

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO RAFAEL MENDONÇA DE CARVALHO

**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA: EFEITOS DO ZINCO NA
MANUTENÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA**

PATO BRANCO

2022

BRUNO RAFAEL MENDONÇA DE CARVALHO

**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA: EFEITOS DO ZINCO NA
MANUTENÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA**

**Soybean seed storage: effects of zinc on the maintenance of physiological
quality**

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 Bortoli

PATO BRANCO

2022



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

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNO RAFAEL MENDONÇA DE CARVALHO

**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA: EFEITOS DO ZINCO NA
MANUTENÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA**

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: 07/junho/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

Dedico este trabalho a Deus, fonte de
todo o conhecimento, e a minha família,
pelo amparo em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Certa vez o teólogo Martinho Lutero disse “a Deus, aos pais e aos mestres nunca se poderá agradecer e recompensar de modo suficiente” e de fato pude compreender a realidade dessas palavras na concretização dessa etapa. Assim, mesmo que insuficientes, ofereço essas palavras como forma de gratidão.

Agradeço a Deus primeiramente, meu maior Amigo, que agiu em toda minha jornada como um Pai, estando sempre do meu lado como um Irmão, até nos momentos mais difíceis como Consolador.

A minha família, meus irmãos Paulo e Emanuely, minhas avós Nair e Rosa, por suas constantes orações, e de maneira especial aos meus pais, Paulo e Katia, visto que sem o exemplo, o sacrifício e o amor deles não conseguiria dar nenhum passo.

A todos os meus professores, que sobre os seus ombros consegui ver mais longe, especialmente minha orientadora Adriana, que me acompanhou por toda graduação, e também minha coorientadora Betânia pela assistência constante.

Aos meus amigos, Camila, Caroline e Geciana, que foram minhas irmãs em Pato Branco, e também ao João e Jéssica, meus irmãos em Cristo.

Aos meus colegas de turma e de laboratório, por toda a parceria e cooperação, que me ajudou a crescer não só como profissional, mas também como ser humano.

Em suma, a todos os que contribuíram para a realização desta pesquisa e de alguma forma caminhou comigo nessa jornada, muito obrigado.

“A História está repleta de pessoas que, como resultado do medo, ou por ignorância, ou por cobiça de poder, destruíram conhecimentos de imensurável valor que, em verdade, pertenciam a todos nós. Nós não devemos deixar isso acontecer de novo”.

Carl Sagan.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar se o tratamento de sementes e a adubação foliar com o micronutriente zinco, na cultura da soja, auxilia na manutenção da qualidade fisiológica durante o armazenamento. A cultivar de soja NA 5909 RG foi cultivada a campo com diferentes combinações de aplicações de Maxi Zinc® via foliar ou sementes. As combinações de aplicações de zinco a campo foram: T1 – cultivo sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – cultivo com tratamento de sementes zinco + sem aplicação foliar de zinco, T3 – cultivo sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco, T4 – cultivo com tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco, onde doses aplicadas foram de 87,5 mL 100 Kg⁻¹ no tratamento das sementes e 70 mL ha⁻¹ na aplicação foliar. Após a colheita, as sementes foram transferidas para o laboratório e armazenadas em temperatura ambiente pelo tempo de 0, 60, 120 e 180 dias. A determinação da qualidade fisiológica foi avaliada por meio de quatro variáveis (germinação {GERM – %}, envelhecimento acelerado {EA – %}, condutividade elétrica {CE – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ } e peso de mil sementes {PMS – g}). Os pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias foram verificados através dos testes de Lilliefors e de Bartlett. Para as variáveis GE, EA e PMS realizou-se análise de variância em esquema bifatorial 4 x4 (quatro tratamentos de boro X quatro tempos de armazenamento) ($\alpha=5\%$), havendo interação bifatorial para GE e EA, assim, ajustou-se equações de regressão dos tempos de armazenamento para cada uma das combinações tratamentos aplicados. A variável PMS não apresentou interação entre os fatores e nem interferência do armazenamento, logo, realizou-se teste de Duncan ($\alpha=5\%$) para o fator qualitativo. Por não atender aos pressupostos utilizou-se para a avaliação da variável CE o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido do teste de Simes-Hochberg ($\alpha=5\%$). Concluiu-se que o armazenamento teve um efeito negativo para GE, EA e CE, visto que no tempo 0 de armazenamento foi expresso os maiores índices. Além disso, T1 foi o tratamento melhor avaliado por meio das variáveis GE, EA, PMS e EA, indicando que a aplicação de zinco via tratamento de sementes e via adubação foliar não preservou a qualidade fisiológica das sementes durante o seu armazenamento.

Palavras-chave: Micronutrientes. *Glycine max*. Vigor. Nutrição vegetal.

ABSTRACT

The present work aims to analyze whether seed treatment and foliar fertilization with the micronutrient zinc, in soybean, helps to maintain physiological quality during storage. The soybean cultivar NA 5909 RG was cultivated in the field with different combinations of Maxi Zinc® applications via foliar or seeds. The combinations of zinc applications in the field were: T1 – cultivation without seed treatment + without foliar application, T2 – cultivation with zinc seed treatment + without foliar application of zinc, T3 – cultivation without zinc seed treatment + with foliar application of zinc, zinc, T4 – cultivation with zinc seed treatment + with foliar application of zinc, where applied doses were 87.5 mL 100 Kg⁻¹ in the seed treatment and 70 mL ha⁻¹ in the foliar application. After harvesting, the seeds were transferred to the laboratory and stored at room temperature for 0, 60, 120 and 180 days. The determination of physiological quality was evaluated through four variables (germination {GERM – %}, accelerated aging {EA – %}, electrical conductivity {EC – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ } 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. For the variables GE, EA and PMS, analysis of variance was performed in a 4x4 bifactorial scheme (four boron treatments X four storage times) ($\alpha=5\%$), with bifactorial interaction for GE and EA, thus, adjusting Regression equations for storage times for each of the treatment combinations applied. The PMS variable showed no interaction between the factors and no interference from storage, so Duncan's test ($\alpha=5\%$) was performed for the qualitative factor. As it did not meet the assumptions, the non-parametric Kruskal-Wallis test was used to evaluate the EC variable, followed by the Simes-Hochberg test ($\alpha=5\%$). It was concluded that storage had a negative effect for GE, EA and CE, since the highest indices were expressed at time 0 of storage. In addition, T1 was the best evaluated treatment through the variables GE, EA, PMS and EA, indicating that the application of zinc via seed treatment and via foliar fertilization did not preserve the physiological quality of the seeds during their storage.

Keywords: Micronutrients. *Glycine max*. Vigor. Plant nutrition.

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 zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para as variáveis germinação (GERM – %), envelhecimento acelerado (EA – %) e peso de mil sementes (PMS – g). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....33
- Figura 2 – Envelhecimento Acelerado (EA – %) de sementes de soja submetidas a quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....36

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, 2020.....26
- Tabela 2 – Tratamentos utilizados em um experimento, sendo T1 – sem TS¹ Zn + sem AF² Zn, T2 – com TS Zn (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem AF Zn, T3 – sem TS Zn + com AF Zn (70 ml ha⁻¹), T4 – com TS Zn (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com AF Zn (70 ml ha⁻¹), com o objetivo de avaliar se a aplicação do micronutriente zinco via tratamento de sementes e via foliar garante manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja após o armazenamento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....27
- Tabela 3 – Resumo da análise de variância de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para as variáveis germinação (GERM – %), envelhecimento acelerado (EA – %) e peso de mil sementes (PMS – g). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....31
- Tabela 4 – Resumo do teste de Duncan de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável germinação (GE – %) E envelhecimento acelerado (EA – %). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....32
- Tabela 5– Resumo do teste de Duncan de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável peso de mil sementes (PMS – g). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....37
- Tabela 6 – 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 zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em

delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....38

Tabela 7 – Resumo do teste de Kruskal-Wallis seguido de teste de Simes-Hochberg para um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco (Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, com tratamento de sementes zinco ($87,5\text{ ml } 100\text{ kg}^{-1}$ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha^{-1}), com tratamento de sementes zinco ($87,5\text{ ml } 100\text{ kg}^{-1}$ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha^{-1}), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022.....39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CESB	Comitê Estratégico Soja Brasil
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
PR	Unidade da Federação – Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
COOPERTRADIÇÃO	Cooperativa Agropecuária Tradição
CTC	Capacidade de troca de cátions
TF	Tratamento Foliar
TS	Tratamento de Sementes
GE	Germinação
EA	Envelhecimento Acelerado
CE	Condutividade Elétrica
PMS	Peso de Mil Sementes
V	Vegetativo
R	Reprodutivo
N	Nitrogênio
P	Fosforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
S	Enxofre
B	Boro
Cl	Cloro
Cu	Cobre
Fe	Ferro
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
Ni	Níquel
Zn	Zinco

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
μS	Microsiemens
Kg	Quilo
g	Gramas
C°	Graus Celsius
ha	Hectares
L	Litros
mL	Mililitros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	Geral.....	17
2.2	Específicos.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1	Cultura da soja.....	18
3.2	História e importância econômica da soja.....	19
3.3	Qualidade fisiológica de sementes.....	20
3.4	Armazenamento de sementes.....	21
3.5	Nutrição mineral.....	22
3.6	Micronutrientes.....	23
3.7	Zinco.....	24
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1	Local, delineamento experimental e tratamentos.....	27
4.2	Implantação e condução do experimento.....	28
4.3	Metodologia para avaliação laboratorial.....	29
4.4	Análises estatísticas.....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
6	CONCLUSÃO.....	42
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem se mostrado cada vez mais relevante no cenário agrícola atual, uma vez que a produção desta “commodity” está atrelada ao crescimento expressivo do agronegócio entre as atividades econômicas nacionais. Esse complexo agroindustrial da soja, que permeia o mercado internacional, estabeleceu este grão como uma das principais fontes de proteína vegetal, que por sua vez é responsável por atender a crescente demanda da produção de alimentos de origem animal em todo o globo terrestre (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). Assim, buscar meios que permitam a evolução e o desenvolvimento dessa cultura é indispensável para a manutenção da sua proeminência no mercado mundial do agronegócio.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2021) o Brasil se encontra como o maior produtor mundial do grão, com uma produção de 135,41 milhões de toneladas em uma área de 38,50 milhões de hectares na safra 2020/2021. Os estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás são responsáveis por 70% da produção nacional. Desta forma, a soja se estabeleceu como a cultura que mais cresceu nos últimos 30 anos (HIPOLITO; BORGES, 2017).

Um dos principais fatores que contribuíram para esse desempenho é a produção de sementes com qualidade fisiológica. Uma vez que a semente apresenta uma importância expressiva na implantação da lavoura, justamente por carregar o material genético que permite a cultura expor seu potencial produtivo, levando em consideração as novas tecnologias e o arranjo da população cada vez mais ajustado, desta forma, garantir sua qualidade é condição “sine qua non” (MACULAN *et al.*, 2021).

Portanto, para se obter uma produtividade elevada, o primeiro passo é o fornecimento de sementes de soja de alta qualidade física, genética, sanitária e fisiológica, uma vez que esses fatores estão ligados a uma germinação uniforme, desenvolvimento vigoroso das plântulas e o estabelecimento de um estande inicial homogêneo (ALMEIDA, 2014).

Entretanto, mesmo com a obtenção de sementes com excelente qualidade fisiológica, segundo Ciscon *et al.* (2021), todo o potencial genético e fisiológico pode ser comprometido pelo processo natural de deterioração e envelhecimento, que

ocorre desde a maturidade fisiológica no campo de produção até o plantio dessas sementes (LUDWIG *et al.*, 2011). Consequência do fato da soja possuir um embrião protegido por um tegumento relativamente frágil, além de um eixo embrionário superficial que a torna susceptível a injúrias (MARCOS FILHO, 2013).

Assim, buscar meios que possam contribuir para a manutenção da qualidade e viabilidade fisiológica se faz essencial, sendo o principal meio para isto a garantia de boas práticas de armazenamento, uma vez que submete a semente a condições ideais de temperatura e umidade, responsáveis por reduzir a atividade das reações químicas e conseqüentemente o processo de deterioração. Além disso, proporciona um ambiente menos favorável ao estabelecimento de patógenos e pragas (JUVINO, 2014).

Outro fator determinante para a produção de sementes com qualidade fisiológica é disponibilidade de nutrientes, inclusive os micronutrientes, como o boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), caracterizados por serem requeridos em quantidades menores, mas igualmente fundamentais, visto que, participa diretamente na formação do embrião, dos cotilédones e do acúmulo dos componentes de reserva na semente (SOUZA, 2008; SILVA *et al.*, 2018).

Dentre os diversos micronutrientes temos o zinco (Zn), um importante ativador enzimático e integrante de enzimas, essencial por participar em diversos processos vegetais fundamentais para fotossíntese, respiração e síntese proteica, como a regulação da atividade da ribonuclease, a biossíntese da auxina e a formação da clorofila por exemplo (MARSCHNER, 2012; SILVA, 2015).

Porém, existe uma barreira para o fornecimento adequado de zinco para as plantas, como explica Lemes *et al.* (2017), por ser exigido baixas concentrações, sua aplicação via solo se inviabiliza pela dificuldade de distribuí-lo uniformemente e por reações que o tornam indisponíveis as plantas. Além disso, via aplicação foliar, apesar de ser uma alternativa, o zinco possui baixa mobilidade no floema que compromete a sua eficiência. Assim o fornecimento deste micronutriente pode ser complementado também via tratamento de sementes, sendo uma opção para a garantia adequada da dose de zinco com menores custos de aplicação e melhor uniformidade na distribuição.

Diante do acima exposto, objetiva-se no presente trabalho avaliar se a utilização do micronutriente zinco, aplicado via tratamento de sementes e foliar, atua como um potencializador da qualidade fisiológica em sementes de soja e contribui para manutenção desses índices em diferentes períodos de armazenamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Objetiva-se com o presente trabalho avaliar se a aplicação do micronutriente zinco via foliar e tratamento de sementes interfere na qualidade fisiológica em sementes de soja e garante a manutenção desses índices em diferentes épocas de armazenamento.

2.2 Específicos

Verificar se a qualidade fisiológica das sementes de soja é influenciada pela aplicação de zinco via tratamento de sementes e via adubação foliar;

Observar a qualidade fisiológica das sementes de soja durante o armazenamento.

Identificar o tratamento que proporciona a melhor qualidade fisiológica, durante o armazenamento.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta dicotiledônea que pertence à família *Fabaceae*, apresenta seu centro de origem localizado na China, sendo conhecida a mais de 5000 anos, difundindo-se mundialmente por sua adaptabilidade a climas temperados (MATTOS *et al.*, 2016).

Referente as suas características morfológicas e fisiológicas é uma planta autógama de ciclo anual que apresenta raiz pivotante, caule herbáceo e folha trifoliolada, tendo um metabolismo fotossintético C3 (FERRARI; PAZ; SILVA, 2015). Além disso, essa cultura apresenta a faixa de temperatura ótima entre 20 °C a 30 °C para a germinação de sementes, crescimento e desenvolvimento da cultura (SILVA, 2013).

A soja é uma espécie sensível ao fotoperíodo, havendo algumas variações de acordo com a sensibilidade da cultivar, sendo as mais sensíveis as de dias curtos, logo, possuem um florescimento que exige um fotoperíodo mínimo. Entretanto, por meio de programas de melhoramento genético foi possível adaptar essa espécie a regiões tropicais com fotoperíodos menores, através de genes que prolongam o período juvenil da planta (FARIAS *et al.*, 2007).

O potencial produtivo dessa cultura está diretamente ligado a fatores intrinsecamente genéticos, ambientais e climáticos. Referentes aos fatores genéticos, deve haver assertividade na escolha de uma cultivar adaptada ao clima de cultivo, ao solo, às pragas e doenças, além de parâmetros relacionadas a características físicas, de composição e sensórias do grão (SANTOS *et al.*, 2017; DIAS, 2018).

Os fatores ambientais e climáticos estão direcionados ao ambiente ideal para o desenvolvimento da cultura, envolvendo questões relacionadas ao ambiente de cultivo como temperatura, radiação solar, fotoperíodo, disponibilidade de água e nutrientes e manejo adequado, havendo o controle de daninhas, pragas e doenças (FELISBERTO, 2015).

3.2 História e importância econômica da soja

A história da soja no Brasil está diretamente ligada ao desenvolvimento agroindustrial, uma vez que o Comitê Estratégico Soja Brasil – CESB (2019) chega a dividir esse processo em duas fases, antes e depois da soja, assemelhando-se a outros ciclos que marcaram a história do Brasil, em outros períodos, como a cana-de-açúcar e o café. Apesar de o grão chegar ao Brasil em 1908 por meio de imigrantes japoneses, somente em 1914 foi introduzida oficialmente no Rio Grande do Sul. Entretanto, somente a partir da década de 70 houve a expansão da cultura, por meio do rompimento dos limites regionais e do sistema tradicional de produção. Aliado a esses fatores, houve uma crescente demanda da indústria e do mercado internacional que fizeram da soja uma das culturas que representam o agronegócio brasileiro na balança comercial, sendo cultivada principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul do País (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2018; MATTOS *et al.*, 2016).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos EUA (USDA) a estimativa da produção mundial de soja é de 362,95 milhões de toneladas para a safra 2020/2021, isso em uma área cultivada prevista em 127,84 milhões de hectares, tendo em vista o consumo global do grão que é estimado em 353,40 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

No Brasil a soja se estabeleceu como a cultura que mais cresceu nos últimos 30 anos, sendo o segundo maior produtor mundial, produzindo na safra 2020/2021 135,41 milhões de toneladas do grão em uma área de 38,50 milhões de hectares, representando 49% da área plantada em grãos. Os estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás são responsáveis por 70% da produção nacional (HIPOLITO; BORGES, 2017). Entretanto, com a ampliação da fronteira agrícola a soja continua a se expandir para as regiões norte e nordeste, sendo denominada de MATOPIBA, que englobam os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (EMBRAPA, 2013).

A importância econômica dessa cultura se deve a fatores como o comércio de produtos do complexo soja, que servem de base para estruturação de um mercado internacional e por ser uma importante fonte de proteína vegetal demandada pelo mercado de produtos de origem animal (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2009). Além disso, a soja cada vez mais é demandada por ser uma excelente opção de alimento

para o homem, sendo rica em substâncias nutritivas, uma vez que possui elevado teor de proteínas, gorduras, sais minerais e vitaminas (MATTOS *et al.*, 2016).

3.3 Qualidade fisiológica de sementes

Dentre os diversos fatores que estabelecem o sucesso da lavoura de soja, a utilização de sementes de alta qualidade é um dos fundamentos, uma vez que está relacionado diretamente ao estabelecimento e ao desempenho da cultura no campo (FRANÇA-NETO *et al.*, 2016).

De acordo com França-Neto *et al.* (2016) o que determina se uma semente é de qualidade são seus atributos relacionados a qualidade física, fisiológica, genética e sanitária. Tal afirmativa corrobora com o que dizem Krzyzanowski, França-Neto e Henning (2018), ao inferir que o que determina se a semente de soja pode ser considerada de alta qualidade, são as elevadas taxas de vigor, germinação e sanidade, além da garantia de pureza física e genética e da ausência de sementes de plantas daninhas.

A qualidade fisiológica está relacionada basicamente à germinação e ao vigor da semente (SILVA *et al.*, 2016). Para Vinhal-Freitas (2011), a germinação se baseia nas condições ótimas de ambiente como um parâmetro de avaliação, indicando dessa forma se a semente apresenta uma germinação e emergência uniforme, favorecendo um estande inicial homogêneo.

O vigor, segundo Moterle *et al.* (2011), se baseia nas condições de campo como meio de avaliação, analisando o potencial das sementes em se estabelecer como plântulas normais. O alto vigor indica sementes que germinam e plântulas que emergem mais rapidamente e de maneira mais uniforme. Dessa forma, permeia diretamente o maior potencial produtivo para a cultura, uma vez que essas sementes resultam na produção de plantas de alto desempenho (FRANÇA-NETO *et al.*, 2016). Como apresenta Kolchinski *et al.* (2005), o alto vigor das sementes resulta em plantas com maior índice de área foliar, com aumento na produção de matéria seca e elevação em até 35% no rendimento de sementes, quando comparadas ao uso das sementes de baixo vigor.

Portanto, garantir uma qualidade fisiológica da semente é fundamental para o rendimento da cultura, visto que permite germinação uniforme e desenvolvimento

vigoroso das plântulas, estabelecendo, dessa forma, um estande inicial homogêneo (ALMEIDA, 2014).

3.4 Armazenamento de sementes

Para a produção de sementes com qualidade fisiológica um fator determinante está na forma como as mesmas são conservadas entre a sua colheita e o plantio. Nesse intervalo as sementes estão suscetíveis a uma série de alterações químicas, responsáveis pelo aumento da respiração, aquecimento e gasto das reservas, provocando a alteração das membranas celulares, reduzindo sua integridade e aumentando sua permeabilidade, o que compromete o poder germinativo, o vigor e conseqüentemente o estabelecimento das plântulas (FRANCO *et al.*, 2016). Dessa forma, propiciar boas condições de armazenado é essencial, uma vez que de acordo com Goldfarb e Queiroga (2013), são as boas práticas de armazenamento as responsáveis pela mitigação dos processos de deterioração, preservação e longevidade do produto armazenado.

Inicialmente, como aponta Lacerda *et al.* (2003), é determinante que as práticas para preservação da qualidade fisiológica da semente se iniciem no momento da colheita, visto que sua qualidade não pode ser melhorada durante o armazenamento, apenas conservada se as condições forem favoráveis, assim, deve-se evitar a ocorrência de danos mecânicos, ataque de insetos e atraso na colheita (CADORIN *et al.*, 2022; FRANÇA NETO *et al.*, 2018). Além disso, é no momento que segue após a maturidade fisiológica, durante a colheita, o momento ideal para que se inicie o armazenamento, visando manter a qualidade desse produto biológico durante o período de estocagem (VILLELA; PERES, 2004; GOLDFARB; QUEIROGA, 2013).

Outro ponto fundamental após a colheita, mas que antecede o armazenamento é a secagem adequada, onde temperaturas muito elevadas visando acelerar esse processo pode comprometer o vigor das sementes. Além disso, o tratamento com fungicidas e inseticidas antes do armazenamento se mostra uma ferramenta eficaz contra deterioração das sementes, conservando de possíveis danos mecânicos resultantes de insetos ou do desenvolvimento de microorganismos (FRANCO *et al.*, 2016).

Quando armazenadas os principais fatores que comprometem a qualidade fisiológica das sementes são a temperatura e a umidade relativa do ar, visto que a temperatura influencia na velocidade dos processos bioquímicos e a umidade no teor de água da semente (GOLDFARB; QUEIROGA, 2013). Logo, Franco *et al.*, (2016), enfatizam a necessidade de armazenar as sementes em um ambiente que seja seco e frio, onde o teor de água de equilíbrio seja baixo, preservando a semente da umidade e de altas temperaturas que possam reiniciar as atividades do embrião e aumentar a taxa de respiração responsável pelo início do processo de deterioração.

O Brasil, por ser um país tropical, apresenta poucas condições climáticas favoráveis para um armazenamento adequado sem um ambiente controlado, com temperatura e umidade elevada. Vieira *et al.* (2013), demonstra que a qualidade fisiológica das sementes é seriamente comprometida quando armazenadas em um ambiente onde esses fatores não são controlados, porém quando expostas em condições ideais de umidade e temperatura o potencial fisiológico se manteve constante ao longo do armazenamento. Assim, quando as condições de armazenamento locais são relativamente desfavoráveis ou apresenta um longo período de estocagem, é necessária à conservação das sementes em um ambiente com condições climáticas controladas, para que a conservação da qualidade das sementes seja possível e o processo de degradação desacelerando (FRANCO *et al.*, 2016).

3.5 Nutrição mineral

As espécies vegetais possuem intrinsecamente a exigência por alguns nutrientes minerais, sendo 17 elementos essenciais classificados em macronutrientes e micronutrientes, de acordo com a quantidade requerida pela planta. Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) são absorvidos em quantidades maiores, já os micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) são exigidos pequenas quantidades. Porém, todos são fundamentalmente vitais, visto que a deficiência de qualquer um impede o ciclo completo da planta, uma vez que integram os processos metabólicos, além de não serem substituíveis por outros elementos (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Assim, esses elementos são essenciais ao desenvolvimento vegetal, onde, qualquer alteração na sua disponibilidade, via solução do solo ou suplementação foliar, interfere diretamente no metabolismo vegetal, provocando distúrbios fisiológicos que dificultam o desenvolvimento adequado das plantas, implicando diretamente numa menor produtividade ou até mesmo sua morte (SANTOS, 2016; DALLA COSTA, 2021).

Os nutrientes variam entre si no grau de transporte e na forma de distribuição pela planta, podendo ser móveis (N, P, K, Mg e Cl), pouco móveis (Ca e B) ou com mobilidade intermediária (S, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) (MARSCHNER, 2012). Esta mobilidade dos nutrientes no floema, seja maior ou menor, contribui para visualização de sintomas anormais, como toxidez ou deficiência. Nutrientes com maior redistribuição no floema aparecem nas folhas mais velhas e por sua vez os com menor mobilidade se apresentam nas folhas mais jovens, essa distinção possibilita um diagnóstico mais preciso e contribui para a busca do manejo que contorne essa anormalidade (SFREDO, 2008).

Além disso, os nutrientes minerais são responsáveis por uma série de funções, indo da constituição de estruturas dos órgãos vegetais até integração de etapas metabólicas, possuindo um papel fundamental na formação, desenvolvimento e maturação das sementes, uma vez que compõe as membranas e permite o acúmulo de carboidratos, proteínas e lipídios no grão (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

3.6 Micronutrientes

Os micronutrientes, geralmente, por serem descritos como elementos químicos absorvidos em menores quantidades pelas plantas, faz com muitas vezes seja negligenciado a sua deficiência em áreas agrícolas de todo país. Comprometendo, por sua vez, a produtividade de diversas culturas, visto que não há condições adequadas onde elementos como boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) estejam disponíveis (RESENDE, 2004).

Os micronutrientes são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento vegetal, em razão de compor paredes e membranas celulares, ativar e constituir enzimas e participar de processos fundamentais na fotossíntese e na fase

reprodutiva, além de conferir resistência aos estresses bióticos e abióticos, incluindo pragas e doenças. Portanto, a baixa disponibilidade de micronutrientes compromete diretamente os complexos e reações enzimáticas, interferindo também no sistema de proteção contra radicais de oxigênio tóxicos, responsáveis por proteger as biomembranas, o DNA, a clorofila e as proteínas (KIRKBY; ROMHELD, 2007).

Logo, o monitoramento e avaliação dos níveis de micronutrientes nos solos e nas lavouras constituem parte fundamental para otimização do manejo de adubação, visando corrigir desequilíbrios nutricionais (RESENDE, 2004).

3.7 Zinco

Dentre os micronutrientes, o zinco desempenha importante papel na nutrição das plantas, pois potencializa a produção do hormônio de crescimento auxina, sintetase de triptofano e metabolismo de triptamina. (TEIXEIRA-FILHO *et al.*, 2013). Além disso, este elemento participa como componente de um grande número de enzimas, sendo que suas funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos, auxiliando também na formação de estruturas das auxinas, RNA e ribossomos (STEINER, 2011).

Apesar da importância do zinco para as plantas, este é o micronutriente que mais se mostra deficiente nos solos brasileiros (TUNES, 2011). De acordo com um levantamento de Staut *et al.* (*apud* RESENDE, 2004), em 27 lavouras avaliadas no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e São Paulo revelaram a deficiência de Zn na camada de 10 a 20 cm de profundidade.

Sua deficiência manifesta-se em folhas jovens com sintomas moderados, como clorose e folhas menores, até os mais intensos, ocasionando problemas no crescimento e na produção, devido principalmente a formação de roseta, onde o alongamento dos internódios é reduzido (LIMA NETO; NATALE; MODESTO, 2014). Tal efeito no desenvolvimento pode ser explicado pelo fato do zinco estar concentrado nas zonas de crescimento devido a maior concentração de auxina (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Plantas cultivadas em condições de deficiência de zinco, geralmente produzem sementes com baixo conteúdo e concentração de nutrientes, gerando plântulas menos vigorosas, podendo refletir em baixo rendimento na colheita (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Alguns fatores podem favorecer a baixa disponibilidade de

zinco para as plantas, como o uso de altas doses de fertilizantes fosfatados, pH do solo acima de 6,5, excesso de umidade e baixas temperaturas (DOS SANTOS, 2021).

Além disso, o Zn é um dos micronutrientes que confere proteção as plantas, em razão de manter a estrutura e a integridade da membrana e de controlar a sua permeabilidade. Logo, segundo Kirkby e Romheld (2007), sua deficiência tornam as membranas permeáveis, liberando carboidratos e os aminoácidos que atrai patógenos e insetos tanto para as raízes quanto para as brotações, e por interferir na integridade estrutural da membrana os danos provocados tendem a ser mais comprometedores ao desenvolvimento vegetal.

O zinco é considerado também um elemento responsável por acelerar o crescimento da radícula. Em estudos realizados por Prado *et al.* (2007) com sementes de trigo, na qual observou importante papel do micronutriente durante a germinação das sementes e no crescimento das plântulas. Singh (2007) estudando o tratamento de sementes com zinco, constatou melhoria no desempenho das culturas do milho, soja, trigo, girassol, amendoim e mostarda.

Sabe-se que a cultura da soja tem capacidade média de resposta ao zinco, tendo uma acumulação lenta deste micronutriente nos primeiros 30 dias, e com máxima acumulação aos 60 dias, gerando diferentes respostas quando o zinco é aplicado em diferentes épocas de desenvolvimento (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Lemes *et al.*, (2017) dizem que devido o zinco ser requerido em pequenas quantidades pelas culturas, a adubação de zinco via solo torna-se dificultosa. Além disso, a aplicação foliar, na maioria das vezes, é ineficiente, uma vez que, a pulverização apresenta com desvantagem a baixa mobilidade do zinco no floema. Com isso se faz necessário a adoção de práticas de manejo que aumentem a precisão da sua absorção pela planta. Desta forma, o tratamento de semente torna-se uma opção para o fornecimento adequado do nutriente, além de apresentar menores custos de aplicação e melhor uniformidade na distribuição.

Outra opção para o fornecimento dos nutrientes é através da adubação e nutrição das plantas produtoras de sementes, no entanto, são poucos os estudos em torno do efeito sobre a planta produtora de semente, tornando-se ainda mais reduzido quando o tratamento é com micronutrientes, como o zinco.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local, delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado na safra agrícola de 2019/2020 na área experimental da Cooperativa Agropecuária Tradição (COOPERTRADIÇÃO), na cidade de Pato Branco, Sudoeste Paranaense, onde as coordenadas geográficas são 26° 10' 21,718"S e 52° 42' 1,811"O.

O clima do local é do tipo Cfb, macrorregião sojícola 1, microrregião 103, com a presença de latossolo vermelho com textura argilosa e bioma Mata Atlântica, floresta ombrófila mista.

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, 2020

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	12,02	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	
20-40	4,3	5,1	43,7	2,2	0,26	3,35	1,22	0,43	10,07	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	4,5	52,22	12,58	29,8	0,0	80
10-20	11,4	5,1	0,57	4,7	18,7	110,5	3,68	2,6	38,7	10,51	46,8	0,0	80
20-40	8,9	2,6	0,30	3,7	6,6	114,5	2,74	1,74	22,48	8,19	64,70	0,0	-

Fonte: Elaboração própria (2022)

A cultivar utilizada na área é a NA 5909 RG, onde foi adotado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos, totalizando 16 unidades experimentais.

Foi utilizado para aplicação via tratamento de sementes e para aplicação foliar o sulfato de zinco com o produto Maxi Zinc® [100% Zn (ZnSO₄)]. Os tratamentos são apresentados a seguir:

Tabela 2 – Tratamentos utilizados em um experimento, sendo T1 – sem TS¹ Zn + sem AF² Zn, T2 – com TS Zn (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem AF Zn, T3 – sem TS Zn + com AF Zn (70 ml ha⁻¹), T4 – com TS Zn (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com AF Zn (70 ml ha⁻¹), com o objetivo de avaliar se a aplicação do micronutriente zinco via tratamento de sementes e via foliar garante manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja após o armazenamento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
T1	Sem TS ¹ Zn + sem AF ² Zn
T2	Com TS Zn + sem AF Zn
T3	Sem TS Zn + com AF Zn
T5	Com TS Zn + com AF Zn

¹TS= tratamento de sementes; ²AF= aplicação foliar. FONTE: Elaboração própria (2022)

4.2 Implantação e condução do experimento

As sementes foram tratadas com Standak Top®, em dose de 2 mL kg⁻¹ de sementes, e onde os tratamentos eram constituídos pela aplicação via sementes de zinco, as sementes também foram tratadas com os produtos comerciais Maxi Zinc® [100% Zn (ZnSO₄)] na dose de 87,5 mL por 100 kg⁻¹ de sementes. As sementes foram dispostas em sacos de polietileno, onde adicionou-se os micronutrientes em volume de calda de 8 mL kg⁻¹ de sementes e agitou-se as mesmas por três minutos, até a completa homogeneização.

A semeadura foi realizada no dia 27 de setembro de 2019. Cada parcela experimental foi composta por 5,0 m de comprimento por 2,5 m de largura, onde foi descontado 0,5 m de cada lateral da parcela como bordadura, sendo a área útil do experimento 7,5 m². O espaçamento entrelinhas foi de 50 cm, com 5 linhas em cada parcela, onde foram semeadas 12 sementes por metro, totalizando 240 mil plantas por hectare. O plantio ocorreu de forma manual com auxílio de uma matraca, onde foram aplicados 312,5 kg ha⁻¹ de NPK (06-16-16) no momento da semeadura.

A aplicação foliar, por sua vez, foi realizada quando a cultura encontrava-se em estágio fenológico de R1. Foi utilizado um volume de calda de 100 L ha⁻¹ do Maxi Zinc®, a uma dose de 70 mL ha⁻¹. A aplicação foliar foi realizada com auxílio de um pulverizador costal pressurizado, com capacidade para 20 litros contendo uma barra com bico do tipo leque.

Como tratos culturais as plantas daninhas foram controladas por meio de capina e arranque manual. Para controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa* Germar), realizou-se a aplicação de 200 mL ha⁻¹ p.c. de cipermetrina + 300 mL ha⁻¹ p.c. de imidacloprido + beta-ciflutrina. A área apresentou oídio e ferrugem, para seu controle foram feitas duas aplicações de 400 mL ha⁻¹ p.c. de trifloxistrobina + 50 mL p.c. 100 L⁻¹ de calda de prothioconazol, foram realizadas quando as plantas encontravam-se em V8 e R2.

No dia três de março de 2020 foi realizada a colheita, com as sementes apresentando 13% de umidade, as plantas das três linhas centrais foram arrancadas manualmente (descartando a bordadura) e debulhadas com auxílio de um batedor mecanizado.

As sementes coletadas foram armazenadas em ambiente não controlado, com temperatura e umidade variáveis. Sendo submetidas a quatro diferentes tempos de armazenamento 0, 60, 120 e 180 dias de intervalo.

4.3 Metodologia para avaliação laboratorial

Os testes laboratoriais foram conduzidos no Laboratório Didático de Análise de Sementes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, no segundo trimestre de 2020, sob delineamento inteiramente casualizado.

Para a avaliação de germinação foram realizadas quatro repetições de 50 sementes distribuídas em rolos de papel germitest umedecidos com 2,5 vezes a massa do papel seco com água e mantidas em germinador do tipo Mangelsdorf por oito dias à 25 °C. As avaliações foram realizadas através da contagem de plântulas normais aos cinco e oito dias após semeadura, seguindo os critérios apontados pelas Regras para Análises de Sementes, com resultado expresso em porcentagem (BRASIL, 2009).

Para o teste de envelhecimento acelerado foi realizado com 200 sementes, que foram acondicionadas sob tela em caixas do tipo gerbox, com 40 mL de água permanecendo em câmara de envelhecimento por 48 horas a 41 °C. Após, com estas sementes foram montados 4 rolos de papel germitest umedecidos com 2,5 vezes a massa do papel seco, com 50 sementes cada. Estes rolos foram mantidos em germinador do tipo Mangelsdorf por 5 dias (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA,

1987) quando deu-se a contagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas, conforme os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes, com resultado expresso em porcentagem (BRASIL, 2009).

Para a avaliação da condutividade elétrica foram montadas quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento em copos plásticos com 75 mL de água deionizada. Após isso foram pesadas com precisão de 0,01 g, sendo colocadas e mantidas à temperatura de 25 °C por 24 horas. Logo após, analisou-se a condutividade elétrica em condutímetro digital, sendo os resultados são expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987).

O peso de mil sementes (PMS) foi determinado utilizando-se oito subamostras de 100 sementes para cada tratamento, que foram pesadas separadamente em balança de precisão (0,001 g), sendo os resultados dos valores médios apresentados em gramas (BRASIL, 2009). Logo após, seguindo as Regras para Análise de Sementes (2009), calculou-se a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação (CV), sabendo que em ocasião do CV exceder 4 % outras oito repetições de 100 sementes devem ser contadas, pesadas e o desvio padrão recalculado para as 16 repetições, sendo descartadas as repetições com o dobro da média do desvio padrão (BRASIL, 2009).

4.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos das variáveis germinação, envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e peso de mil sementes (PMS) foram verificados, através dos testes de Lilliefors e Bartlett no programa Genes (CRUZ, 2013), se atendiam os pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variância. Para a variável condutividade elétrica (CE) por não atender aos seguintes pressupostos, mesmo quando transformada em uma nova escala, foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido de teste de Simes-Hochberg, em nível de 5% de probabilidade de erro.

As demais variáveis foram submetidas a análise de variância (ANOVA 5%) através do programa Genes (CRUZ, 2013), em esquema bifatorial 4 x 4 (Tratamentos de semente/foliar x tempo de armazenamento) no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

Para as variáveis quantitativas que apresentaram interação significativa realizou-se análise de regressão polinomial, com ajuste de equações para as curvas representativas, além disso, realizou-se o teste de Duncan para análise das médias dos fatores qualitativos de cada fator.

Para as variáveis onde houve ausência de interação entre os fatores e não houve diferença entre as medias do fator quantitativo, foram comparadas com o teste de Duncan somente as médias do efeito qualitativo dos tratamentos de sementes/foliar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para mensurar se o tratamento com zinco interfere na manutenção da qualidade fisiológica em diferentes períodos de armazenamento, foram analisadas quatro variáveis, germinação (GE), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e peso de mil sementes (PMS). O resumo da análise de variância apresentando na tabela 3 indica que houveram diferenças significativas ($P < 0,05$) para o tempo de armazenamento, os tratamentos de zinco, e para interação tempo de armazenamento x tratamento de zinco para as variáveis GE e EA. Assim, indicando que tanto os tempos de armazenamento, quanto os tratamentos com zinco, influenciam no processo germinativo e no vigor das sementes, havendo uma interação entre esses fatores, indicando que os tratamentos com zinco interferem nas variáveis durante o armazenamento. Já para a variável PMS somente foram observadas diferenças significativas entre tratamento de zinco.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para as variáveis germinação (GERM – %), envelhecimento acelerado (EA – %) e peso de mil sementes (PMS – g). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Causas da variação	GL	Quadrados médios		
		GE (%)	EA (%)	PMS (g)
Tempo de armazenamento	3	185,27*	445,87*	25,37 ^{ns}
Tratamento zinco (semente/foliar)	3	1424,08*	3124,39*	224,64*
Tempo x Tratamento	9	62,23*	101,76*	25,55 ^{ns}
Resíduos	48	13,81	23,49	42,17
Média geral	-	68,32	58,54	181,07
CV (%)	-	5,44	8,28	3,59

*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. FONTE: Elaboração própria (2022)

Para variável GE (Tabela 4), devido ao efeito significativo do tratamento de sementes e da aplicação foliar com zinco, foi realizado um teste de comparação de

médias, como apresentado na tabela 4, onde foi verificado qual o melhor tratamento em nível de 5% de erro. Os tratamentos T1 e T2 apresentaram as maiores médias, 76,41% e 76% de sementes germinadas, diferindo dos outros dois tratamentos. Além disso, T4 apresentou a menor média de germinação com 57,41%, que diferiu de todos os outros tratamentos.

Tabela 4 – Resumo do teste de Duncan de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável germinação (GE – %) E envelhecimento acelerado (EA – %). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Tratamentos com zinco	Médias	
	GE (%)	EA (%)
T1	76,41 a	74,56 a
T2	76 a	65,41 b
T3	63,47 b	50,25 c
T4	57,41 c	43,94 d

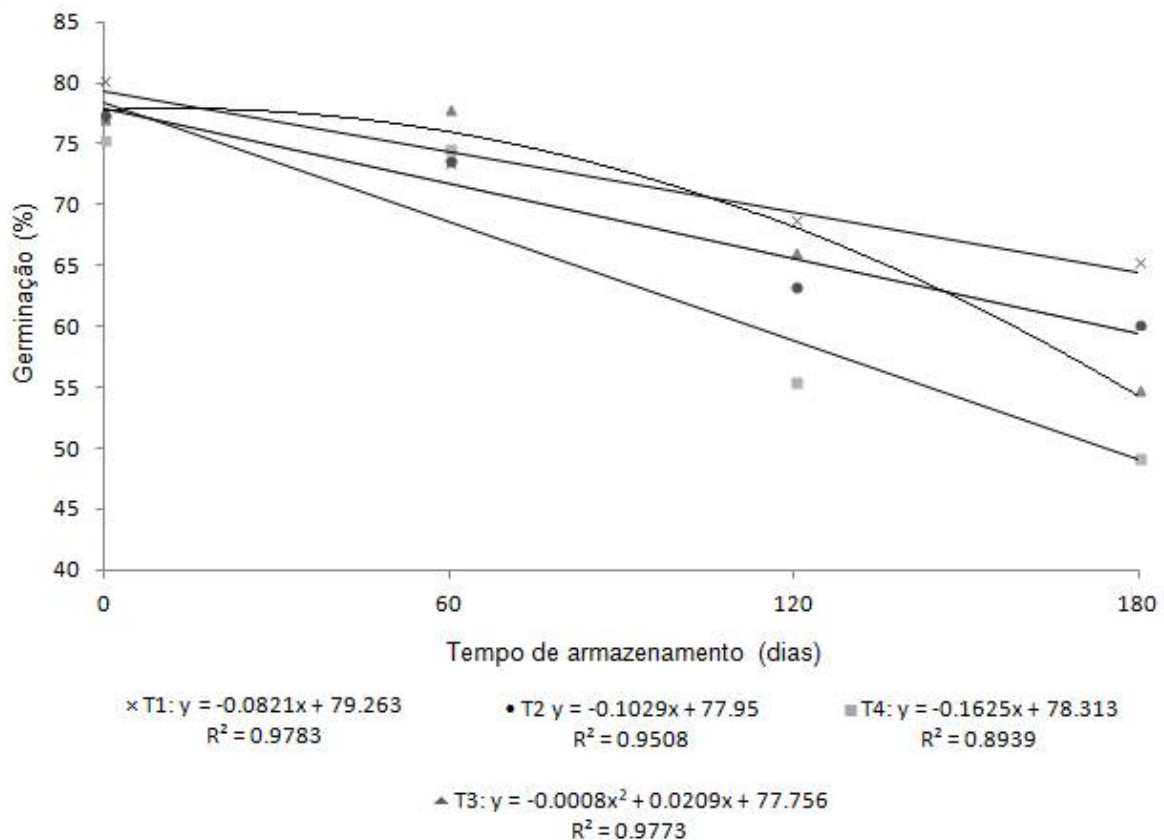
***Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Duncan. Elaboração própria (2022)**

O teste de germinação demonstra a aptidão da semente em produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo, portanto, um percentual baixo de germinação representa que a semente terá dificuldade em emergir e desenvolver estruturas essenciais do embrião, comprometendo o estabelecimento da cultura (BRASIL, 2009). Assim, estes resultados demonstram que a utilização do micronutriente zinco influenciou negativamente nessa variável, reduzindo seu potencial fisiológico.

Segundo Ciscon *et al.* (2019) o teste de envelhecimento acelerado é uma das formas mais seguras de quantificar o vigor das sementes, pois condiciona as mesmas a um ambiente semelhante ao campo, considerando que na maioria das vezes estas condições são adversas. Assim, por meio da tabela 4, também pode ser observado o resultado do teste de comparação de médias dessa variável, onde verifica-se um efeito negativo do TS e da AF de zinco no vigor das sementes, uma vez que T1 (testemunha) apresentou o melhor resultado, com 74,56%, em nível de

5% de probabilidade de erro, distinguindo-se dos demais tratamentos. Por sua vez, T4 foi o tratamento com a menor média, com um percentual de 43,94%, se diferenciando de todos os outros tratamentos.

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 zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para as variáveis germinação (GERM – %), envelhecimento acelerado (EA – %) e peso de mil sementes (PMS – g). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022



Fonte: Elaboração própria (2022)

Para a variável GE (%) quando analisada por regressão polinomial, como exposto na figura 1, observa-se que a interação entre os tratamentos com zinco e os quatro tempos de armazenamento apresentaram uma interação linear decrescente para T1, T2 e T4, além de uma interação quadrática para T3. Sendo possível

verificar que houve uma redução do potencial germinativo no decorrer do período de armazenamento.

De acordo com Dan *et al.* (2010), o armazenamento de sementes em um ambiente sem controle de temperatura e umidade, por períodos prolongados, está diretamente relacionado a deterioração de suas estruturas reprodutivas, reduzindo conseqüentemente seus índices germinativos. Além disso, Silva (2021), analisando a qualidade das sementes em função do tempo de armazenamento, também verificou que houve uma redução na germinação com o prolongamento do armazenamento quando submetidas a condições não controladas de temperatura.

Assim é possível verificar que T1, o tratamento sem aplicação de micronutriente via semente e foliar, foi o que mais preservou o índice germinativo, com um percentual inicial de 80,12% de germinação e quando submetidas ao armazenamento por 60, 120 e 180 dias expressaram respectivamente um percentual de 73,37%, 68,75% e 65,25% de sementes normais germinadas. Já as sementes tratadas e produzidas com zinco, T2, T3 e T4, apresentaram índices inferiores de germinação no tempo 0 de armazenamento, onde os valores obtidos foram respectivamente de 75,37%, 77,15% e 77,37% de germinação.

Resultados semelhantes aos de Nakao *et al.* (2018), onde verificou-se que a testemunha apresentou um maior índice de germinação em sementes de soja, 97,5%, em relação a maioria dos tratamentos onde a aplicação foliar de Zn foi realizada. Porém, para Lemes *et al.* (2017), o tratamento de sementes de soja com zinco foi responsável por um efeito positivo na germinação, obtendo um incremento de 0,5 ponto percentual neste índice. Já Tunes *et al.* (2012) verificou que sementes de trigo tratadas com zinco não apresentaram interferência na germinação, corroborando com Funguetto *et al.* (2010) que também não observou interferência do zinco na germinação de sementes de arroz.

Porém, com 60 dias de armazenamento as sementes tratadas com zinco via TS e AF apresentaram índices superiores de germinação quando comparadas com a testemunha, além de apresentar uma perda menor do potencial germinativo em relação a primeira avaliação, sendo os percentuais de germinação de 74,62%, 77,87% e 73,75%, onde T3 foi o tratamento com o maior valor nesse período. Cadorin *et al.*, (2022) analisando a influência do Biozyme®, fertilizante mineral misto com Zn na composição, em sementes de soja durante o armazenamento, também

observou que a germinação até os 60 dias não foi comprometida por nenhum tratamento, mantendo suas características fisiológicas até esse período.

Todavia, tanto aos 120 dias, quanto aos 180 dias de armazenamento, os índices de germinação das sementes tratadas com zinco foram menores quando comparada a testemunha. Chegando ao final do período armazenagem com percentuais de 49,25%, 54,87% e 60,25% de germinação. Lembrando que o exigido para a comercialização de sementes de soja no Brasil de acordo com a Instrução Normativa número 45, de 17 de setembro de 2013 (MAPA, 2013) é uma germinação mínima de 80%.

Sabendo que o zinco participa como ativador enzimático no metabolismo vegetal (RIBEIRO; SANTOS, 1996), era esperado um maior desempenho fisiológico das sementes produzidas com o micronutriente, porém o efeito do TS e do AF foi negativo para variável GE. Resultado também apresentado por Yagi *et al.* (2006) onde observou que o tratamento com zinco em sementes de sorgo reduziu o percentual de sementes geminadas.

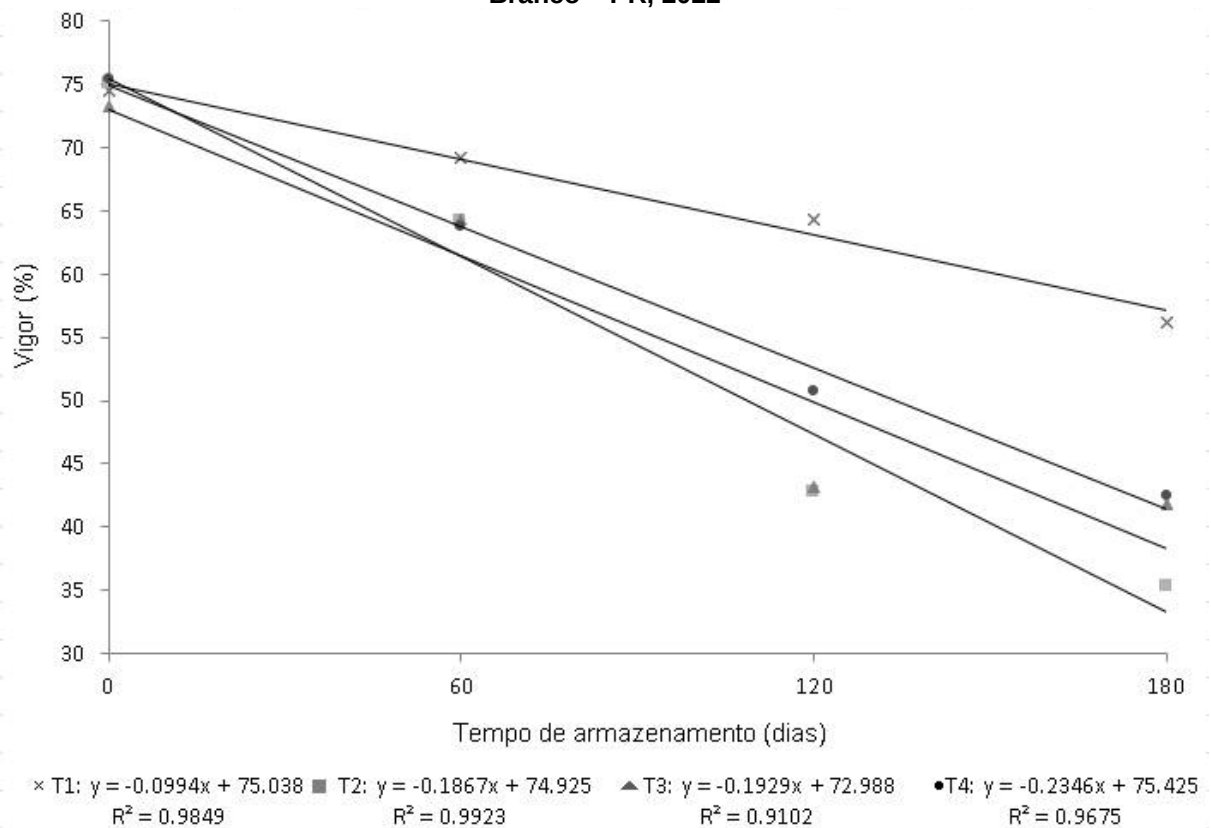
Essa interferência negativa, como aponta Malavolta (2006), pode ser explicada por um possível efeito tóxico do zinco, visto que por ser requerido em pequenas quantidades e a faixa entre o efeito benéfico ou maléfico ser estreita, as doses elevadas de zinco podem ser responsáveis pela redução deste índice.

Por meio da figura 2 é possível observar a interação dos tempos de armazenamento e os tratamentos com zinco para variável EA, sendo representadas por modelos de equações lineares decrescentes, apontando também para uma relação de perda de vigor em função do tempo de armazenamento. Assim, coube analisar qual o tratamento apresentou o melhor desempenho inicial e, posteriormente, qual dentre eles mais retardou o processo de degradação da semente, preservando seu vigor.

No tempo zero de armazenamento pode-se verificar que T2 e T4 foram os que apresentaram os maiores índices, com 75% e 75,5%, havendo em ambos os tratamentos a aplicação de zinco ainda no tratamento da semente. Já T1 e T4 apresentaram percentuais de 74,5% e 73,25%, onde o tratamento com aplicação de zinco somente via foliar foi o tratamento que apresentou o menor resultado. Porém, nenhum tratamento apresentou uma diferença significativa em relação a testemunha, corroborando com o que foi verificado por Teixeira *et al.* (2005) onde

não houve diferença entre os tratamentos em relação aos valores dos testes de vigor, em sementes de feijão submetidas a adubação foliar de Zn e Mn.

Figura 2 – Envelhecimento Acelerado (EA - %) de sementes de soja submetidas a quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. UTFPR, Pato Branco – PR, 2022



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Passados 60 dias de armazenamento foi T1, a testemunha, que apresentou o maior percentual de 69,25%, seguido por T2, T3 e T4 que apresentaram resultados quase equiparados de 64,25%, 64,37% e 63,75%. Além disso, é possível analisar que a diferença entre a testemunha e os demais tratamentos se aprofunda com o prolongamento no tempo de armazenamento, onde T1 aos 120 dias apresenta um índice de 64,37%, enquanto T2, T3 e T4 apresentam índices de 42,75%, 43,12% e 50,75%, sendo, entre as sementes tratadas com zinco, o tratamento via semente e aplicação foliar que expressou o melhor resultado. Um resultado semelhante pode

ser verificado no último período de armazenamento analisado, de 180 dias, onde as sementes provenientes dos tratamentos apresentaram resultados inferiores a testemunha, sendo o vigor de T1 determinado em 56,25% e T2, T3 e T4 em 35,25%, 41,75% e 42,50% respectivamente.

Tais resultados são contrastantes aos apresentados por De Oliveira *et al.* (2017), visto que o vigor das sementes, quando avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, apresentou uma influência positiva da adubação foliar com zinco em sementes de soja, onde a melhor dose foi de 8,4 kg ha⁻¹ de Zn com um vigor de 66,5% e o tratamento com a menor média foi justamente a testemunha (dose de zero kg ha⁻¹ de Zn) com 42,5%. Lemes *et al.* (2017) também observou que o efeito de diferentes doses de zinco no envelhecimento acelerado de dois lotes de soja foi positivo, havendo um aumento no percentual de plântulas normais de acordo com a dose, onde 3,1 mL kg de sementes⁻¹ foi a dose mais eficiente para o lote A e 1,18 mL kg de sementes⁻¹ a melhor dose para o lote B, com um vigor de 88% e 89% respectivamente.

O zinco, como um ativador enzimático, pode realmente possuir um efeito benéfico uma vez que essa característica contribuí para um aumento da respiração e conseqüentemente um aumento da produção de ATP, responsável por suprir a necessidade energética vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2010, *apud*, Oliveira *et al.*, 2017).

Tabela 5– Resumo do teste de Duncan de um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável peso de mil sementes (PMS – g). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Tratamentos com zinco	Médias
T1	186,11 a
T2	181,45 b
T3	179,30 b
T4	177,41 b

***Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Duncan. FONTE: Elaboração própria (2022)**

Para variável PMS, pode ser verificado que houve diferença significativa entre os tratamentos em nível de 5% de probabilidade de erro, como exposto na tabela 5. Sendo a testemunha (T1) o melhor tratamento, com uma média de 186,11 g para o peso de mil sementes, diferindo dos demais tratamentos, implicando consequentemente no efeito negativo do tratamento de semente e da aplicação foliar com zinco para a variável. Entretanto, Haach e Primieri (2012), observou uma maior média na massa de cem grãos de soja quando realizada a aplicação de Zn e Mo via tratamento de semente e aplicação foliar. Além disso, Lemes *et al.* (2017) observou um aumento no peso de sementes por plantas em relação a dose zero de Zn, como verificou Oliveira *et al.* (2017) onde a aplicação foliar de diferentes doses de Zn em sementes de soja resultaram em um efeito positivo sobre o PMS.

Segundo o manual de Regras para Análise de Sementes (2019), a variável PMS auxilia na determinação do tamanho das sementes, da sanidade e do seu estado de maturação. Logo, a interferência negativa no peso de mil sementes, analisada em conjunto com as demais variáveis, corroboram para a análise de uma redução da qualidade fisiológica da semente ao longo do tempo que é agravado pelo tratamento com zinco.

Tabela 6 – 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 zinco, sendo T1 – Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, T2 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, T3 – sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), T4 – com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Teste de Kruskal-Wallis	
Informação	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
Kruskal-Wallis qui-quadrado	33,41
Graus de liberdade	15
p-valor	0,0041*

*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: Elaboração própria (2022)

A tabela 6 apresenta os resultados da análise não paramétrica de Kruskal-Wallis realizada para a variável CE, onde houve uma diferença significativa em nível

de 5% de probabilidade de erro, ou seja, existe ao menos uma combinação dos tratamentos que se difere dos demais. O teste de condutividade elétrica avalia a integridade da membrana celular por meio da sua permeabilidade seletiva, onde índices altos de condutividade indicam uma membrana menos integrada que libera uma maior quantidade de solutos, apontando conseqüentemente um menor vigor das sementes (NAKAO *et al.*, 2018; ALVES, 2022).

Tabela 7 – Resumo do teste de Kruskal-Wallis seguido de teste de Simes-Hochberg para um experimento fatorial – quatro tempos de armazenamento (0,60, 120 e 180 dias) e quatro tratamentos do micronutriente zinco (Sem tratamento de sementes + sem aplicação foliar, com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + sem aplicação foliar de zinco, sem tratamento de sementes zinco + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), com tratamento de sementes zinco (87,5 ml 100 kg⁻¹ de sementes) + com aplicação foliar de zinco (70 ml ha⁻¹), conduzindo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para a variável condutividade elétrica (CE – $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$). UTFPR, Pato Branco – PR, 2022

Tabela dos agrupamentos		
	Tratamento	Médias (Rank)
T1	Testemunha x 0 dias de armazenamento	4,25 a
T2	Testemunha x 60 dias de armazenamento	12,25 ab
T3	Testemunha x 120 dias de armazenamento	16 ab
T9	TF Zn x 0 dias de armazenamento	24,75 abc
T6	TS Zn x 60 dias de armazenamento	25 abc
T5	TS Zn x 0 dias de armazenamento	25,25 abc
T10	TF Zn x 60 dias de armazenamento	34,75 abc
T11	TF Zn x 120 dias de armazenamento	35,25 abc
T13	TS Zn + AF Zn x 0 dias de armazenamento	36 abc
T8	TS Zn x 180 dias de armazenamento	37 abc
T7	TS Zn x 120 dias de armazenamento	38,5 abc
T4	Testemunha x 180 dias de armazenamento	39,75 abc
T14	TS Zn + AF Zn x 60 dias de armazenamento	41,25 abc
T15	TS Zn + AF Zn x 120 dias de armazenamento	44,5 bc
T12	TF Zn x 180 dias de armazenamento	46,75 bc
T16	TS Zn + AF Zn x 180 dias de armazenamento	58,75 c

***Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Kruskal-Wallis seguido de teste de Simes-Hochberg. ¹TS= tratamento de sementes; ²AF= aplicação foliar. FONTE: Elaboração própria (2022)**

Portanto, como pode ser analisado na tabela 8, o tratamento que obteve o melhor desempenho foi T1 com $4,25 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ que diferiu apenas dos tratamentos T15, T12 e T16 que apresentaram índices de $44,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, $46,75 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ e $58,75 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Logo, pode ser verificado que a testemunha no tempo 0 de armazenamento foi o tratamento que permitiu o maior vigor, devido a menor condutividade elétrica. Todavia, o tratamento com zinco via TS e AF aos 180 dias de armazenamento (T16) apresentou o pior desempenho com a maior CE, indicando sementes menos vigorosas.

Entretanto, um trabalho realizado por Marcandalli *et al.* (2011), avaliando o uso de dessecantes na qualidade fisiológica de sementes de soja, observou que índices de CE próximos a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ não interferiram no percentual de sementes de soja germinadas. Já Sá e Lazarini (1995) observaram valores altos na germinação, no vigor e a na emergência a campo de sementes de soja com CE abaixo de $60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Nakao *et al.* (2017) avaliando a qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas a adubação foliar com Zn e B observou em todos tratamentos valores de condutividade elétrica superior a $60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, classificando-as com um vigor adequado. Além disso, Alves (2022) observou em dois lotes de sementes de soja tratadas com micronutrientes valores superiores a $90 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

Assim com os valores expostos na tabela 8, pode ser verificado que apesar de a CE aumentar de acordo com os períodos de armazenamento e com o tratamento e produção com Zn, as sementes apresentaram valores correspondentes com a literatura.

De forma geral, quando verificadas todas as variáveis é possível observar uma redução na qualidade fisiológica das sementes de soja tratadas com zinco ao longo do período de armazenamento em temperatura e umidades ambiente no município de Pato Branco, PR.

6 CONCLUSÃO

A aplicação de zinco via tratamento de sementes e via adubação foliar influencia negativamente a qualidade fisiológica de sementes de soja;

A aplicação de zinco via tratamento de sementes e via adubação foliar não auxilia na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento em temperatura e umidade ambiente;

Sementes de soja não tratadas com zinco e não adubadas via foliar responderam melhor ao armazenamento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, por meio dos resultados obtidos, verificou que a aplicação de zinco via tratamento de sementes e via adubação foliar resultou em uma influência negativa para a qualidade fisiológica das sementes.

Além disso, observou que os tratamentos com zinco não auxiliou na manutenção da qualidade fisiológica das sementes de soja durante o armazenamento.

Também identificou que o armazenamento, em condições não controladas, foi responsável pela redução drástica do potencial fisiológico da soja em todos os tratamentos, interferindo na germinação, no vigor e na condutividade elétrica, não interferindo no peso de mil sementes. A testemunha foi identificada como o melhor tratamento no final do armazenamento, implicando que o tratamento e a adubação com zinco agravaram a degradação das sementes durante o armazenamento.

Assim, buscando confirmar o real efeito do zinco durante o armazenamento, sugere-se novas avaliações com esse micronutriente, verificando outras formas de aplicação, doses, fontes de Zn e outras culturas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. S. *et al.* Efeitos de inseticidas, fungicidas e biorreguladores na qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. **Revista de Agricultura**, v.89, n.3, p.172-782, 2014.
- ALVES, R. M. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes apresentando diferentes níveis de vigor: absorção durante a germinação e efeitos sobre o potencial fisiológico das sementes e desempenho inicial das plantas. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. 2022.
- BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.
- CADORIN, D. A. *et al.* Tratamento de sementes de soja durante períodos de armazenamento. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 27722-27740, 2022.
- CESB, **Comitê Estratégico Soja Brasil**. A História antes e depois da soja. 2019.
- CISCON, G. P. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max*) submetidas a diferentes inseticidas em tratamento de sementes e períodos de armazenamento. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 20870-20880, 2021.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2020/2021, v. 2, n. 9, p. 1-104, 2021.
- DALLA COSTA, D. A. **Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja com aplicação de zinco e boro**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2021.
- DAN, L. G. M. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 32, n.2, p. 131-139, 2010.
- DE OLIVEIRA, F. C. *et al.* Potencial fisiológico de sementes de soja em diferentes doses e épocas de aplicação de zinco. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 66-71, 2017.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas**. Embrapa Uva e Vinho - Capítulo em livro científico, 2007.
- DIAS, J. P. T. **Ecofisiologia de Culturas Agrícolas**. Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2018.
- DOS SANTOS, F. D. *et al.* Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Tecno-Lógica**, v. 25, n. 2, p. 272-278, 2021.
- EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014. Sistemas de Produção 16**. Londrina, PR. 2013.
- FARIAS, J. R. B. *et al.* **Ecofisiologia da Soja**. Circular Técnica, N. 48 .Londrina: Embrapa CNPSO, 9p. 2007.

FELISBERTO, G. *Caracterização de respostas morfológicas e fisiológicas de plantas de soja submetidas a estresse hídrico*. 2015. **PhD Thesis**. Universidade de São Paulo. 2015.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A.C. *Deficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso*. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.
FRANÇA-NETO, J. B. *et al.* **Características fisiológicas da semente: vigor, viabilidade, germinação, danos mecânicos tetrazólio, deterioração por umidade tetrazólio, dano por percevejo tetrazólio e sementes verdes**. Embrapa Soja – 2018.

FRANÇA-NETO, J.B. *et al.* **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Embrapa Soja, Documentos, 380, 82p. Londrina: Embrapa Soja, 2016.

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

FUNGUETTO, C. I. *et al.* Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2. p. 117-115. 2010.

GOLLDFARB, M.; QUEIROGA, V. de P. **Considerações sobre o armazenamento de sementes**. Embrapa Algodão - Artigo em periódico indexado (ALICE), 2013.

HAACH, R.; PRIMIERI, C. Aplicação de zinco e molibdênio em tratamento de sementes e via foliar na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 5, n. 1, p. 21-29, 2012.

HIPÓLITO, J. L.; BORGES, W. L. B. Manejo Nutricional e Hormonal da Cultura da Soja para Altas Produtividades. **Nucleus**, p. 27-34, 2017.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas com a Produção de Soja nos Contextos Mundial e Brasileiro**. Documentos Embrapa, Londrina, n. 349, 2009.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Documentos Embrapa, Londrina, n. 349, 2014.

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.

KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **International Plant Nutrition Institute**, n.118, v.1, p.1-24, 2007.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1248-1256. 2005.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 24p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 136). 2018.

LACERDA, A. L. S. *et al.* Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 97-105, 2003.

LEMES, E. *et al.* Tratamento de sementes de soja com zinco: efeito na qualidade fisiológica e produtividade. In: **Colloquium Agrariae**. p. 76-86. ISSN: 1809-8215. 2017.

LIMA NETO, A. J.; NATALE, W.; MODESTO, V. C. Resposta de porta-enxertos de caramboleira à adubação com zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 1074-1082, 2014.

LUDWIG, M.P. *et al.* Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.3, p.395-406, 2011.

MACULAN, J. F. *et al.* Componentes de Rendimento de Genótipos de Soja em Relação a Forma de Obtenção da Semente. **HOLOS**, v. 7, p. 1-17, 2021.

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

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa número 45**, de 17 de setembro de 2013. 2013.

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I. C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2, p.241-250, 2011.

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

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

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. 643 p. **xford: Academic Press**, 2012.

MATTOS, E. C. *et al.* Estudo da identidade histológica de subprodutos de soja (*Glycine max L.*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 2, p. 104-110. ISSN 1983-3814. 2016.

MOTERLE, L. M. *et al.* Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 5, p.651-660, out. 2011.

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

OLIVEIRA, F. C. D. *et al.* Diferentes doses e épocas de aplicação de zinco na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, p. 28–35, dez. 2017.

OLIVEIRA, S. *et al.* Tratamento de sementes de Avena sativa L. com zinco: qualidade fisiológica e desempenho inicial de plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 1131-1142. 2014.

PRADO, R. M. *et al.* Crescimento inicial e estado nutricional do trigo submetido à aplicação de zinco via semente. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal**, Temuco, v. 7, n. 2, p. 22-31, 2007.

RESENDE, A. V. **Adubação da soja em áreas de Cerrado: micronutrientes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 27p. 2004.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.

SÁ, M. E.; LAZARINI, E. Relação entre os valores de condutividade elétrica e níveis de emergência em sementes de diferentes genótipos de soja. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 5, n. 2, p.143, 1995.

SAGAN, C. Carl Sagan. Pensador. Disponível em https://www.pensador.com/autor/carl_sagan/. Acesso em: 23 abr. 2022.

SANTOS, A. C *et al.* **Fatores e técnicas de produção e sua influência na produtividade e qualidade da soja**. 2017.

SANTOS, M. **Adubação foliar de boro em associação com cálcio na cultura da soja em sistema de plantio direto**. Monografia Curso de Agronomia, Universidade Federal do Santa Catarina, Curitibanos, 2016.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

SILVA, E. P. *et al.* **Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à arrefriado e mantidas em diferentes condições de armazenamento**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2021.

SILVA, R. L. **Doses de micronutrientes aplicadas no tratamento de sementes de milho (*Zea mays*) e seus efeitos no rendimento de grãos**. Monografia Curso de Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

SILVA, R. M. *et al.* Eficiência da aplicação de nutrientes via semente e foliar na cultura do amendoim. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p.97–101, 2018.

SILVA, R. R. Relação entre precipitação pluviométrica da cultura de soja no município de Ibirubá – RS. 2013. 93f. **Dissertação (Mestrado em Geografia)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SILVA, T. A. *et al.* Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 46, n. 2, p. 227–232, 2016.

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, S. A. **Efeitos da aplicação de nutrientes da produtividade e qualidade de sementes de soja**. 56 p. Tese (Doutorado) — Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

STEINER, F. *et al.* Zinco e nitrogênio no desempenho agrônômico do milho safrinha. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 4, n. 2, p.9-17, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: **Artmed**. Unidade 1, p. 68-159. 2013.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. *et al.* Qualidade tecnológica e produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar submetida a adubação com zinco. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1603-1614, 2013.

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**, v. 64, n. 1, p. 83–88, 2005.

TUNES, L. M. **Atributos de qualidade em sementes de trigo recobertas com zinco durante e após o armazenamento**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil. 2011.

TUNES, L. M. *et al.* Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1141-1146, 2012.

TUNES, L. M. *et al.* Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1141–1146, 2012.

USDA, Departamento de Agricultura dos EUA. **Safra Mundial de Soja 2020/21 - 6º Levantamento do USDA**. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp). 2021.

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.

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Coleta e beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (ed). Germinação do básico ao aplicado. São Paulo: **Artmed**, cap.17, p.265-271. 2004.

VINHAL-FREITAS, I. C. *et al.* Germinação e vigor de sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Agropecuária Técnica**, Ituiutaba, v. 32, n. 1, p.108-114, jan. 2011.

YAGI, R. *et al.* Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.655-660, 2006.