórmula $x^2 + k$, em seguida efetuou-se análise de variância em esquema bifatorial 4 x 4 para GERM e EA (quatro tratamentos de boro X quatro tempos de armazenamento) ($\alpha=5\%$) em delineamento inteiramente casualizado. Para o estudo da interação entre os fatores entre os tratamentos de sementes e os tempos de armazenamento ajustou-se equações de regressão dos tempos em cada um dos tratamentos de sementes estudados. Para avaliar o efeito dos fatores principais tratamento de sementes e tempos foi utilizado o teste de Duncan ($\alpha=5\%$) e regressão polinomial, respectivamente. A variável condutividade elétrica que não atendeu os pressupostos da anova foi avaliada por meio do teste de Kruskal-Wallis seguido do teste de Simes-Hockberg para comparação múltipla de médias ($\alpha=5\%$). Concluiu-se que o efeito do boro, tanto via tratamento de semente quanto via foliar, não aumentou a qualidade fisiológica das sementes de soja da cultivar NA 5909 RG, através das variáveis GERM, EA e CE, ao longo do período de armazenamento. O vigor das sementes foi reduzido drasticamente ao longo do período de armazenamento, independentemente do uso do micronutriente boro.

Palavras-chave: *Glycine max*, micronutriente, Deterioração, Vigor.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physiological quality of soybean seeds, after storage, produced from the use of the micronutrient boron via seed treatment and via foliar. Four treatments were studied (T1 - without seed treatment + without foliar application; T2 - with seed treatment with B + without foliar application of B; T3 - without seed treatment with B + with foliar application of B; T4 - with treatment of seeds with B + with foliar application of B) submitted to four storage times (0, 60, 120 and 180 days). $^{-1}$ of seed for seed treatment and 80ml ha $^{-1}$ for foliar application. To determine the physiological quality of the seeds, the following variables were evaluated: germination (GERM – %), accelerated aging (EA – %), electrical conductivity (EC – $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) and weight of a thousand seeds (PMS – g). The assumptions of normality of errors and homogeneity of variances were verified using the Lilliefors and Bartlett tests. The EA data were transformed using the formula $x^2 + k$, then analysis of variance was performed in a 4 x 4 two-factor scheme for GERM and EA (four boron treatments X four storage times) ($\alpha=5\%$) in a fully randomized. To study the interaction between the factors between seed treatments and storage times, time regression equations were adjusted for each of the seed treatments studied. To evaluate the effect of the main factors seed treatment and time, Duncan's test ($\alpha=5\%$) and polynomial regression were used, respectively. The electrical conductivity variable that did not meet the ANOVA assumptions was evaluated using the Kruskal-Wallis test followed by the Simes-Hockberg test for multiple comparison of means ($\alpha=5\%$). It was concluded that the effect of boron, both via seed treatment and via foliar, did not increase the physiological quality of soybean seeds of the cultivar NA 5909 RG, through the variables GERM, EA and EC, throughout the storage period. Seed vigor was drastically reduced throughout the storage period, regardless of the use of boron micronutrient.

Keywords: *Glycine max*, Micronutrient, Deterioration, Vigor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Germinação (GERM – %) de sementes de soja submetidas a quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg^{-1} de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha^{-1}), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg^{-1} de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha^{-1}), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022 30

Figura 2 – envelhecimento acelerado (EA – %) de sementes de soja submetidas a quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) em um experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....34

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Análise química e física do solo da área experimental da Cooperativa Agrícola Tradição –Coopertradição, localizada no município de Pato Branco, Paraná. UTFPR, Pato Branco –PR, 2022.....23
- Tabela 2 – Tratamentos utilizados em um experimento com o objetivo de avaliar se a aplicação do micronutriente boro via foliar e tratamento de sementes garante manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja após o armazenamento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....24
- Tabela 3 – Tratamentos utilizados para a realização do teste não paramétrico em um experimento com o objetivo de avaliar se a aplicação do micronutriente boro via foliar e tratamento de sementes garante manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja após o armazenamento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....27
- Tabela 4 – Resumo da análise de variância de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para as variáveis germinação (GERM – %) e envelhecimento acelerado (EA – %). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....29
- Tabela 5 – Germinação (GERM – %) de sementes de soja submetidas a quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....32
- Tabela 6 – Envelhecimento acelerado (EA – %) de sementes de soja submetidas a quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....33
- Tabela 7– Resumo do teste de Kruskal-Wallis de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹) T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para as variáveis condutividade

elétrica (CE – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) e peso de mil sementes (PMS – g). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....35

Tabela 8– Resumo do teste de Simes-Hochberg para um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg^{-1} de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha^{-1}), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg^{-1} de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha^{-1}), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Geral.....	13
2.2	Específicos.....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1	A cultura da soja.....	14
3.2	Qualidade de semente.....	15
3.3	Armazenamento de semente.....	16
3.4	Nutrição de plantas.....	18
3.5	Boro.....	19
3.6	Formas de aplicação do boro na cultura da soja.....	21
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1	Instalação, condução, colheita e armazenamento.....	23
4.2	Análises laboratoriais.....	25
4.3	Análises estatísticas.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
6	CONCLUSÕES.....	38
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é a cultura de maior importância agrícola do Brasil, saindo de 26 milhões de toneladas no ano de 1980 e chegando a uma produção de 140,5 milhões de toneladas de grão para a safra 2020/2021 (CONAB, 2021).

O crescimento da produção e o aumento da capacidade produtiva da soja brasileira se deve a diversos fatores, entre eles, a pesquisa científica nos setores de melhoramento de plantas, solos, nutrição, máquinas agrícolas, entomologia e fitopatologia ganham destaque. Sabendo no entanto, que esta cultura é propagada exclusivamente por semente, a produção e a utilização de sementes de alta qualidade é um dos fatores de maior importância para incrementar a produtividade de grãos (PESKE *et al.*, 2012).

Uma semente de soja para ser considerada de alta qualidade, deve apresentar altas taxas de vigor, germinação e sanidade, além de pureza física e varietal. Tais características possibilitam o bom desempenho da semente em campo, resultando no estabelecimento da população de plantas requeridas, que contribui para que sejam alcançados altos níveis de produtividade de grãos (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2018).

Entretanto muitos fatores podem ocasionar a deterioração da qualidade da semente, iniciando-se no campo, nas fases que sucedem a maturação fisiológica, bem como nos processos de colheita, beneficiamento e armazenamento. Entre esses fatores, as variações na temperatura e na umidade podem ser destacadas, uma vez que são responsáveis por causar a deterioração das sementes nos níveis molecular e genético (PONTES *et al.*, 2006).

Em um estudo de Giasson *et al.* (2021) com a qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas a quatro períodos de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) e dois ambientes de armazenamento (ambiente controlado e não controlado) de quatro cultivares de soja, sendo Brasmax Lança IPRO, Brasmax Raio IPRO, Pioneer 95y52 e TMG 7062 IPRO, observaram que houve redução de 0,0429% no índice de germinação para cada dia extra de armazenamento, já para a variável envelhecimento acelerado essa redução foi de 0,0741%.

O embrião da semente de soja é protegido por um tegumento relativamente frágil e seu eixo embrionário é superficial e susceptível a injúrias (MARCOS FILHO, 2013). Diante disto, o armazenamento constitui uma prática fundamental para a manutenção da qualidade fisiológica, viabilidade e vigor da semente no período entre a colheita e a semeadura. A conservação da qualidade de uma semente de soja no armazenamento depende das condições de ambiente em que esta semente é submetida. Desta forma, umidade relativa e temperatura mais baixas são importantes, pois permitem reduzir a atividade das reações químicas, retardando o processo de deterioração (MARCOS FILHO, 2005). Juvino (2014), avaliando o vigor da cultivar de soja BMX Potência RR durante o beneficiamento e quatro períodos de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses), indicou que as sementes submetidas a ambiente não controlado (temperatura e umidade variável) apresentaram decréscimo mais acentuado de emergência total (%), principalmente nos últimos meses de avaliação.

Outro fator que pode afetar a qualidade fisiológica das sementes é o estado nutricional das plantas, uma vez que a disponibilidade de nutrientes influencia a formação do eixo embrionário e dos cotilédones (TEIXEIRA *et al.*, 2005). Porém, são poucos os estudos acerca da relação entre a adubação e nutrição das plantas produtoras de sementes em sua qualidade fisiológica e sobre sementes armazenadas.

Os nutrientes exercem papel importante no desenvolvimento e maturação das sementes. O boro é considerado um dos micronutrientes que mais limitam a produtividade de grãos das culturas no Brasil (MALAVOLTA, 2006). Embora seja requerido em quantidades muito pequenas, esse micronutriente desempenha importantes funções nas plantas. O boro está diretamente ligado ao crescimento meristemático, biossíntese da parede celular, no funcionamento da membrana celular, no transporte de auxinas e no metabolismo de carboidratos. (ARAÚJO; SILVA, 2012).

No entanto, os estudos sobre o efeito do boro na qualidade fisiológica das sementes são pouco estudados e com resultados contrastantes, sendo necessário mais estudos acerca do assunto, uma vez que a qualidade da semente está muito relacionada com a nutrição adequada da planta mãe (ABRANTES *et al.*, 2015). O

mesmo autor avaliando a qualidade fisiológica de sementes de feijão de duas cultivares (Alvorada e Carioca Precoce) em função dos sistemas de manejo do solo e adubação foliar com boro observaram aumento linear na porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado com o aumento das doses de boro, independentemente do sistema de manejo do solo.

A deficiência do micronutriente boro é muito comum em solos de regiões tropicais, desta forma, a suplementação via foliar é uma boa estratégia para garantir o fornecimento desse micronutriente nos estádios em que a cultura mais demanda, entre, entre R1 a R5 (RAIMUNDI; MOREIRA; TURRI, 2013). Outro método de aplicação do micronutriente é via tratamento de semente, trazendo inúmeros benefícios, como a redução de custos de aplicação, melhor uniformidade na distribuição e redução das perdas (LEMES *et al.*, 2017).

Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja, após armazenamento, produzidas a partir do uso do micronutriente boro via tratamento de semente e via foliar.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja, após armazenamento, produzidas a partir do uso do micronutriente boro via tratamento de semente e via foliar.

2.2 Específicos

Identificar se a qualidade fisiológica das sementes de soja após o armazenamento é influenciada pela aplicação de boro via foliar;

Verificar se a qualidade fisiológica das sementes de soja após o armazenamento é influenciada pela aplicação de boro via tratamento de sementes;

Determinar o tempo de armazenamento que proporciona a melhor qualidade fisiológica de sementes produzidas com uso de boro.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A cultura da soja

O gênero *Glycine* pertence à família Fabaceae. Dentro deste gênero ganha destaque a espécie cultivada, *Glycine max* (L.) Merrill, pelo seu grande valor econômico e nutricional (FERRARI; PAZ; SILVA, 2015). É uma planta de metabolismo C3, caracterizada morfológicamente por apresentar folhas alternadas, pecioladas e longas, compostas de três folíolos, ficando amareladas ao longo do ciclo da cultura. O caule é do tipo herbáceo, variando de 80 a 150 cm de altura. Seu sistema radicular é pivotante, apresentando uma raiz principal bem desenvolvida, e raízes de absorção, que possuem nódulos e associação de bactérias que auxiliam na fixação do nitrogênio da atmosfera vivendo em simbiose com as raízes da soja. (MENESES, 2017).

A soja, como é conhecida atualmente, é muito diferente da planta ancestral, originária da costa leste da China, com crescimento rasteiro (MENESES, 2017). As características da soja cultivada são resultados de anos de evolução, e segundo Qiu e Chang (2010), ao longo dos anos houve seleção das plantas de acordo com as características mais desejadas. Hoje são modificadas por cientistas por meio do melhoramento genético, o que vem permitindo a expansão crescente da cultura por todo o mundo (EMPRAPA, 2016).

A cultura da soja chegou no Brasil, por volta de 1882 no estado da Bahia. Mais tarde, no ano de 1892, foi levada pelos imigrantes japoneses para o estado de São Paulo, e em 1900, chegou na região Sul do país sendo cultivada principalmente no estado do Rio Grande do Sul, onde apresentou grande potencial (MENESES, 2017).

A soja é um dos grãos mais produzidos no mundo, sua grande importância está relacionada, segundo Câmara (2015), ao elevado teor de proteína e valor biológico, sendo componente fundamental na fabricação de ração animal e na alimentação humana.

Devido a sua ampla utilização, a soja é um dos grãos mais produzidos no mundo. Segundo dados da USDA (2021) a safra 2020/2021 atingiu uma produção

mundial de 362,947 milhões de toneladas, com 127,842 milhões de hectares de área plantada. O Brasil atingiu o posto de maior produtor mundial, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, CONAB (2021), com uma produção de 135,912 milhões de toneladas, sendo o estado do Paraná responsável por 19,830 milhões de toneladas com 5,590 milhões de hectares de área plantada. Dentre os municípios produtores de soja no estado do Paraná, Pato Branco atingiu produção de 1,223 milhões de toneladas de grão em 328.080 ha, com produtividade média de 3.730 kg/ha (SEAB, 2022).

3.2 Qualidade de semente

A soja é uma espécie de grande importância comercial para o Brasil, sendo cultivada em todas as regiões brasileiras em grande diversidade de condições edafoclimáticas (TALAMINI; CARVALHO; OLIVEIRA, 2012). Sabendo que esta cultura é propagada exclusivamente por sementes, o bom desempenho produtivo depende da qualidade do material utilizado. França-Neto *et al.* (2016) ressaltam que o sucesso de uma lavoura depende de diversos fatores, porém a utilização de sementes de elevada qualidade, que geram plantas de alto vigor, é o principal deles.

A qualidade da semente de soja depende da sua qualidade fisiológica, na qual expressa altos níveis de vigor e germinação; da qualidade genética, ou seja, uma semente pura; da qualidade sanitária, livre de patógenos e de sementes de plantas daninhas; e, da qualidade física, ausente de impurezas (FRANÇA-NETO *et al.*, 2016). Krzyzanowski; França-Neto e Henning (2018) afirmam que tais fatores tornam a semente diferente de um simples grão, além de responderem pelo desempenho da semente no campo, resultando no bom estabelecimento da população de plantas e, conseqüentemente, altos níveis de produtividade.

Os quatro fatores que compõem a qualidade de uma semente tem importância equivalente, Marcos-Filho (2013) afirma porém, que a qualidade fisiológica tem recebido maior atenção da pesquisa, possivelmente por este fator ser responsável pelo estabelecimento inicial do estande, relacionado diretamente com a obtenção de alta produtividade e a avaliação do desempenho inicial das sementes adquiridas.

O potencial fisiológico de uma semente determina a sua capacidade em gerar uma planta normal, por meio da sua germinação e vigor. O vigor de uma semente expressa um conjunto de atributos que dão a semente o potencial para germinar, mesmo em condições de estresse. Desta forma, sementes de baixo vigor, podem ocasionar redução na porcentagem e velocidade de emergência de plântulas, além do menor tamanho inicial (DIAS; MONDO; CICERO, 2010).

Diversos fatores podem afetar a qualidade da semente de soja, podendo ocorrer durante a fase em que a semente está no campo, durante a colheita, na secagem, no beneficiamento, no transporte e no armazenamento (FRANÇA-NETO *et al.*, 2016). Tais processos estão associados a fatores climáticos, como temperatura, luminosidade e umidade, que acarretam mudanças bioquímicas e fisiológicas, alterando a viabilidade da semente (BARBOSA, 2017).

Desta forma, sabendo que as sementes de soja podem permanecer armazenadas por um longo período e em diferentes condições, o armazenamento constitui uma etapa fundamental para a manutenção da qualidade da semente obtida no campo, buscando, nesta fase, a redução da velocidade de deterioração (ROCHA *et al.*, 2014).

3.3 Armazenamento de semente

A cultura da soja é amplamente distribuída no Brasil, e na maioria das lavouras é altamente tecnificada, porém, segundo Schons *et al.* (2017) há muitas perdas qualitativas e quantitativas no processo de pós-colheita durante o armazenamento desta cultura. As perdas econômicas são oriundas da deterioração de sementes, iniciadas no processo da colheita, em condições de elevadas temperaturas e umidades relativas que prevalecem no período de maturação e do armazenamento das sementes (COSTA, 2012).

O ponto de maturidade fisiológica culmina com a melhor qualidade da semente. A partir desse momento, o vigor e o poder germinativo declinam em intensidade variável, dependendo das condições em que as sementes são expostas, ou seja, iniciando a deterioração o que poderá resultar na morte das sementes

(FRANCO *et al.*, 2016). O processo de deterioração pode ser entendido como a soma de todas as alterações químicas, bioquímicas, físicas e fisiológicas que ocorrem na semente, levando a perda de viabilidade (BENEDITO *et al.*, 2011).

A perda da viabilidade das sementes está diretamente ligada às alterações na atividade respiratória, acúmulo de substâncias tóxicas, danos a integridade do DNA e à perda gradativa da qualidade do sistema de membranas, ocasionando a liberação de solutos celulares, fundamentais para o funcionamento da célula (MARCOS FILHO, 2005). Além disso, o autor salienta que sementes com baixa viabilidade perdem a eficiência na síntese de RNA e as lesões ao DNA aumentam as chances de falhas no processo de transcrição. Estes danos são mais comuns em sementes úmidas, submetidas a maior tempo de armazenamento, gerando perda de viabilidade das sementes.

As condições do ambiente de armazenamento são capazes de conservar a qualidade da semente por um longo tempo. Os fatores abióticos relacionados com a deterioração ou preservação do material são o teor de água da semente, umidade relativa do ambiente e a temperatura de armazenamento (REGINATO, 2014). Franco *et al.* (2016) salientam a importância do ambiente de armazenamento ser seco e frio, dentro de certos limites biológicos, uma vez que, aumentam a viabilidade e a longevidade das sementes. Além disso, a umidade presente no ambiente pode provocar a atividade do embrião, resultando na respiração da semente, que aliada as dos demais organismos vivos presentes, provoca um aumento da temperatura, reduzindo a qualidade das sementes.

A conservação das sementes pode ser feita com armazenagem em locais onde as condições climáticas são favoráveis, na qual os custos são menores, realizando-se a secagem; mantendo as sementes em material adequado e protegidas das variações ambientais. Outra forma de manter a qualidade da semente no período pós-colheita é o armazenamento em condições controladas, onde temperatura e umidade são constantes, havendo a preservação do material mesmo em condições adversas e por um longo período (FRANCO *et al.*, 2016). Forti *et al.* (2010) avaliando a evolução dos danos por umidade da cultivar de soja TMG113-RR durante o armazenamento, utilizando imagens de raio-X e teste de potencial fisiológico, verificaram que sementes expostas em condições de ambiente

não controlado tiveram sua qualidade fisiológica afetada drasticamente por danos de umidade, quando comparada a sementes que foram submetidas ao armazenamento com câmara seca (50% UR e 20 °C) e câmara fria (90% UR e 10 °C). Vieira *et al.* (2013) vão além, mostrando o efeito da temperatura na qualidade de sementes de soja da cultivar MG/BR-46 (Conquista), armazenadas em câmara fria a 10 °C, 45-50% UR e câmara climática a 25 °C, 60-75% UR, o autor mostra que uma vez que mantidas por 12 meses, sementes em ambiente com temperatura de 25 °C tiveram seu potencial fisiológico reduzido drasticamente, enquanto que sementes mantidas em ambiente controlado em temperatura de 10 °C tiveram seu potencial mantido.

3.4 Nutrição de plantas

As plantas retiram da natureza todos os nutrientes para a realização do seu ciclo, sendo eles os orgânicos, como o oxigênio, o carbono e o hidrogênio e os minerais (DOMINGOS, 2015). Estes, são classificados em macronutrientes e micronutrientes, de acordo com a quantidade requerida pela planta. O papel dos nutrientes é fundamental durante as fases de formação, desenvolvimento e maturação das sementes, principalmente na constituição das membranas e no acúmulo de carboidratos, proteínas e lipídios (TEIXEIRA *et al.*, 2005). A insuficiência ou o desequilíbrio dos nutrientes minerais pode resultar numa absorção deficiente ou excessiva, implicando na alteração do metabolismo, podendo acarretar distúrbios fisiológicos e mau desenvolvimento das plantas e por consequência, estas tornam-se mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças, gerando menor produtividade (SANTOS, 2016).

A soja é uma cultura muito exigente em todos os macronutrientes, desta forma devem estar em níveis suficientes para que a cultura os aproveite de forma eficiente. De acordo com Martini *et al.* (2016) os nutrientes exportados em maior quantidade pela cultura são o nitrogênio, o potássio, o fósforo e o enxofre, o autor diz ainda que a maior velocidade de absorção de macronutrientes acontece durante o florescimento e início do enchimento dos grãos.

Os micronutrientes diferem dos macronutrientes pelos teores exigidos pelas plantas, sendo igualmente essenciais para o crescimento das plantas, porém, em

quantidades reduzidas. A falta de qualquer um deles pode resultar em reduções significativas de produção (TUNES, 2011). Esta redução pode ser atribuída ao fato de muitos micronutrientes atuarem como cofatores enzimáticos, participando de algum grupo protéico, coenzima, ativadores metabólicos ou fazendo parte da estrutura celular, compondo parte de moléculas (DOMINGOS *et al.*, 2015). Apesar da importância desempenhada pelos micronutrientes, muitos estudos em diferentes regiões do Brasil tem demonstrado deficiência grave de muitos elementos no solo, inclusive em regiões onde os micronutrientes não apresentam problemas, como na região Sul. Entre os elementos que apresentam maior frequência de deficiência estão o molibdênio, o cobalto, o cobre, o manganês, o zinco e o boro (SFREDO; OLIVEIRA, 2010).

3.5 Boro

O boro é um micronutriente, responsável por participar de vários processos do metabolismo vegetal, exercendo importante papel na composição da parede celular e na integridade da membrana plasmática, bem como na divisão celular, na alongação celular, no metabolismo e transporte de carboidratos, na organização e funcionamento das membranas, na germinação de grãos de pólen e no crescimento do tubo polínico (MANTOVANI; CALONEGO; FOLONI, 2013). A deficiência de boro na planta poderá ocasionar desenvolvimento anormal e má formação do embrião. Ocorre também alterações no sistema radicular e nas folhas, apresentando engrossamento e/ou enrugamento, clorose internerval, as pontas podem ficar enroladas para baixo, internódios mais curtos e em casos mais graves os pontos de crescimento podem morrer. Além disso, a floração pode ser retardada, na qual a polinização pode não ocorrer, gerando problemas na formação das vagens e grãos (SANTOS, 2016).

A soja é uma das culturas anuais mais exigentes em boro, sendo muito comum a sua deficiência, devido ao seu baixo teor nos solos brasileiros. Além disso, essa deficiência torna-se mais evidente no período reprodutivo, uma vez que é nesta fase que há a maior exigência da cultura, devido a esse micronutriente participar ativamente no processo de fertilização (RAIMUNDI; MOREIRA; TURRI, 2013). Desta

forma, muito se tem estudado sobre a melhor forma e época de aplicação de boro em soja. Com isso, sabe-se que o fornecimento de micronutrientes pode ser feito diretamente no solo, através de adubos; na planta, por meio de adubação foliar; ou ainda, pelo tratamento de sementes (MALAVOLTA, 2006). Porém, a baixa mobilidade do boro nos tecidos vegetais pode constituir um grave problema à nutrição da planta (MANTOVANI; CALONEGO; FOLONI, 2013). Somando a este fator, o boro possui uma estreita faixa entre a deficiência e a toxidez na planta, na qual facilmente pode provocar problemas devido ao seu excesso, influenciando negativamente na produtividade (COMMUNAR; KEREN, 2007; LIMA *et al.*, 2007). Diante da dificuldade da correta adubação de boro nas plantas, uma alternativa para o fornecimento deste micronutriente, seria a adubação boratada na planta produtora de semente, principalmente pelo fato do boro exercer importante função na parede celular e na integridade da membrana plasmática. O que poderia ser uma alternativa viável em sementes que seriam submetidas ao armazenamento após serem colhidas, conferindo maior resistência aos danos de pós-colheita, bem como, mantendo a qualidade fisiológica das mesmas.

Muitos autores evidenciam a escassez de estudos relacionados a adubação e nutrição das plantas com a qualidade fisiológica das semente. Abrantes *et al.* (2015) avaliando a qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistema de manejo de solo e adubação foliar com boro, dizem que estes estudos são raros e contrastantes. Como os obtidos por Ohse *et al.* (2001) em que houve redução da germinação e do vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. No entanto Kappes *et al.* (2008) observando o efeito de boro sobre as características agronômicas e na qualidade de sementes de soja e Leite *et al.* (2011) no rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro em cinco épocas diferentes (na semeadura; no perfilhamento; na diferenciação do primórdio floral; no emborrachamento e na floração plena), observaram que a sua qualidade não sofreu influência pela aplicação de boro. Bonacin *et al.* (2008) concluíram também, em sementes de girassol, que estas não sofreram alterações morfológicas quando aplicado diferentes doses desse micronutriente. Em sementes de feijão, Silva *et al.* (2007) verificaram acréscimo no

vigor quando houve aplicação de boro na época do florescimento do feijoeiro da seca.

3.6 Formas de aplicação do boro na cultura da soja

A adubação com micronutrientes em grandes culturas, como a soja, vem ganhando destaque na agricultura brasileira, devido principalmente ao aumento da produtividade e conseqüente remoção de muitos nutrientes do solo, acarretando em deficiências. A disponibilidade do boro nos solos brasileiros depende de diversos fatores, como o material de origem, formação do solo, que determinam a capacidade de retenção de água, aeração e temperatura. Solos arenosos com alta pluviosidade e baixos teores de matéria orgânica e pH fora da faixa de 5,0 a 7,0 tem maiores predisposições a deficiência (HENSEL; OLIVEIRA, 2016). Diante disso, formas alternativas de disponibilizar os micronutrientes estão sendo utilizados na soja, como via tratamento de semente e via foliar.

O tratamento de sementes com micronutrientes visa fornecer doses adequadas para as plantas, suprimindo suas necessidades nos estádios iniciais da cultura, principalmente em condições de níveis insuficientes no solo (FAROOQ; WASHIDA; SIDDIQUE, 2012). O aproveitamento do micronutriente pela planta via tratamento de semente pode ser maior, visto que há uma maior aproximação da zona de absorção da raiz, quando comparado via solo ou foliar (SILVA, 2015). Micronutrientes como Co e Mo são amplamente utilizados no tratamento de semente na cultura da soja, principalmente pelas baixas doses recomendadas (SFREDO, 2010). No entanto, a utilização de micronutrientes nas sementes poderá ter ação bactericida para *Bradyrhizobium*, reduzindo a nodulação da cultura (SILVA *et al.*, 2011).

A adubação foliar com micronutrientes traz algumas vantagens, como as doses menores do que as fornecidas via solo, distribuições uniformes, a resposta da cultura é imediata e as deficiências podem ser corrigidas dentro do ciclo, além de fornecer o nutriente na fase em que a cultura mais demanda (CALONEGO *et al.*, 2010). Não há um consenso quanto a melhor época e forma de aplicação do boro na soja, no entanto muitos estudos vem mostrando efeito positivo quando aplicado

diretamente na flor, reduzindo abortamento e aumentando a chance de se tornar uma vagem (BEVILAQUA *et al.*, 2002). Os mesmos autores testando diferentes épocas de aplicação de cálcio e boro na cultivar de soja BR 16, observaram que a aplicação desses nutrientes em pleno florescimento (80% com antese floral) aumentaram o número de vagens por planta, de grãos por vagem e o peso de sementes por planta. Já Souza *et al.* (2008) avaliaram a aplicação de fertilizante foliar a base de cálcio e boro na soja e constataram que o peso de mil sementes foi superior quando a aplicação ocorreu no estágio R3 (vagens com 3 a 5 mm).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Instalação, condução, colheita e armazenamento

O presente estudo foi instalado no mês de setembro de 2019, na área experimental da Cooperativa Agropecuária Tradição – COOPERTRADIÇÃO, localizada no município de Pato Branco -PR, cujas coordenadas geográficas são 26° 10' 21,718''S e 52° 42' 1,811''O. O clima do local é do tipo Cfb, com a presença de latossolo vermelho com textura argilosa e bioma Mata Atlântica. A análise física e química do solo deste local, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise química e física do solo da área experimental da Cooperativa Agrícola Tradição –Coopertradição, localizada no município de Pato Branco, Paraná. UTFPR, Pato Branco –PR, 2022

Prof (cm)	pH		MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	
	CaCl ₂	H ₂ O	g dm ⁻³	Mehlich I				Cmol _c dm ⁻³				%	
0-10	5,3	5,9	45,7	25,4	0,79	9,05	2,18	0,15	5,31	12,02	17,33	69,5	
10-20	4,7	5,4	45,4	14,7	0,43	6,37	1,73	0,22	7,93	8,53	16,46	52,0	
20-40	4,3	5,2	43,7	2,2	0,26	3,35	1,22	0,43	10,7	5,34	14,90	32,6	
Prof (cm)	S	Zn	B	Cu	Mn	Fe	Relação Ca/Mg	K	Ca	Mg	H	Al	Argila %
			mg dm ⁻³						% da CTC				
0-10	6,9	8,1	0,78	6,9	22,8	94,5	7,41	4,56	52,2	12,6	29,8	0,0	80
10-20	11,4	5,1	0,57	4,7	18,7	110	3,68	2,62	38,7	10,5	46,8	0,0	80
20-40	8,9	2,6	0,30	3,7	6,6	114	2,74	1,74	22,4	8,2	64,7	0,0	-

Fonte: elaborado pelo autor (2022)

A cultivar utilizada foi a NA 5909 RG, no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos, conforme descrito na tabela 2, totalizando 16 unidades experimentais. Para aplicação via tratamento de sementes e aplicação via foliar foi utilizado o produto comercial Ager boro® se apresentando na forma de um complexo orgânico (B-Etanolamina com 10% boro).

Tabela 2 – Tratamentos utilizados em um experimento com o objetivo de avaliar se a aplicação do micronutriente boro via foliar e tratamento de sementes garante manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja após o armazenamento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Tratamento	Descrição
1	Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar
2	Com tratamento de sementes boro + sem aplicação foliar de boro
3	Sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro
4	Com tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro

Fonte: Autoria própria (2022)

Inicialmente as sementes foram tratadas com Standak Top[®], na dose de 2 ml kg⁻¹ de semente. Após a secagem em temperatura, as sementes dos tratamentos 2 (Com tratamento de sementes boro + sem aplicação foliar de boro) e 4 (Com tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro) foram tratadas com o produto comercial Ager Boro[®] [10% boro (H₃BO₃) + 10% N] na dose de 46 mL por 100 kg⁻¹ de sementes. O tratamento foi realizado utilizando sacos de polietileno, nos quais as sementes foram acondicionadas e em seguida adicionou-se o micronutriente com volume de calda de 8 ml kg⁻¹ de sementes. A mistura foi agitada até a completa homogeneização.

O plantio foi realizado no dia 27 de setembro de 2019. As parcelas experimentais possuíam 5,0 m de comprimento e 2,5 m de largura, sendo 0,5 m de cada lateral destinados a bordadura, a área útil de cada parcela totalizou 7,5 m². Utilizou-se espaçamento de 0,5 m entrelinhas e 12 sementes por metro, com população final de 240 mil plantas por hectare. A semeadura foi realizada com semeadora adubadora manual, do tipo catraca. A adubação foi de 312,5 kg ha⁻¹ de NPK (06-16-16) no momento da semeadura.

Os tratos culturais adotados foram os indicados para a cultura. No entanto, quando as plantas atingiram o estágio fenológico R1, para as parcelas com tratamento foliar de boro, foi realizada a aplicação deste micronutriente, utilizando o produto comercial Ager boro[®] na dose de 80 mL ha⁻¹ e volume de calda de 100 L ha⁻¹. A aplicação foi realizada com o auxílio de um pulverizador costal, com capacidade de 20 litros, contendo uma barra com bico do tipo leque.

Durante o ciclo da cultura foi realizado algumas intervenções visando o controle de plantas daninhas, pragas e doenças. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio da capina e arranque manual. Para o controle de pragas realizou-se a aplicação de 200 mL ha⁻¹ p.c. de cipermetrina + 300 mL ha⁻¹ p.c. de imidacloprido + beta-ciflutrina no início do desenvolvimento da cultura. Já para o controle de doenças realizou-se duas aplicações, sendo uma em V8 e outra em R2, de 400 mL ha⁻¹ p.c. de trifloxistrobina + 50 mL p.c. 100 L⁻¹ de calda de protioconazol.

A colheita foi realizada no dia três de março de 2020, quando as sementes apresentavam aproximadamente 13% de umidade. Descartaram-se as plantas da bordadura e as plantas centrais foram arrancadas manualmente e debulhadas com o auxílio de um batedor mecanizado.

Após a colheita as sementes foram acondicionadas em ambiente não controlado, expostas a condições de temperatura e umidade variáveis, onde a temperatura máxima registrada foi de 35,2 °C e mínima de 0,7 °C e umidade relativa do ar variando de 99% a 46% (IAPAR, 2020). As sementes foram submetidas a quatro diferentes tempos de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias). No tempo zero, as sementes foram colhidas, e imediatamente após foi realizada todas as análises propostas.

4.2 Análises laboratoriais

Os testes foram conduzidos no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, entre os meses de janeiro e setembro de 2020, em delineamento inteiramente casualizado.

Para o teste de germinação (GERM) foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes acondicionadas em rolos de papel germitest umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidas em germinador do tipo Mangelsdorf por oito dias à 25 °C. As avaliações foram realizadas pela contagem de plântulas normais aos cinco e oito dias após semeadura, seguindo os critérios determinados pelas Regras para Análise de Sementes, com resultado expresso em porcentagem (BRASIL, 2009).

O envelhecimento acelerado (EA) foi realizado com 200 sementes, na qual foram acondicionadas sobre tela em caixas do tipo gerbox, com 40 mL de água e mantidas em câmara de envelhecimento por 48 horas a 41 °C. Em seguida, as sementes foram mantidas nas mesmas condições descritas no teste de germinação, realizando a contagem após cinco dias (MARCOS FILHO, 1999). Avaliou-se plântulas normais, anormais e sementes mortas, conforme os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes, com resultado expresso em porcentagem (BRASIL, 2009).

O teste de condutividade elétrica (CE) tem por objetivo determinar o vigor de sementes e a integridade das membranas celulares. Desta forma, foram realizadas quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, em seguida pesadas com precisão de 0,01 g, colocadas em copos plásticos contendo 75 ml de água destilada e mantidas à temperatura de 25 °C por 24 horas. Após este período, realizou-se a leitura da condutividade elétrica em condutímetro digital, onde os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (MARCOS FILHO, CÍCERO; SILVA, 1987).

Para a determinação do peso de mil sementes (PMS) utilizou-se oito subamostras de 100 sementes para cada tratamento, em seguida foram pesadas individualmente em balança de precisão (0,001 g), com o coeficiente de variação dentro do tolerável (4%). Os resultados dos valores médios são expressos em gramas, conforme recomendação de Brasil (2009).

4.3 Análises estatísticas

Inicialmente foi verificado o atendimento aos pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variância, através dos testes de Lilliefors e Bartlett, ambos com nível de 5% de probabilidade de erro. Os dados de envelhecimento acelerado (EA) foram transformados através da fórmula $x^2 + k$.

Em seguida, foi efetuada a análise de variância, em esquema bifatorial 4 x 4 (Tratamentos de semente/foliar x tempo de armazenamento) no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições para as variáveis germinação (GERM) e envelhecimento acelerado (EA).

Para o estudo da interação entre os fatores entre os tratamento de sementes e os tempos de armazenamento ajustou-se equações de regressão dos tempos em cada um dos tratamentos de sementes estudados. Para avaliar o efeito dos fatores principais tratamento de sementes e tempos foi utilizado o teste de Duncan ($\alpha=5\%$) e regressão polinomial, respectivamente. A análise dos dados foi realizada com a utilização do programa Genes (CRUZ, 2013).

Tabela 3 – Tratamentos utilizados para a realização do teste não paramétrico em um experimento com o objetivo de avaliar se a aplicação do micronutriente boro via foliar e tratamento de sementes garante manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja após o armazenamento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Tratamento	Descrição
1	Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar + 0 dia de armazenamento
2	Sem trat. de sementes + sem aplicação foliar + 60 dias de armazenamento
3	Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar + 120 dias de armazenamento
4	Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar no tempo + 180 dias de armazenamento
5	Com tratamento de sementes boro + sem aplicação foliar de boro+ 0 dia de armazenamento
6	Com tratamento de sementes boro + sem aplicação foliar de boro+ 60 dias de armazenamento
7	Com tratamento de sementes boro + sem aplicação foliar de boro+ 120 dias de armazenamento
8	Com tratamento de sementes boro + sem aplicação foliar de boro+ 180 dias de armazenamento
9	Sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro + 0 dia de armazenamento
10	Sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro + 60 dias de armazenamento
11	Sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro + 120 dias de armazenamento
12	Sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro + 180 dias de armazenamento
13	Com tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro + 0 dia de armazenamento
14	Com tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro + 60 dias de armazenamento
15	Com tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro + 120 dias de armazenamento
16	Com tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro + 180 dias de armazenamento

Fonte: Autoria própria (2022)

Para as variáveis condutividade elétrica (CE) e peso de mil sementes (PMS), não foi possível obter normalidade dos erros mesmo transformando os dados. Desta forma utilizou-se teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido do teste de comparação múltipla de médias de Simes-Hochberg, em nível de 5% de probabilidade de erro. As combinações entre os quatro fatores qualitativos e quatro fatores quantitativos estão descritos na tabela 3.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A variável germinação apresenta resultados significativos em nível de 5% de probabilidade de erro (Tabela 4) tanto para os fatores isolados, como para a interação entre os fatores (tempo de armazenamento e tratamentos com boro), ou seja, o processo de germinação de sementes de soja, é afetado pela forma de aplicação do micronutriente boro e também, pelo período em que estas permanecem armazenadas após a colheita.

A variável EA não apresentou resultados significativos (5% de probabilidade de erro) em relação a interação entre os fatores, logo a aplicação de boro não interfere no EA ao longo do tempo de armazenamento. No entanto, quando analisa-se os fatores isoladamente, é possível observar que tanto os tratamentos com boro, como os diferentes períodos de armazenamento das sementes, são capazes de interferir no EA.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para as variáveis germinação (GERM – %) e envelhecimento acelerado (EA – %). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Causas da variação	GL	Quadrados médios	
		GERM (%)	EA (%)
Tempo de armazenamento	3	150,06*	2826,40*
Tratamento boro (semente/foliar)	3	756,97*	4426,90*
Tempo x Tratamento	9	46,90*	538,59 ^{ns}
Resíduos	48	12,13*	313,75
Média geral	–	70,23	59,91 ¹
CV (%)	–	4,96	16,11

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns} Não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

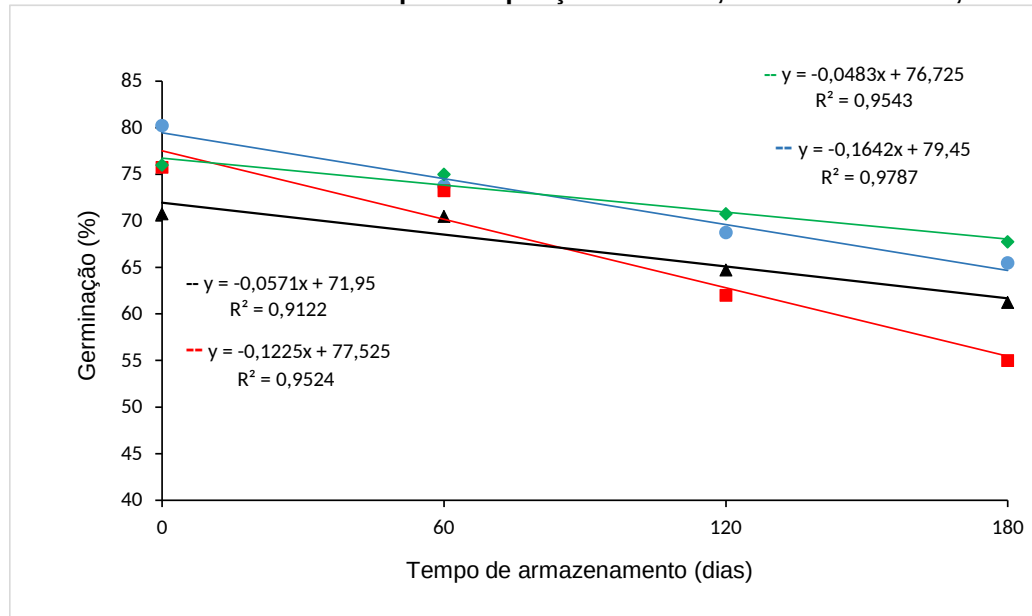
¹Média dos dados não transformados.

Fonte: Autoria própria (2022)

Na figura 1 encontra-se os resultados para a variável GERM (%), onde cada curva indica um tratamento com boro nos quatro tempos de armazenamento. O

maior percentual de GERM (80,1%) foi observado na testemunha (T1), no qual não se realizou nenhum tipo de aplicação de boro. Os demais tratamentos no tempo zero de armazenamento não apresentaram o valor mínimo de 80% de germinação, como é o exigido para a comercialização de sementes de soja no Brasil segundo a Instrução Normativa número 45, de 17 de setembro de 2013 (MAPA, 2013).

Figura 1 – Germinação (GERM – %) de sementes de soja submetidas a quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022



Fonte: Autoria própria (2022)

Os tratamentos T1 e T2 expressaram comportamento linear decrescente, desta forma, observou-se que com o passar do tempo as sementes tiveram seu potencial germinativo reduzido. O percentual de germinação obtido no tempo zero para T1 foi de 80,25%, já com 60 dias de armazenamento esse valor foi reduzido para 73,75%, chegando ao final do período de armazenamento (180 dias) com 65,50% das sementes formando plântulas normais. O mesmo comportamento foi observado em T2, onde o tempo zero foi o que apresentou o maior percentual de germinação, com valor de 75,75%. Após 60 dias de armazenamento não foi

observado grandes perdas do potencial germinativo, porém aos 180 dias de armazenamento obteve-se um valor de 55%, o menor valor observado quando comparado aos demais tratamentos para essa variável.

É importante salientar que as sementes, por se tratarem de seres vivos, sofrem deterioração ao longo do período de armazenamento, o que acarreta em perda de germinação e vigor. Toledo *et al.* (2009) observaram que a redução da qualidade fisiológica de sementes é traduzida pelo decréscimo na porcentagem de germinação e vigor e aumento de plântulas anormais. Além disso a qualidade da semente apenas se mantém após a colheita, e quando exposta sob condições adversas, como um longo período de armazenamento, tal qualidade é afetada. Desta forma fica visível, na figura 1, a redução dos teores de germinação das sementes para todos os tratamentos ao longo do tempo. Santos *et al.* (2005) avaliaram alterações fisiológicas em sementes de feijoeiro sob cinco épocas distintas de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses), com condições ambientais não controladas e também observaram decréscimo nos valores de germinação.

O mesmo comportamento linear decrescente foi observado em T3 e T4, com percentuais de germinação de 70,75% e 76%, respectivamente, no tempo zero. Ao final dos 180 dias de armazenamento T3 apresentou 61,25% e T4 67,75%, indicando que não houve perdas drásticas de germinação para ambos os tratamentos. Resende (2020) estudando o efeito do boro em sementes de feijão-mungo em diferentes épocas de armazenamento, observou um aumento linear de 10% de germinação no sexto mês de armazenamento em relação ao controle, indo de acordo com o apresentado, uma vez que T4 após 60, 120 e 180 dias de armazenamento demonstrou maiores porcentagens de germinação quando comparado ao demais tratamentos, inclusive a testemunha na qual apresentou o maior teor de germinação no tempo 0 de armazenamento

Esses resultados divergem dos resultados apresentados por Reis *et al.* (2008) e Lima *et al.* (2013) que avaliaram o efeito do boro em diferentes doses na cultura do feijão, e concluíram que as aplicações não afetaram a germinação, no entanto o índice de plântulas normais foi superior a 85%, o que pode indicar um efeito positivo do micronutriente na qualidade fisiológica das sementes. A interação entre os tratamentos com boro e as diferentes épocas de armazenamento podem

indicar que esse micronutriente ajuda na manutenção da qualidade fisiológica das sementes por mais tempo ou menor redução dessa qualidade. Tal fato se deve ao boro ser responsável pela síntese da membrana celular e sua deficiência gerar plantas com paredes celulares menos resistentes, logo as sementes se tornam mais suscetíveis a degradação (MARSCHNER, 1995).

Avaliou-se o efeito dos tratamentos com boro isoladamente para a variável GERM(%), realizando teste de média (Tabela 5). A partir dos resultados obtidos observou-se que o melhor tratamento para a variável em questão foi T2, com germinação de 76,31%, não se diferenciando estatisticamente da testemunha (75,69%), indicando que a utilização de boro gera pouco ou nenhum efeito sobre a germinação em relação as sementes que não receberam o micronutriente. O tratamento T3 apresentou a menor porcentagem de germinação, com valor de 62,37%.

Tabela 5 – Germinação (GERM – %) de sementes de soja submetidas a quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Tratamentos	Médias
Com tratamento de sementes B + sem aplicação foliar de B	76,31 a
Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar	75,69 a
Sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	66,56 b
Com tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	62,37 c

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Duncan.

Fonte: Autoria própria (2022)

O vigor das sementes expresso pela variável EA não apresentou interação entre tratamento com boro e tempo de armazenamento, no entanto quando analisado os fatores isoladamente é possível verificar que há diferença significativa, em nível de 5% de probabilidade de erro. Dessa forma, realizou-se teste de média para o fator qualitativo (boro via tratamento de semente e boro via foliar) na qual verificou-se que o melhor tratamento foi obtido através da testemunha com EA de

66,37%, como mostra a tabela 6. Já a menor média para EA foi obtida através do boro via tratamento de semente sem aplicação foliar, com valor de 53,81%.

Tabela 6 – Envelhecimento acelerado (EA – %) de sementes de soja submetidas a quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Tratamentos	Médias
Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar	66,37 a
Com tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	60,62 ab
Sem tratamento de sementes B + com aplicação foliar de B	58,81 b
Com tratamento de sementes B + sem aplicação foliar de B	53,81 c

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Duncan.

Médias dos dados não transformados.

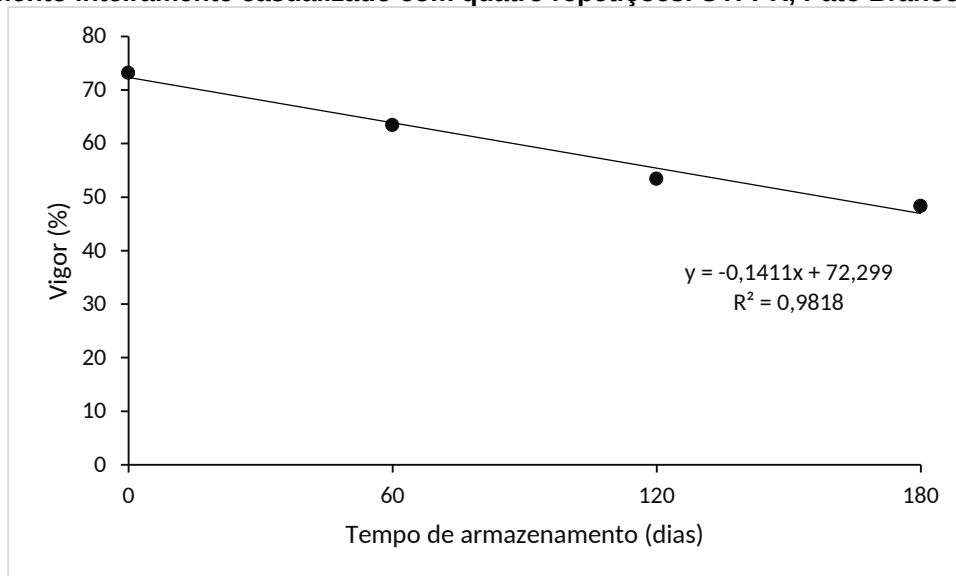
Fonte: Autoria própria (2022)

Estudos com boro foram realizados em diversas culturas e os resultados são contraditórios quanto a influência desse micronutriente na qualidade fisiológica de sementes. Leite *et al.* (2011) não verificaram influência da aplicação foliar de boro na qualidade de sementes de arroz. Bevilaqua *et al.* (2002) também não verificaram melhoria na qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas com o uso de Ca e B. Já Oliveira *et al.* (2010) observaram efeito negativo do uso do boro na germinação e no vigor de sementes de mamona. Indo contramão a esses resultados, Farinelli *et al.* (2006) e Silva *et al.* (2006) relataram aumento do vigor de sementes de feijão quando houve aplicação do boro via foliar.

Para o fator quantitativo, tempos de armazenamento, a variável EA expressou comportamento linear negativo, como mostra a figura 2. Tal comportamento indica que com o aumento do tempo de armazenamento as sementes apresentaram redução do vigor. No tempo zero de armazenamento obteve-se um valor de 73,19%, após 60 dias esse valor foi reduzido a 63,48%. Ao final dos 180 dias de armazenamento as sementes expressaram vigor de 48,31%, tal valor mostra a influência negativa que o armazenamento inadequado por

períodos longos têm sobre as sementes, danificando suas estruturas, reduzindo drasticamente seu vigor.

Figura 2 – envelhecimento acelerado (EA - %) de sementes de soja submetidas a quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) em um experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022



Fonte: Autoria própria (2022)

O vigor expressado pelo envelhecimento acelerado é um teste muito criterioso, na qual expõe as sementes sob condições de estresse (elevada umidade e altas temperaturas). O armazenamento de sementes é necessário e fundamental dentro da agricultura, tal prática realizada da maneira correta ajuda a preservar a viabilidade das sementes da colheita até o próximo plantio. De acordo com Oliveira *et al.* (2015) é natural que as sementes percam vigor ao longo do tempo de armazenamento, desta forma, garantir condições de ambiente adequados, com temperaturas mais amenas e umidade e luminosidade controladas podem ajudar na manutenção da qualidade ou retardar o efeito negativo que o armazenamento tem sobre as sementes.

Na tabela 7 encontra-se o resultado do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para as variáveis CE e PMS em função do armazenamento e tratamento com boro via tratamento de semente e foliar na cultura da soja. A variável CE apresentou

diferença significativa, em nível de 5% de probabilidade de erro, indicando que, pelo menos, uma das combinações dos tratamentos distingue-se dos demais. Já o PMS não apresentou diferença significativa (5% de probabilidade de erro) entre os tratamentos, ou seja, o peso das sementes não diferiu em função do tratamento com boro via tratamento de semente ou foliar e do tempo de armazenamento.

Tabela 7– Resumo do teste de Kruskal-Wallis de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹) T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para as variáveis condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) e peso de mil sementes (PMS – g). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Teste de Kruskal-Wallis		
Informação	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	PMS (g)
Kruskal-Wallis qui-quadrado	39,38	18,60
Graus de liberdade	15	15
p-valor	0,000562*	0,232296 ^{ns}

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Kruskal-Wallis. ^{ns} Não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: A autoria própria (2022)

Kappes *et al.* (2008) estudando doses e épocas de aplicação foliar de B nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja também não obtiveram diferença significativa para a variável peso de mil sementes, isso possivelmente se deve pelo peso das sementes ser uma característica determinada geneticamente (PANDEY; TORRIE, 1973). No entanto, Resende (2020) encontrou diferença significativa para o peso de mil sementes de feijão-mungo, onde no tempo zero de armazenamento o aumento foi linear, ou seja, quanto maior a dose de boro maior o PMS.

A determinação do vigor obtida pelo teste de condutividade elétrica consiste na obtenção de solutos lixiviados na solução (sementes de soja e água deionizada). CE está diretamente ligado com a integridade das membranas das sementes, uma vez que membranas mal estruturadas ou danificadas tendem a perder mais

lixiviados para a solução, logo obtém-se valores maiores nas leituras do condutímetro (ASSIS; DALASTRA, 2019).

Os dados obtidos para a variável CE, através do teste de Kruskal-Wallis, podem ser verificada na tabela 8. É importante salientar que quanto menor o valor obtido na CE maior é o vigor das sementes, desta forma o tratamento que apresentou a menor média foi o T1 (testemunha no tempo zero) com valor de 8,75 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

Tabela 8– Resumo do teste de Simes-Hochberg para um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente boro, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de boro, T3 – sem tratamento de sementes boro + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes boro (0.062 g kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de boro (50 ml ha⁻¹), conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Tabela dos agrupamentos	
Tratamento	Ordens médias
T1	8,75 a
T5	13,50 ab
T9	16,00 ab
T2	17,00 abc
T3	20,25 abc
T14	27,50 abcd
T13	28,00 abcd
T15	29,75 abcd
T16	32,00 abcd
T4	38,25 abcd
T10	44,00 bcd
T11	44,25 bcd
T12	49,00 bcd
T7	50,00 cd
T8	61,25 d

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de teste de Simes-Hochberg.

Fonte: Autoria própria (2022)

Os tratamentos T5 (B no tratamento de semente + sem B foliar e armazenamento no tempo zero) e T9 (sem B no tratamento de semente + B via foliar e armazenamento no tempo zero) não apresentaram diferença quando comparados

ao melhor tratamento (T1), com valores de $13,5 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e $16 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, respectivamente. Tais resultados vão de acordo com os obtidos por Suzana et al. (2012), que estudando o efeito da aplicação de macronutrientes e micronutrientes na qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas, observaram menor lixiviação de solutos quando não houve aplicação de fertilizante foliar, e de acordo com Krzyzanowski et al. (1999), membranas íntegras liberam menos íons para o meio.

O tratamento que apresentou maior média, logo menor vigor de sementes, foi o T8 (B no tratamento de semente + sem B foliar e armazenamento de 90 dias) com valor de $61,25 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. O tratamento T6 (B no tratamento de semente + sem B foliar e armazenamento de 30 dias) apresentou a segunda maior média, com valor de $50 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, não se diferenciando do T8 estatisticamente. Os demais tratamentos não apresentaram diferença quando comparados ao melhor e ao pior tratamento.

Os melhores resultados foram obtidos no tempo zero de armazenamento, independentemente se houve ou não o uso do micronutriente boro. As sementes utilizadas para o presente estudo foram armazenadas em ambiente não controlado, com umidade relativa e temperatura variando ao longo do tempo, o que pode justificar o aumento da condutividade elétrica com o aumento do tempo de armazenamento. Tais resultados corroboram com os obtidos por Araújo (2014) na qual testou diferentes condições e tempos de armazenamento para duas cultivares de soja GB 874RR e TMG 132RR e observou que sob condições de estresse e condições de ambiente natural houve uma tendência crescente para os valores de condutividade elétrica.

6 CONCLUSÕES

O efeito do boro, tanto via tratamento de semente quanto via foliar, não aumenta a qualidade fisiológica das sementes de soja da cultivar NA 5909 RG, avaliada através de GERM, EA e CE, ao longo do período de armazenamento.

A germinação das sementes foi reduzida ao longo do tempo de armazenamento, para todos os tratamentos.

O vigor das sementes, expressado através do EA, é reduzido drasticamente ao longo do período de armazenamento;

O tempo de armazenamento em que as sementes, produzidas com uso de boro, apresentaram melhor qualidade fisiológica foi o tempo zero.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que o tempo de armazenamento tem interferência na qualidade fisiológica das sementes, independentemente se houve ou não a utilização do boro, reduzindo drasticamente seu vigor, germinação e condutividade elétrica ao longo do tempo. Sabendo que o armazenamento de sementes é uma prática fundamental dentro da agricultura, garantindo a matéria-prima do momento que é retirada do campo até o próximo plantio. Desta forma, fornecer condições adequadas de armazenamento, com umidade e temperatura controlada, são práticas que auxiliam na manutenção da qualidade fisiológica das sementes.

O boro pode auxiliar na manutenção dos índices de germinação ao longo do período de armazenamento. O tratamento que recebeu o micronutriente via tratamento de semente e via foliar teve sua germinação reduzido de forma menos drástica quando comparado aos demais tratamentos, indicando que o boro pode auxiliar na manutenção da qualidade fisiológica, porém não garante aumento de germinação.

O PMS não foi afetado nem pelo tempo de armazenamento nem pela utilização de boro. A partir dos resultados, sugere-se novas avaliações com outras fontes, doses e épocas de aplicação do micronutriente boro, a fim de que sua utilização seja mais eficiente.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, F.; *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo de solo e adubação foliar com boro. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 24, n. 2, p. 167-180, 2015.
- ARAÚJO, E. O.; SILVA, M. A. C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 720-727, 2012.
- ARAUJO, M. M. V. **Indicadores de qualidade em grãos de soja submetidos a diferentes condições de armazenamento**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.
- ASSIS, A. A.; DALASTRA, I. M. Teste de condutividade elétrica para determinação de vigor de sementes de trigo. **Revista Cultivando Saber**, v. 12, n. 4, p. 40-48, 2019.
- AVELAR, S. A. G.; *et al.* Armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida, inseticida e micronutriente e recobertas com polímeros líquido e em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1719-1725, 2011.
- BARBOSA, R. G. **Tratamento químico de sementes de soja: reflexos no desenvolvimento inicial de plantas**. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.
- BENEDITO, C. P.; *et al.* Armazenamento de sementes de Catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.) em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 028-037. 2011.
- 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.
- BONACIN G. A.; *et al.* Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 111–116, 2008.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, p. 395, 2009.
- CALONEGO, J. C.; *et al.* Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n. 2, p. 20-26, 2010.
- CÂMARA, G. M. S. **Introdução ao Agronegócio Soja**. Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, 2015.
- COMMUNAR, G.; KEREN, R. Rate limited B transport in soils: The effect of soil texture and solution pH. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 882-892, 2006.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Grãos: 2021/2022**. Brasília, 2021. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/21709_4d6f8550138ed0. Acesso em: 18 abr. 2022.

COSTA, C. J. **Deterioração e armazenamento de sementes de hortaliças**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2012.

CRUZ, C. D. GENES: software para análise de dados em estatística experimental e em genética quantitativa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DALL'AGNOL, F.; *et al.* **Efeito de doses e épocas de aplicação foliar de boro no desempenho agrônômico da cultura de soja**. SIEPE, 2017.

DIAS, M. A. N.; MONDO, V. H. V., CICERO, S. M. Vigor de sementes de milho associado à mato-competição. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 93-101, 2010.

DOMINGOS, C. S.; LIMA, L. H. S.; BRACCINI, A. L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, p. 132-40, 2015.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **História da soja**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/historia> . Acesso em: 20 abr. 2022.

FAROOQ, M.; WAHIDA, A.; SIDDIQUE, K. Micronutrient application through seed treatments – a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 12, n.1, p. 125–142, 2012.

FARINELLI, R.; *et al.* Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão adubados via foliar com cálcio e boro. **Revista Científica**, v. 34, p. 59-65, 2006.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. D. Déficit hídrico e altas temperaturas no metabolismo da soja em sementeiras antecipadas. **Nativa**, v. 3, n. 1, p. 67–77, 2015.

FRANCO, D. F.; *et al.* **Armazenamento de sementes**. Embrapa, Pelotas, 2016.

FRANÇA NETO, J. B.; *et al.* **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina, p. 82, 2016.

FORTI, V. A.; *et al.* Avaliação da evolução de danos por "umidade" e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.

GIASSON, L. A.; *et al.* Physiological quality and seed storage potential of four soybean cultivars. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021.

HANSEL, F. D.; OLIVEIRA, M. L.; **Importância dos micronutrientes para a cultura da soja no Brasil**. Informações Agronômicas, IPNI, n. 153, 2016.

JUVINO, A. N. K.; *et al.* Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.844-850, 2014.

KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 291 - 297, 2008.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Embrapa Soja. Londrina, p.24, 2018.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina, **Abrates**, p. 210. 1999.

LEITE, R. F. C.; *et al.* Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 133, n. 4, p. 785-791, 2011.

LEMES, E.; *et al.* Tratamento de sementes de soja com zinco: efeito na qualidade fisiológica e produtividade. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. 2, p. 76–86, 2017.

LIMA, J. C. P. S.; *et al.* Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v. 31, p. 73-79, 2007.

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.

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

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

MARCOS FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo ABRATES**, v.23, p.21-23, 2013.

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

MARCOS FILHO, J. Deterioração de sementes. In: Marcos Filho, J. (ed.). **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, Cap.9, p. 291-348, 2005.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Abrates, Londrina, p. 1-21, 1999.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba, p. 230, 1987.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego, Academic Press, n. 2, p. 889, 1995.

MARTINI, M. D.; *et al.* Adubação via solo e via foliar na cultura da soja. In: **Anais da X Seagro Agronomia FAG**, p. 13–14, 2016.

MENESES, A. T. de. **Emergência e crescimento inicial de soja submetido a adubação mineral e doses crescentes de biofertilizante bovino**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

OHSE, S.; *et al.* Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 7/8, n. 1, p. 41 - 50, 2001.

OLIVEIRA, J. P. M.; *et al.* Adubação fosfatada para cultivares de mamoneira no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1835 - 1839, 2010.

OLIVEIRA, L. M.; *et al.* Qualidade de sementes de feijão-caupi tratadas com produtos químicos e armazenadas em condições controladas e não controladas de temperatura e umidade. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1263-1275, 2015.

PANDEY, J. P.; TORRIE, J. H. Path Coefficient Analysis of Seed Yield Components in Soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **Crop Science**, v. 13, n. 4, p. 505-507, 1973.

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

PONTES, C. A.; *et al.* Influência da temperatura de armazenamento na qualidade das sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Sibipiruna). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 43 – 48, 2006.

QIU & CHANG. The origin and history of soybean. In: SINGH, G. **The Soybean: Botany, Production and uses**. CABI, UK. Cap. 1, p. 1-23. 2010.

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

REGINATO, M. P.; *et al.* Boas práticas de armazenagem de grãos. In: 8º ENEPE UFGD. **Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar tmg113-rr, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico**. 2014.

REIS, C. J.; *et al.* Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado. *Revista Ceres*, v. 55, n. 4, p. 258-264, 2008.

ROCHA, F. S.; *et al.* Danos causados por diferentes potenciais de inóculo de *Aspergillus ochraceus* no vigor de sementes de soja. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2895, 2014.

SANT ANA, C. R.; *et al.* Tratamento de sementes de soja durante períodos de armazenamento. *Brazilian Journal of Development*, v. 4, n. 8, p. 27722-27740, 2022.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.

SANTOS, M. de. **Adubação foliar de boro em associação com cálcio na cultura da soja em sistema de plantio direto.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Universidade Federal do Santa Catarina, Cutitibanos, 2016.

SCHONS, A.; *et al.* Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, p. 111-120, 2019.

SEAB - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, **Acompanhamento de safra**, 2022.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Soja: molibdênio e cobalto.** Embrapa Soja, Londrina, 2010.

SILVA, A. F.; *et al.* Inoculação com *bradyrhizobium* formas de aplicação de cobalto e molibdênio na cultura da soja. *Revista Agrarian*, Dourados, v. 4, n. 12, p. 98-104, 2011.

SILVA, A. T.; *et al.* Épocas e formas de aplicação de boro na soja em plantio direto. In: **Anais do Congresso de ensino, pesquisa e extensão da UEG**, Pirenópolis, v. 2, p. 20–22, 2015.

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

SINGH, M. V. Micronutrient seed treatment to nourish the crops at the critical stages of growth. *Indian Institute of Soil Science Technology Bulletin*, v. 19, n. 1, p. 1-93, 2007.

SOUZA, L.C.D.; *et al.* Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.8, n.1, p. 37-44, 2008.

TALAMINI, V.; CARVALHO, H. W.; OLIVEIRA, I. R. **Qualidade sanitária de sementes de soja de diferentes cultivares introduzidos para o cultivo em Sergipe.** EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, Aracaju, p. 16, 2012.

TEIXEIRA, I. R.; *et al.* Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. *Bragantia*, Campinas, v.64, n.1, p.83-88, 2005.

TOLEDO, M. Z.; *et al.* Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, p. 124-133, 2009.

TUNES, L. M.; *et al.* Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor de elemento nas sementes. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1141-146, 2011.

USDA, United States Department of Agriculture. **Department of Agriculture**. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br/>. Acesso em: 26 abril de 2022.

VIEIRA, B.G.T.L.; *et al.* Structural changes in soybean seed coat due to harvest time and storage. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.11, p.625-628, 2013.