

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes**



**Tese**

**Testes de vigor e tratamento de sementes de cevada com nutrientes**

**Lucian Alex dos Santos**

**Capão do Leão-RS, 2021**

**Lucian Alex dos Santos**

Engenheiro Agrônomo

**Testes de vigor e tratamento de sementes de cevada com nutrientes**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador:

Prof. Dr. Francisco Amaral Villela (FAEM/UFPEL)

Coorientador:

Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello (FAEM/UFPEL)

Capão do Leão-RS, 2021

**Rio Grande do Sul - Brasil**

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

S237t Santos, Lucian Alex dos

Testes de vigor e tratamento de sementes de cevada com nutrientes / Lucian Alex dos Santos ; Francisco Amaral Villela, orientador ; Geri Eduardo Meneghello, coorientador. — Pelotas, 2021.

91 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. *Hordeum vulgare* L.. 2. Qualidade fisiológica. 3. Vigor. 4. Temperatura. 5. Nutrientes. I. Villela, Francisco Amaral, orient. II. Meneghello, Geri Eduardo, coorient. III. Título.

CDD : 631.521

**Lucian Alex dos Santos**

Engenheiro Agrônomo

**Testes de vigor e tratamento de sementes de cevada com nutrientes**

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, RS.

Data da Defesa: 30 de Agosto de 2021

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Francisco Amaral Villela (Orientador)  
Doutor em Agronomia pela ESALQ/USP.

---

Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello (Coorientador)  
Doutor em Ciências pela UFPel.

---

Profa. Dra. Lilian Christian Domingues de Souza  
Doutora em Sistemas de produção pela Unesp.

---

Prof. Dra. Elaine Rech  
Doutora em Fitotecnia pela UFRGS.

---

Prof. Dr. Lilian Vanussa Madruga de Tunes  
Doutora em Ciências pela UFPel.

“A minha linda esposa **Ana** pelo seu amor, carinho e paciência”. À minha mãe **Joice Maria Moresco**, aos meus avós **Leonilda Moresco** (In memoriam) e **Claudino Liberal Moresco**, pelo amor e carinho, pelo belo exemplo de vida, por acreditarem no meu trabalho e nos meus objetivos.

**DEDICO...**

## **Agradecimentos**

À minha esposa, pelo amor, carinho, paciência e pelos sábios conselhos.

A minha mãe, pelo incentivo, carinho, amor, conselhos, ajuda motivacional e financeira.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Amaral Villela pela sua confiança, paciência, dedicação e pelos conselhos.

Aos meu Coorientador Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello pelos conselhos, e ensinamentos.

À professora Lilian Vanussa Madruga de Tunes pela amizade, parceria, conselhos, ajuda em momentos difíceis e por todo carinho.

Às professoras Dra. Lilian Christian Domingues de Souza e Dra. Elaine Rech pela disponibilidade em participar do meu exame de defesa da tese de doutorado, e, pelas ricas contribuições ao trabalho.

Aos estagiários Ana Karina do Carmo Ferreira dos Santos e Renan do Carmo Ferreira, pela grandiosa ajuda e companheirismo durante o desenvolvimento dos experimentos.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Pelotas.

À Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel pelo acolhimento.

**Muito obrigado.**

*Só sei que nada sei por completo  
Só sei que nada sei que só eu saiba  
Só sei que nada sei que eu não  
possa vir a saber  
Só sei que nada sei que outra pessoa  
não saiba  
Só sei que nada sei que eu e outra  
pessoa não saibamos juntos (MÁRIO  
SÉRGIO CORTELLA).*

## Resumo

SANTOS, Lucian Alex. **Testes de vigor e tratamento de sementes de cevada com nutrientes**. 2021. 91f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2021.

Esta pesquisa foi dividida em dois estudos. O estudo I teve como objetivo determinar as condições adequadas para condução dos testes de condutividade elétrica e de envelhecimento acelerado na avaliação do potencial fisiológico de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê. Utilizaram-se seis lotes de sementes de cevada. Determinaram-se massa de mil sementes, teor de água e testes de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz, envelhecimento acelerado (41°C e 45°C) nos períodos de 24, 48, 72 e 96h, condutividade elétrica em sete períodos (1, 2, 3, 4, 6, 8 e 24 h), três números de sementes (25, 50 e 75) e três volumes de água deionizada (50, 75 e 100mL) e emergência em campo. Os testes de primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado tradicional, comprimento de raiz e emergência de plântulas foram eficientes no ranqueamento de lotes de sementes em diferentes níveis de vigor. Conclui-se que, o teste de condutividade elétrica com um período de um hora de embebição, utilizando 75 sementes e 50 mL de água, foi eficiente na classificação de lotes de sementes de cevada. O teste de envelhecimento acelerado após 48 horas de exposição das sementes às temperaturas de 41 °C e 45 °C foi eficiente na classificação de lotes de sementes de cevada. O estudo II objetivou avaliar o efeito do tratamento de sementes com os complexos de nutrientes: Packseed® 0,70% de Zn, Packseed® 1,50% de Zn e Ultrazinc® 3,00% de Zn, em cinco doses, na armazenabilidade e no desempenho fisiológico de sementes de cevada. Utilizaram-se sementes de um lote de sementes de cevada. Determinaram-se a massa de mil sementes, teor de água, teste de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz, envelhecimento acelerado e emergência em campo. Conclui-se que, o tratamento de sementes de cevada com os complexos de nutrientes favorece a qualidade fisiológica das sementes. As doses mais eficientes em favorecer a qualidade fisiológica de sementes de cevada para os complexos de nutrientes Packseed 0,70% de Zn, Packseed 1,50% de Zn e Ultrazinc 3,00% de Zn variaram, respectivamente, entre 1,68 e 2,33mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, 1,97 e 3,00mL.kg<sup>-1</sup> de sementes e 1,50 e 2,32mL.kg<sup>-1</sup> de sementes. As sementes tratadas com os três complexos de nutrientes apresentaram redução da qualidade fisiológica após 21 dias de armazenamento.

**Palavras chave:** *Hordeum vulgare* L. Qualidade Fisiológica. Vigor. Temperatura. Nutrientes.



## Abstract

SANTOS, Lucian Alex dos. **Vigor tests and nutrient treatment of barley seeds.** 2021. 89f. Thesis (Doctorate in Science) - Postgraduate Program in Seed Science and Technology, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas – RS, 2021.

This research was divided into two studies. Study I aimed to determine the appropriate conditions for conducting the electrical conductivity and accelerated aging tests in the evaluation of the physiological potential of barley seeds, cultivar BRS Cauê. Six batches of barley seeds were used. One thousand seed weight, water content and germination tests, first germination count, shoot and root length, shoot and root dry mass, accelerated aging (41°C and 45°C) in the periods were determined. 24, 48, 72 and 96h, electrical conductivity in seven periods (1, 2, 3, 4, 6, 8 and 24 h), three numbers of seeds (25, 50 and 75) and three volumes of deionized water (50, 75 and 100mL) and field emergency. The first germination count, traditional accelerated aging, root length and seedling emergence tests were efficient in ranking seed lots at different vigor levels. It is concluded that the electrical conductivity test with a period of one hour of imbibition, using 75 seeds and 50mL of water, was efficient in classifying barley seed lots. The accelerated aging test after 48 hours of seed exposure to temperatures of 41°C and 45°C was efficient in classifying barley seed lots. Study II aimed to evaluate the effect of seed treatment with the nutrient complexes: Packseed® 0.70% Zn, Packseed® 1.50% Zn and Ultrazinc® 3.00% Zn, in five doses, on storability and on the physiological performance of barley seeds. Seeds from a lot of barley seeds were used. The mass of a thousand seeds, water content, germination test, first germination count, shoot and root length, shoot and root dry mass, accelerated aging and field emergence were determined. It is concluded that the treatment of barley seeds with nutrient complexes favors the physiological quality of the seeds. The most efficient doses in favoring the physiological quality of barley seeds for the nutrient complexes Packseed 0.70% Zn, Packseed 1.50% Zn and Ultrazinc 3.00% Zn varied, respectively, between 1.68 and 2.33mL.kg<sup>-1</sup> of seeds, 1.97 and 3.00mL.kg<sup>-1</sup> of seeds and 1.50 and 2.32mL.kg<sup>-1</sup> of seeds. Seeds treated with the three nutrient complexes showed a reduction in physiological quality after 21 days of storage.

**Keywords:** *Hordeum vulgare*. Physiological Quality. Vigor. Temperature. Nutrients.

## Lista de Tabelas

### Capítulo I

Tabela 1	Resultados referentes a teor de água (TA), massa de mil sementes (PMS), germinação (G), primeira contagem da germinação (PCG), tetrazólio (TZ) e envelhecimento tradicional (EAT) de seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê. Capão do Leão, RS. 2021.....	32
Tabela 2	Resultados referentes a comprimento da parte aérea de plântula (CPA), comprimento de raiz de plântula (CR), massa seca de parte aérea de plântula (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e emergência de plântula (E) de seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê. Capão do Leão, RS. 2021.....	33
Tabela 3	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) em seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê, utilizando as combinações 25, 50 e 75 sementes em 100mL de água deionizada, a 20°C, em sete períodos de absorção de água. Capão do Leão, RS. 2021.....	34
Tabela 4	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) em seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê, utilizando as combinações 25, 50 e 75 sementes em 75mL de água deionizada, a 20°C, em sete períodos de absorção de água. Capão do Leão, RS. 2021.....	35
Tabela 5	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) em seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê, utilizando as combinações 25, 50 e 75 sementes em 50mL de água deionizada, a 20°C, em sete períodos de absorção de água. Capão do Leão, RS. 2021.....	36

Tabela 6	Coeficientes de correlação linear simples (r) entre os resultados do teste de condutividade elétrica e o teste de emergência de plântula: em campo de seis lotes de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê com diferentes níveis de qualidade fisiológica. Capão do Leão, RS. 2021.....	38
Tabela 7	Resultados do teor de água das sementes dos seis lotes de cevada, cultivar BRS Cauê, após o período de envelhecimento acelerado utilizando-se a combinação de quatro tempos de envelhecimento (24, 48, 72 e 96h) e duas temperaturas (41 e 45°C). Capão do Leão, RS. 2021.....	40
Tabela 8	Resultados do teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de cevada da cultivar BRS Cauê, utilizando-se a combinação de quatro tempos de envelhecimento (24, 48, 72 e 96h) e duas temperaturas (41 e 45°C). Capão do Leão, RS. 2021.....	41
Tabela 9	Coeficientes de correlação linear simples (r) entre os resultados do teste de envelhecimento acelerado e do teste de emergência de plântulas em campo de seis lotes de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, com diferentes níveis de qualidade fisiológica. Capão do Leão, RS. 2021.....	42

## Capítulo II

Tabela 10	Resultados referentes a teor de água (TA) e massa de mil sementes (PMS), em dois períodos de armazenamento (Zero D.A.T. e 21 D.A.T.), para cada complexo de nutrientes separadamente, e, nas cinco doses utilizadas para tratar as sementes de cevada, cultivar
-----------	---

BRS Cauê, Capão do Leão, RS	
2021.....	50

Tabela 11	Resultados referentes análise de variância das variáveis germinação (G%), primeira contagem de germinação (PCG%), envelhecimento acelerado (EA%), comprimento de parte aérea, (Cpa), comprimento de raiz (Cr), massa de matéria seca de parte aérea (MMSpa), massa de matéria seca de raiz (MMSr) e emergência de plântulas (E%), para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com três diferentes complexos de nutrientes.	
	Capão do Leão, RS.	
	2021.....	52

### Lista de Figuras

Figura 1	Germinação (G) de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com diferentes doses de Packseed 1,50% de Zn (A e B) e Ultrazinc 3,00% de Zn (C). *Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.....	55
Figura 2	Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com diferentes doses de Packseed 0,70% de Zn (A) e com Packseed 1,50% de Zn (B e C). *Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de 5% de probabilidade ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.....	56
Figura 3	Envelhecimento acelerado (EA) em sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com diferentes doses de Packseed 0,70% de Zn (A), Packseed 1,50% de Zn (B) e Ultrazinc 3,00% de Zn (C e D). *Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.....	58

- Figura 4 Comprimento de parte aérea (CPA) de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A e B) e com Packseed 1,50% de Zn (C). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> Não significativo em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021..... 60
- Figura 5 Comprimento de raiz (CR) de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A e B) e com Packseed 1,50% de Zn (C). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> Não significativo em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021..... 62
- Figura 6 Massa de matéria seca de parte (MMSPA) aérea de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A e B), com Packseed 1,50% de Zn (C e D) e com Ultrazinc 3,0% de Zn (E e F). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> Não significativo em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021..... 64
- Figura 7 Massa de matéria seca de raiz (MMSR) de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A e B), com Packseed 1,50% de Zn (C e D) e com Ultrazinc 3,00% de Zn (E e F). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> Não significativo em nível de probabilidade de

5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS.  
2021.....

Figura 8 Emergência de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A), Packseed 1,50% de Zn (B) e Ultrazinc 3,00% de Zn (C e D). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS.  
2021.....

## **Sumário**

<b>1</b>	<b>Introdução Geral .....</b>	<b>16</b>
	1.1.Importância econômica da cultura da cevada .....	16
	1.2.Cultivar BRS Cauê.....	17
	1.3.Qualidade de sementes .....	17
	1.4.Testes de vigor .....	20
	1.5.Armazenamento de sementes .....	23
	1.6.Tratamento de sementes com nutrientes.....	25
<b>2</b>	<b>Capítulo I – Condutividade elétrica e envelhecimento acelerado em sementes de cevada .....</b>	<b>27</b>
	2.1. Introdução.....	27
	2.2. Material e Métodos .....	29
	2.3. Resultados e Discussão .....	32
	2.4. Conclusões .....	44
<b>3</b>	<b>Capítulo II – Desempenho fisiológico e armazenabilidade de sementes de cevada tratadas com nutrientes .....</b>	<b>45</b>
	3.1. Introdução.....	45
	3.2. Material e Métodos .....	46
	3.3. Resultados e Discussão .....	50
	3.4. Conclusões .....	75
<b>4</b>	<b>Considerações finais .....</b>	<b>77</b>
<b>5</b>	<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>78</b>

## **1 Introdução Geral**

### **1.1. Importância econômica da cultura da cevada**

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é uma planta da família Poáceae, e se originou no Oriente Médio. É cultivada extensamente em diversas regiões do mundo, sendo que a maior parte da produção deste cereal concentra-se nas regiões temperadas da Europa, Ásia e América do Norte (DE MORI & MINELLA, 2012; BARZOTTO et al., 2018).

A sua utilização é vasta e é empregada na alimentação humana, principalmente na fabricação de bebidas como cervejas e destilados, contudo é utilizada na fabricação de medicamentos e alimentos em geral. Contudo, essa cultura é muito utilizada na alimentação animal na forma de forragem verde, feno, silagem, grãos e na fabricação de rações (LIMBERGER et al., 2011; DE MORI & MINELLA, 2012).

No caso da utilização da cevada na fabricação de cervejas, a qualidade dos grãos é de fundamental importância, sendo exigidos elevados padrões de qualidade para o processo de malteação. Nesse sentido, a cevada destinada à indústria deve ser cultivada com muito cuidado, como uma lavoura de sementes, pois, são vários os fatores que podem afetar significativamente a qualidade dos grãos de cevada, como por exemplo o clima, o manejo e a escolha da cultivar mais adequada para a região de produção (MINELLA, 2015). Segundo Gouvêa (2014), os grãos de cevada destinados à produção de malte de excelência precisam ter alta germinação e altos teores de proteína, uma vez que o produto final é diretamente relacionado com essas características.

No Brasil, a cevada é cultivada principalmente em estados da região sul do país (CONAB, 2021), pois, é uma cultura inverno, porém existem algumas áreas no Cerrado brasileiro que se destacam tendo condições ambientais propícias para a produção dessa cultura, em sistema irrigação, contudo, atualmente, a área cultivada no Cerrado é insignificante, comparativamente com a produção no restante do país (SANCHES et al., 2015). Além disso, é um fato que a produção nacional não é suficiente para suprir a demanda interna, de modo que as indústrias cervejeiras acabam importando 85% de grãos e malte. Além disso, a maior parte da cevada produzida no Brasil é empregada no processo de malteação, sendo que em média, 75% da produção se destina à elaboração do malte, 18% para a alimentação animal



na forma de grão, feno e silagem e 7% para a produção de sementes (DE MORI & MINELLA, 2012).

Segundo a portaria 691/96 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, a cevada deve ser comercializada com germinação mínima de 95% (para malteação), com no máximo 12% de proteínas, com grau de umidade máximo de 13%, com o mínimo de pureza varietal de 95%, com no máximo de 3% de material estranho e um máximo de 5% de grãos avariados (BRASIL, 1996).

Para a produção de sementes, a legislação exige germinação mínima de 70% para sementes básicas, 85% para as categorias certificadas (C1, C2) e 85% para sementes fora do processo de certificação (S1 e S2) (BRASIL, 2013).

A produção mundial de cevada na safra 2020/21 foi estimada em torno de 158,5 milhões de toneladas, enquanto que para a safra 2021/22 estima-se uma produção de 154,4 milhões de toneladas (INTERNATIONAL GRAINS COUNCIL, 2021). No Brasil, a estimativa para a área total cultivada com cevada é de 105,3 mil hectares, enquanto que a produção total está estimada em 393,3 mil toneladas, e, a produtividade média de  $3.735\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (CONAB, 2021). No Estado do Rio Grande do Sul, a área total estimada para a produção de cevada, na safra 2021/22, é de 39,1 mil hectares, enquanto que a produtividade de  $2.975\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , e a produção total é estimada em 1.116,3 mil toneladas (CONAB, 2021). O maior produtor de cevada no Brasil é o Estado do Paraná, com área total estimada em 275,1 mil hectares, com produtividade média de  $4.200\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  em uma área cultivada de 65,5 mil hectares (CONAB, 2021).

## **1.2. Cultivar BRS Cauê**

A cultivar BRS Cauê foi lançada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no ano de 2008, sendo indicada para os estados do PR, SC e RS. É uma cultivar com baixos índices de acamamento, responde bem aos ajustes relacionadas às características regionais, apresenta elevado rendimento de grãos e bom desempenho industrial (EMBRAPA, 2021).

Esta cultivar possui porte anão, em torno de 80cm de altura, ciclo variando entre 85 e 90 dias e produtividade potencial de  $6.000\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . A qualidade do malte desta cultivar atende satisfatoriamente a indústria cervejeira brasileira, sendo muito utilizada no país (EMBRAPA, 2009).

## **1.3. Qualidade de sementes**

A utilização de sementes de alta qualidade é fator determinante para a obtenção de lavouras com altas produtividades, pois, depende diretamente de um adequado estande de plantas, e este está diretamente relacionado com o vigor das sementes. Em relação à obtenção de sementes com alta qualidade, cabe ressaltar que são vários os fatores que podem influenciar de maneira tanto positiva como negativa, como por exemplo, as condições do ambiente, fertilidade dos solos, pragas, doenças, danos mecânicos, deterioração entre outros (PÁDUA et al., 2010; CARVALHO & NAKAGAWA, 2012; ZUCARELI et al., 2014).

É importante destacar que no ambiente de cultivo, as plantas e as sementes estão expostas a diversas condições ambientais adversas. Esse ambiente exerce elevada influência sobre a qualidade fisiológica das mesmas, podendo aumentar sua deterioração, isso por que há oscilação da umidade relativa e da temperatura do ar ao longo do dia e da noite. Cabe ressaltar que o processo de deterioração é inevitável e irreversível, contudo pode ser retardado conforme as condições de armazenagem e as características da semente (CARDOSO et al., 2012; MARCOS FILHO, 2013).

É um fato que a intensidade e a velocidade do processo de deterioração dependem de fatores genéticos e também do ambiente. Nesse sentido, tal processo pode ser iniciado ainda antes da maturidade fisiológica, influenciando negativamente a qualidade fisiológica de sementes, principalmente em termos de vigor, resultando na redução do poder germinativo. Após o ponto de maturidade fisiológica, as sementes permanecem ainda no campo até atingirem teor de água adequado para a colheita, enquanto isso, várias condições estressantes atuam sobre as sementes. Além disso, as fases vegetativa e reprodutiva são críticas em relação às condições estressantes podendo resultar em sementes menores, mais leves, deformadas e com baixa qualidade fisiológica (MARCOS FILHO, 1999; CARDOSO et al., 2012; FRANÇA NETO et al., 2016).

Cabe ressaltar que sementes de alta qualidade são aquelas que apresentam ótimas condições físicas, genéticas, fisiológicas e sanitárias, ou seja, só se consegue sementes com altas porcentagens de germinação e vigor se elas apresentarem todos esses atributos em sincronia (PESKE et al., 2012; MARCOS FILHO, 2015). Portanto, o produtor de sementes deve se preocupar com todas as etapas de maneira a evitar a redução da qualidade das sementes produzidas.

Nesse sentido, a colheita no momento adequado é fator determinante para a obtenção de sementes de alta qualidade fisiológica. Dessa forma, o atraso da colheita,

a partir da maturidade fisiológica, influencia negativamente a qualidade das sementes produzidas (PELÚZIO et al., 2008; DINIZ et al., 2013; MATHIAS et al., 2017). É um fato que as sementes apresentam maior qualidade, em termos de germinação e de vigor, no momento em que atingem o ponto de maturidade fisiológica, contudo, geralmente não é possível realizada a operação de colheita, pois, as sementes apresentam altos teores de água, de modo que a colheita poderá acarretar elevada danificação mecânica, reduzindo a qualidade do lote de sementes colhido. Nesse sentido, os produtores precisam esperar a redução da umidade das sementes, naturalmente (MARCANDALLI et al., 2011; PESKE et al., 2012).

Após a colheita, as sementes são encaminhadas para a unidade de beneficiamento de sementes (UBS), onde passarão pelo processo de pré-limpeza, secagem, beneficiamento e armazenamento. Em cada uma das etapas citadas, as sementes estão predispostas a sofrer algum tipo de dano, geralmente o dano mecânico. Para tentar minimizar os danos é essencial a utilização de equipamentos adequados, como por exemplo, transportadores horizontais e elevadores que minimizam os impactos nas sementes, temperatura do ar de secagem adequada, secadores apropriados para sementes da espécie que será secada, entre outros fatores (PESKE et al., 2012).

O armazenamento de sementes é outra etapa importante no processo de produção de sementes de qualidade, pois, se o produtor realizar tudo certo desde a semeadura até o beneficiamento e não cuidar no armazenamento, os lotes de sementes serão afetados negativamente em termos de qualidade. Isso ocorre, pois, segundo Duffus & Slaughter (1980), a semente é um ser vivo, e ao longo de todos os processos ela fica exposta a condições ambientais, as quais causam o seu envelhecimento e, por fim podem causar a sua morte. Esses mesmos autores ressaltam que ao se falar em conservação de sementes, não significa que se pretende aumentar a sua vida, nem deter totalmente sua deterioração normal, mas se visa reduzir os processos que causam a sua deterioração e decréscimo da qualidade. Além disso, o armazenamento de sementes em condição de alta umidade relativa e alta temperatura do ar podem acelerar o processo de deterioração (SCHONS et al., 2018).

O principal problema em relação à conservação das sementes ao longo do armazenamento é o alto teor de água das sementes. Sementes com alto teor de água apresentam maior taxa respiratória, a consequência desse fato é que ocorrerá maior consumo de reservas e o resultado será um menor tempo de vida das sementes

durante o armazenamento (PESKE et al., 2012). Cabe ressaltar ainda que, as sementes são higroscópicas, ou seja, ganham ou perdem água em função da umidade relativa do ar a uma dada temperatura. Esse processo é mais intenso no início do armazenamento, depois as sementes tendem a atingir o equilíbrio higroscópico com o tempo de armazenamento e aquele efeito é reduzido (STRELEC et al., 2010).

Segundo Popinigis (1985), o processo respiratório que ocorre nas sementes é um fenômeno que consiste basicamente na oxidação das substâncias orgânicas e na liberação gradativa de energia química. Essa energia, por sua vez, será utilizada nas atividades metabólicas relacionadas com os movimentos das substâncias de reserva através de tecidos e órgãos, além de ser aproveitada nas reações de sínteses de lipídios, proteínas e outras moléculas. Esses mesmos autores ressaltam que durante o processo de germinação das sementes a taxa respiratória é mais elevada, comparativamente aos outros processos fisiológicos que ocorrem nas plantas.

Nesse sentido, o armazenamento de sementes visa manter a qualidade das sementes, de modo que é impossível aumentar a qualidade de sementes durante o armazenamento.

#### **1.4. Testes de vigor**

O teste padrão de germinação é rotineiramente utilizado em laboratórios de análise de sementes, pois ele expressa a capacidade que a semente tem em formar uma plântula normal, porém, este teste é realizado em condições ótimas de temperatura e umidade (BRASIL, 2009). Contudo, os resultados desse teste não podem servir como base para o produtor, pois, muitas vezes os resultados do teste de germinação obtidos em laboratórios são diferentes daqueles obtidos no campo. Isso ocorre, pois, no campo as sementes encontram condições adversas, as quais muitas vezes são estressantes, isso pode corroborar para que a quantidade de sementes que originam plântulas normais no campo sejam, as vezes, menores que as obtidas no teste de germinação (HAESBAERT et al., 2017). Cabe ressaltar que o vigor das sementes é o reflexo de um conjunto de atributos citológicos e bioquímicos, que permitem que as sementes consigam germinar, emergir e originar plântulas normais de forma rápida, contudo, esses atributos se relacionam intimamente com o ambiente onde as sementes se desenvolveram, durante sua produção e também no ambiente onde serão semeadas (TUNES et al., 2011; MARCOS FILHO, 2015).

Para determinar o vigor de lotes de sementes, as empresas produtoras tem à disposição uma série de métodos, testes e determinações, como por exemplo métodos baseados na organização do sistema de membranas celulares (NOGUEIRA et al., 2013), testes de resistência, por exemplo, ao frio (PEREIRA et al., 2008), temperatura e umidade (GRZYBOWSKI et al., 2015), índice de velocidade de emergência (SENA et al., 2015), assim como, massa seca (MARCOS FILHO et al., 2015) ou por processos bioquímicos, a exemplo da atividade respiratória em sementes (DODE et al., 2016). Na prática, para que um teste de vigor seja eficiente, ele deve se correlacionar com o teste de emergência de plântulas em campo (OLIVEIRA et al., 2009; CONCEIÇÃO et al., 2012).

Nesse contexto, vários testes foram desenvolvidos objetivando obter resultados o mais próximos possível daqueles resultados obtidos em campo. É um fato que estes testes visam estimar o potencial fisiológico dos lotes de sementes, tanto no campo como em laboratório, principalmente sob condições adversas (GRZYBOWSKI et al., 2015).

Dentre estes testes citados pode-se destacar o teste de condutividade elétrica e o teste de envelhecimento acelerado.

#### **1.4.1. Teste de condutividade elétrica**

Existem vários testes de vigor indicados e utilizados para determinar o vigor de sementes de várias espécies. Entre eles, pode-se destacar aqueles baseados na permeabilidade do sistema de membranas, como é o caso do teste de condutividade elétrica, devido ao sua objetividade, rapidez e facilidade de execução no laboratório de análise de sementes (ISTA, 2014; KRZYŻANOWSKI et al., 1999).

A condutividade elétrica de sementes é um teste bioquímico, rápido e prático para determinar o vigor de sementes, pois, possibilita a determinação da quantidade de lixiviados liberados pelas sementes para a solução de embebição, o que permite ao pesquisador inferir sobre o nível de deterioração que a semente apresenta no momento do teste, sendo assim, quanto mais deteriorada a semente maior a quantidade de lixiviados na solução (VIEIRA & KRZYŻANOWSKI, 1999). Nesse sentido, tal teste proporciona resultados confiáveis, pois, o resultado é obtido com curto período de tempo, é padronizado (GUOLLO ET. AL., 2017).

Na prática, o teste de condutividade elétrica de sementes se baseia na íntima relação existente entre o vigor de sementes e a integridade do sistema de membranas celulares. Esse fato se dá, pois, a partir do momento que a semente absorve água, ocorre liberação de íons oriundos do citoplasma das células, nesse sentido, a intensidade varia conforme a desorganização do sistema de membranas (TILLMANN & MIRANDA, 2012). Estes mesmos autores afirmam que o vigor da semente está relacionado com a capacidade de reorganização do sistema de membranas e reparação aos danos das membranas celulares, os quais influenciam intimamente a quantidade de íons extravasados para o meio de incubação. Assim, pode-se afirmar que quanto maior for a capacidade de restabelecimento da integridade do sistema membranário, menor será a quantidade de eletrólitos liberados.

Portanto, sementes com maior vigor conseguem reparar os danos do sistema de membranas mais rapidamente, quando comparadas aquelas sementes de baixo vigor. Então, na prática, sementes com alto vigor liberam menor quantidade de íons para o meio de embebição, quando comparadas com sementes de baixo vigor. Nesse contexto pode-se afirmar que a condutividade elétrica de sementes é inversamente proporcional ao seu vigor.

#### **1.4.2. Teste de envelhecimento acelerado**

o envelhecimento acelerado, que tem como princípio submeter as sementes a condições estressantes com elevadas temperatura e umidade relativa do ar, sendo utilizado para identificar diferenças no vigor das sementes, principalmente daquelas que apresentam potenciais germinativos semelhantes (MARCOS FILHO, 1999).

Cabe ressaltar que sementes com alto vigor originam plântulas com maior comprimento, em comparação com sementes de baixo vigor (NAKAGAWA, 1999). Portanto, plântulas com maior comprimento, tendem a apresentar maior massa de matéria seca, esse fato foi comprovado por inúmeros trabalhos que relacionaram essas duas grandezas evidenciando que quanto maior o comprimento de plântulas maior a sua massa seca, como observado em sementes de feijão (PEDÓ et al., 2014) em sementes de milho doce e superdoce (ALVARENGA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014), em sementes de trigo (ABATI et al., 2014) e de aveia branca (SPONCHIADO et al., 2014). A massa de matéria seca de plântulas é outro teste comprovadamente

eficiente na estratificação de lotes de sementes (DODE et al., 2012), isso ocorre, pois, geralmente, as plântulas originadas de sementes com maior vigor, tendem a apresentar superior acúmulo de massa seca (SOCOLOWSKI et al., 2011). Nesse sentido, tal teste é capaz de determinar o desempenho de plântulas em diferentes condições do meio (LOPES & LIMA, 2015).

Segundo Barbieri et al. (2012), para se ter um eficiente controle de qualidade de sementes, é de suma importância que os laboratórios de análise de sementes de empresas produtoras obtenham os resultados de forma rápida e eficiente da qualidade fisiológica das sementes produzidas, com o intuito de se adotar adequadas estratégias comerciais, buscando diminuir os riscos e os custos.

Nesse sentido, os testes de vigor precisam ser eficientes, com rápida obtenção dos resultados e, principalmente, se correlacionar com a emergência de plântulas, que é um teste que pode ser considerado referência para avaliar o vigor das sementes, o qual fornece com eficiência resultados muito próximos àqueles que o produtor vai obter no campo (NAKAGAWA, 1999; MARCO FILHO, 2015).

### **1.5. Armazenamento de sementes**

O ponto de maturidade fisiológica em sementes de cevada ocorre, geralmente, quando as sementes apresentam teor de água médio de 30 a 35%. As sementes que atingem esse ponto, geralmente apresentam peso máximo de matéria seca coincidindo com a máxima germinação e o máximo vigor (ZIMMER, 2006). Segundo Peske et al. (2012), após a maturidade fisiológica as sementes começam a se deteriorar, de modo que as condições do ambiente entre a maturidade fisiológica e a colheita, e, fatores pós colheita, podem acelerar o processo deteriorativo. Segundo Tunes et al. (2008), após a maturidade fisiológica, as sementes ficam expostas a condições adversas do meio, como chuva, oscilações de temperatura e umidade relativa do ar, insetos (como por exemplo percevejos), entre outros fatores, os quais tem grande potencial para reduzir drasticamente a qualidade do lote de sementes.

Nesse sentido o ideal seria realizar a colheita o mais próximo possível do ponto de maturidade fisiológica, contudo, isso não é possível, pois, nesse momento a semente de cevada apresenta teor de água em torno de 30 - 35%, sendo inviável a colheita, pois, a colheita mecânica danificaria muito as sementes causando grandes perdas em relação à qualidade do lote de sementes. Barros & Peske (2006) inferem

que as sementes permanecem “armazenadas” no campo, mesmo que estejam sujeitas às condições adversas e outras formas de prejuízo, até o momento em que apresentem um teor de água mais baixo para que seja realizada a colheita.

Após a colheita, as sementes são levadas para a unidade de beneficiamento e então passam pela pré-limpeza, secagem, beneficiamento, ensacamento e armazenamento. Segundo Smaniotto et al. (2014), o armazenamento de sementes é prática essencial visando a manutenção da qualidade de sementes. Nesse sentido, é muito importante conhecer o comportamento das sementes durante o armazenamento em função de inúmeros fatores buscando minimizar as reduções de qualidade dos lotes de sementes. É importante ressaltar que o objetivo do armazenamento de sementes é a conservação, mantendo as características físicas, fisiológicas e sanitárias, para que seja possível a semeadura e obtenção de plântulas normais e saudáveis após o período de armazenamento (FLORIANO, 2004).

É um fato que a qualidade da semente não pode ser melhorada durante o armazenamento, sendo somente possível a sua manutenção (PÁDUA & VIEIRA, 2001). Segundo Carvalho & Nakagawa (2012), durante o armazenamento as sementes estão expostas à umidade relativa e à temperatura do ar, sendo preferível que estes dois fatores sejam baixos para garantir que a atividade metabólica do embrião esteja sempre reduzida.

No caso de sementes de cevada, pode-se destacar que elas são classificadas como ortodoxas, sendo possível a conservação em ambientes com baixas temperatura e umidade relativa do ar, sendo recomendável a manutenção com teor de água em torno de 12% (VIEIRA e YOKOYAMA, 2000). Segundo Peske et al. (2012), armazenar por períodos longos sementes em condição de temperatura e umidade relativa do ar inadequadas, pode acarretar em aumento da atividade de fungos e insetos, aumento da taxa respiratória das sementes, e, conseqüentemente ocorrerá aumento da deterioração.

Cabe ressaltar ainda que, as sementes de cevada podem ser armazenadas por maior tempo em comparação com sementes de oleaginosas, isso só é possível pelo fato de que, as sementes de cevada são consideradas amiláceas, ou seja, de maneira geral elas apresentam uma composição química com 76% de carboidratos, 12% de proteínas e 3% de lipídeos (CORNEJO et al., 1973).

Após o período de armazenamento, as sementes são comercializadas, contudo, antes da comercialização é realizado o tratamento dessas sementes. O



tratamento de sementes é prática importante no processo como um todo, sendo fundamental para garantir o estande e o desenvolvimento inicial de plantas. Cabe ressaltar que as sementes podem ser tratadas com diversos produtos, como inseticidas (CISCON et al., 2021), fungicidas (DORNELES et al., 2020) e nutrientes (LEMES et al., 2017a; SANTOS et al., 2020; BECKER & SILVA, 2021).

#### **1.6. Tratamento de sementes com nutrientes**

Como já discutido, na prática as sementes são tratadas após o período de armazenamento, próximo ao momento de comercialização. Não se pode deixar de falar que o tratamento de sementes é fundamental para manter a qualidade das sementes após a semeadura. Todavia, geralmente os produtos podem causar fitotoxicidade às sementes e reduzir a sua qualidade durante o armazenamento, por isso que não é usual armazenar sementes tratadas. Contudo, Avelar et al. (2011), destacam que o tratamento de sementes pode se tornar um grande aliado no estabelecimento de uma lavoura.

O tratamento de sementes é uma técnica muito importante para o sucesso da lavoura, pois garante a proteção contra patógenos e insetos, contudo, atualmente novas tecnologias vem ganhando destaque, como por exemplo, o tratamento de sementes com nutrientes, tal técnica pode assegurar o fornecimento de nutrientes melhorando a nutrição da planta (DU JARDIN, 2015; BECKER & SILVA, 2021).

Vários autores já demonstraram a eficiência do uso de nutrientes via tratamento de sementes, como por exemplo em trigo (TUNES et al., 2012), em sementes de arroz (TAVARES et al., 2013), e em sementes de feijão, soja e milho (BOMTEMPO et al., 2016).

O armazenamento de sementes tratadas com micronutrientes é uma alternativa para empresas produtoras de sementes, de modo que estas poderão disponibilizar no mercado sementes enriquecidas com nutrientes, garantindo qualidade e sem a ocorrência de possíveis erros de dosagens de produtos (TUNES et al., 2012). Contudo cabe ressaltar que doses inadequadas podem causar prejuízos às sementes, pois podem causar algum tipo de fitotoxicidade, e assim, reduzir a qualidade das sementes ao longo do armazenamento. A fitotoxidez ocorre devido a absorção de nutrientes variar conforme a fonte utilizada, pois, existe muita variação em relação à solubilidade

destas fontes, de modo que as fontes mais solúveis disponibilizam maior quantidade de nutrientes às plantas podendo causar efeito tóxico (OLIVEIRA et al., 2010).

Contudo, trabalhos conseguiram demonstrar que o tratamento de sementes com nutrientes não compromete a qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento como por exemplo em sementes de trigo (TUNES et al., 2012), de milho (AGUIAR et al., 2018) e de soja (AVELAR et al., 2011).

Com base no exposto, os objetivos desta pesquisa foram: a) determinar as condições adequadas para a condução dos testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de cevada, e correlacionar com o teste de emergência de plântulas; b) avaliar o efeito do tratamento de sementes com os complexos de nutrientes: Packseed® 0,70% de Zn, o Packseed® 1,50% de Zn e o Ultrazinco® 3,00% de zinco, na armazenabilidade e no desempenho fisiológico de sementes cevada.

## **2 Capítulo I – Condutividade elétrica e envelhecimento acelerado em sementes de cevada**

### **2.1. Introdução**

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é uma cultura de inverno e seus grãos são amplamente utilizados tanto na alimentação humana quanto animal, além do uso na indústria farmacêutica. No Brasil, essa cultura é muito empregada na fabricação de bebidas como a cerveja e os destilados (BRASIL, 2019). Os estados do sul do país são os maiores produtores dessa cultura (CONAB 2021), contudo, apesar de ser de inverno, já foram observadas algumas áreas de cerrado aptas para a produção na entressafra.

Com base na importância econômica dessa cultura, é de fundamental importância o aprofundamento dos estudos que norteiem a determinação da qualidade fisiológica de sementes de cevada, considerando que a mesma atende a mercados específicos.

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes é realizada através do teste padrão de germinação, segundo recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS), sendo eficiente e eficaz, ou seja, fornece subsídios para determinar as condições de um lote de sementes, contudo, é realizado em condições favoráveis de umidade, luz e temperatura (BRASIL, 2009), condições que no campo a semente dificilmente encontrará, logo o resultado do teste de germinação acaba não expressando o potencial máximo do lote. Nesse contexto, torna-se necessária a utilização de testes nos quais as sementes sejam submetidas a condições adversas e muitas vezes estressantes, para se a obtenção de resultados mais próximos ao que serão encontrados no campo. Esse tipo de teste é denominado de teste de vigor, e são os mais adequados para avaliar o vigor de um lote de sementes, além de fornecer informações complementares ao teste de germinação (MARCOS FILHO, 2015a).

Atualmente, vários testes de vigor são utilizados, dentre eles, pode-se citar o teste de envelhecimento acelerado e o teste de condutividade elétrica. Esses dois são testes padronizados, conforme normas internacionais recomendadas pela ISTA (2014) para as culturas de feijão, soja e ervilha.

O teste de envelhecimento acelerado é um teste de vigor muito utilizado, pois, apresenta grande parte das características necessárias para um teste de vigor, além

de ser relativamente rápido, de baixo custo, simples de executar e útil para inúmeras espécies. Além disso, o envelhecimento acelerado fornece informações consistentes sobre a capacidade de armazenamento de um lote de sementes e sobre o potencial de emergência de plântulas em campo. Portanto, o envelhecimento acelerado é considerado um teste de vigor muito eficiente para estimar o vigor de lotes de sementes com germinação semelhante (COPELAND E MCDONALD, 2001; MARCOS FILHO, 2015a; LIMA et al., 2015). Diversos trabalhos demonstram a eficiência desse teste em várias culturas como, por exemplo, em trigo (OHLSON et al., 2010), em triticale (ROCHA et al., 1998), em soja (MARCOS FILHO, 1999; MARCOS FILHO, 2015), em canafístula (*Peltophorum dubium*) (PADILHA et al., 2018), jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) (WALTER et al., 2019), crista-plumosa (*Celosia argentea*) e crista de galo (*Celosia cristata*) (MENEGAES et al., 2018), coentro (RADKE et al., 2016), mogno (CARVALHO et al., 2016), leucena (ARAÚJO et al., 2017), entre outros.

Por outro lado, o teste de condutividade elétrica é muito utilizado, por se tratar de um teste eficiente e relativamente rápido em fornecer os resultados. Vários autores já relataram em publicações científicas a eficiência deste teste, como por exemplo, na cultura da aveia preta (LEMES et al., 2015), fava (NASCIMENTO et al., 2019), capim-marandú (MELO et al., 2019), sorgo doce (DALCIN et al., 2020), soja (CATÃO et al., 2019), grão-de-bico (CASTILHO et al., 2019), entre outros.

Existem vários fatores que podem afetar o resultado do teste de condutividade elétrica, como por exemplo, tamanho da semente, danos mecânicos, tratamento químico, teor de água da semente, temperatura durante a absorção de água, volume da água e número de sementes por subamostra (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999, MARCOS FILHO, 2015a). Portanto, a elucidação desses parâmetros é primordial para a adequação do teste para a cultura da cevada, principalmente pelo fato não haver um padrão específico para a execução do teste em sementes de cevada.

Atualmente, a legislação brasileira não obriga a empresa produtora de sementes a informar na etiqueta da embalagem o vigor do lote de sementes, na verdade, é exigido, em termos de qualidade fisiológica, somente a porcentagem de germinação, contudo, tanto as empresas produtoras que se preocupam com a qualidade das sementes produzidas, quanto os produtores que comprarão as sementes, estão exigindo maiores informações sobre a qualidade do lote de semente. As informações fornecidas a partir dos testes de vigor são muito importantes, pois,

toda a cadeia produtiva obtém ganhos significativos em termos de qualidade das sementes produzidas.

Assim, torna-se fundamental a utilização de testes que forneçam os resultados em menor tempo, desde que mantida a confiabilidade dos resultados, e a redução do tempo de solicitação. Esses fatores favorecem muito a tomada de decisão, tanto de empresas produtoras, quanto dos produtores que vão adquirir as sementes (ROSA et al., 2018).

Portanto, o objetivo desta pesquisa foi determinar as condições adequadas para a realização dos testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de cevada, e correlacioná-los com o teste de emergência de plântulas.

## **2.2. Material e Métodos**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório Didático de Análise de Sementes do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, no Departamento de Fitotecnia e na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) localizada no município de Capão do Leão pertencente à Universidade Federal de Pelotas. Foram utilizados seis lotes de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, colhidos na safra 2019/20, que apresentavam qualidade fisiológica variada.

As sementes, assim que chegaram, foram submetidas a determinação do teor de água pelo método da estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por 24 horas (BRASIL, 2009), com duas repetições de 5g para cada lote. Foi constatado que as sementes apresentavam umidade de 15%, com uma variação de 0,2% entre os seis lotes. Esse teor de água impróprio para o armazenamento das sementes, logo, os seis lotes de sementes foram submetidos à secagem artificial em mini-silos com fundo perfurado e ar forçado empregando temperatura do ar de  $33^\circ\text{C}$ , sendo realizada a verificação do teor de água das sementes periodicamente utilizando um medidor direto de umidade, tipo Geaka, até a obtenção de valores próximos a 12%. A seguir, foram coletadas amostras e submetidas novamente à determinação do teor de água pelo método da estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por 24 horas, com duas repetições de 5g cada. Os resultados médios do teor de água obtidos foram de 11%, sendo as sementes armazenadas em câmara fria e seca a  $15^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar de 60%. Falar quanto tempo até o teste explicar melhor isso.

As sementes foram submetidas aos seguintes testes e determinações:

**Teor de água:** determinado pelo método da estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por 24 horas, com duas repetições de 5g cada. Em seguida, o teor de água foi calculado por diferença de massa, com base na massa úmida das sementes, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

**Massa de mil sementes:** foi determinada pela contagem, ao acaso, de oito subamostras de 100 sementes que imediatamente foram pesadas. A massa de mil sementes de cada lote foi calculada e os resultados foram expressos em gramas, com uma casa decimal, conforme Brasil (2009). Essa determinação foi realizada apenas no período inicial de armazenamento.

**Teste de germinação:** foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes de cada um dos seis lotes. As folhas de papel germitest foram umedecidas com o equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, sendo cada subamostra de 50 sementes distribuída em duas folhas de papel germitest que em seguida foi dobrada e enrolada formando um rolinho. Após esse procedimento, os rolinhos foram colocados em germinadores do tipo Mangelsdorf a temperatura constante de  $20^\circ\text{C}$  na presença de luz. A avaliação foi realizada no sétimo dia após a semeadura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**Primeira contagem da germinação:** realizada em conjunto com o teste de germinação, sendo a avaliação realizada no quarto dia após a semeadura.

**Tetrazólio:** foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes para cada lote de sementes. Cada subamostra foi colocada para pré-umedecer entre papel umedecido com água destilada por um período de 18 horas a temperatura de  $20^\circ\text{C}$ . Após esse período, as sementes foram cortadas longitudinalmente através do embrião e  $\frac{3}{4}$  do endosperma e colocadas para colorir em uma solução de 1% de sal de tetrazólio por um período de 3 horas a temperatura de  $30^\circ\text{C}$ . Após a coloração, as sementes foram lavadas com água e colocadas em copos de plástico de 50mL nos quais foi adicionada água destilada até cobrir totalmente as sementes. Imediatamente após, procedeu-se a avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis (BRASIL, 2009).

**Comprimento de parte aérea e raiz:** foram utilizadas quatro subamostras de 15 sementes, por lote. Foi empregado papel germitest umedecido previamente com água destilada com o equivalente a 2,5 vezes ao peso seco do substrato. A montagem dos rolos de papel foi realizada de forma similar ao descrito para o teste de germinação. Foram traçadas duas linhas imaginárias sobre o papel, onde as

sementes foram semeadas de forma intercalada para evita que as plântulas sofressem algum tipo de impedimento pela dobradura do papel e pelas plântulas vizinhas. Os rolos foram posicionados verticalmente no germinador tipo Mangelsdorf por quatro dias a 20°C. A avaliação foi realizada no quarto dia após a semeadura, e consistiu em escolher aleatoriamente dez plântulas de cada subamostra, as quais foram seccionadas com o auxílio de um bisturi, em raiz primária e hipocótilo, descartando os endospermas persistentes. Após o corte, cada parte da plântula foi medida utilizando régua milimetrada. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

**Massa de matéria seca de parte aérea e raiz:** realizado conjuntamente com o teste de comprimento de parte aérea e raiz. Após a medição das dez plântulas de cada subamostra, foram colocadas cada parte (hipocótilo e raiz primária) separadamente em sacos de papel pardo previamente identificados. Os sacos de papel foram levados para a estufa à temperatura de 70°C, permanecendo por 72h (NAKAGAWA, 1999). Imediatamente após a retirada da estufa, as subamostras de cada lote foram colocadas para esfriar em dessecador. A seguir, procedeu-se a avaliação, a qual consistiu na pesagem das subamostras em balança de precisão de  $\pm 0,001$ g. Os resultados médios obtidos foram expressos em gramas por plântula.

**Envelhecimento acelerado:** realizado em caixas plásticas transparentes (11,5 x 11,5 x 3,5cm), tipo gerbox, com suportes internos para segurar a tela metálica. As sementes foram distribuídas uniformemente até formar uma camada única sobre a tela metálica, evitando sobreposição das sementes. Ao fundo da caixa gerbox, foram adicionados 40mL de água destilada. As caixas foram mantidas em BOD e em duas temperaturas diferentes (41°C e 45°C), por 24, 48, 72 e 96 horas. Após esse período, as sementes foram retiradas das caixas e procedeu-se a montagem do teste de germinação, conforme descrito anteriormente. A avaliação foi realizada no quarto dia após a semeadura, considerando somente as plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem (MARCOS FILHO, 1999).

**Condutividade elétrica:** conduzido pelo método massal (AOSA, 2002), utilizando quatro subamostras de 25, 50 e 75 sementes de cada lote. Cada subamostra foi pesada em balança analítica de precisão de  $\pm 0,001$ g. Quanto ao volume de água, foram utilizados 50, 75 100mL. As subamostras foram colocadas em copos plásticos imersas em água e permaneceram a temperatura de 20°C durante 1, 2, 3, 4, 6, 8 e 24 horas. Após o término de cada tempo, a condutividade elétrica foi

determinada com um medidor modelo DIGMED 32, e os resultados expressos em  $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$  de sementes.

**Emergência de plântulas:** foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes por lote. As sementes foram semeadas em bandejas com areia, a uma profundidade de três centímetros. Cada repetição foi semeada em bandeja separada, as quais foram mantidas em temperatura ambiente. A irrigação foi realizada conforme a necessidade. A avaliação foi realizada a partir da contagem das plântulas normais emergidas no 21º dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem (NAKAGAWA, 1999).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para testar as suposições do modelo matemático, os resultados em porcentagem foram transformados em arco-seno  $\sqrt{x/100}$ . Os dados foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de probabilidade pelo teste f, e quando significativas foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Determinou-se o coeficiente de correlação linear simples ( $r$ ) entre os resultados das combinações do teste de condutividade elétrica e de envelhecimento acelerado com o teste de emergência de plântulas.

### 2.3. Resultados e Discussão

Os dados referentes ao teor de água, massa de mil sementes, germinação, primeira contagem de germinação, tetrazólio, envelhecimento acelerado, comprimento de parte aérea e raiz, massa de matéria seca da parte aérea e raiz e emergência de plântulas, referentes aos seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

O teor de água das sementes de cevada dos seis lotes no início dos testes variou de 11,2 a 12,1% (Tabela 1), a diferença máxima foi de 0,9 pontos percentuais (pp). Esse resultado é muito importante, pois, para a realização dos testes de vigor que forneçam resultados consistentes é necessário que o teor de água dos lotes estudados esteja padronizado, e, que a diferença, segundo Silva et al. (2010), seja de até 2 pontos percentuais (pp).

Segundo Marcos Filho (2015a), variações de 4 a 5 pp entre as subamostras dos lotes são considerados toleráveis. Outra informação importante é que o teor de água das sementes de todos os lotes foi inferior a 13%, reduzindo muito a chance de



ocorrência de deterioração das sementes durante o armazenamento (GUARESCHI et al., 2015).

Tabela 1. Resultados referentes a teor de água (TA), massa de mil sementes (MMS), germinação (G), primeira contagem da germinação (PCG), tetrazólio (TZ) e envelhecimento tradicional (EAT) de seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê. Capão do Leão, RS. 2021.

Lote	TA	MMS	G	PCG	TZ	EAT
	(%)	(g)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	11,7	37,9A	86AB	82AB	87A	74CD
2	11,2	37,4A	88A	86A	88A	83A
3	11,5	37,4A	86AB	79BC	86AB	76BC
4	12,1	37,5A	88A	84A	88A	78B
5	11,9	36,9A	84AB	78BC	85AB	72DE
6	11,8	36,6A	82B	75C	82B	69E
<b>CV%</b>	<b>----</b>	<b>2,95</b>	<b>3,92</b>	<b>3,48</b>	<b>3,96</b>	<b>2,21</b>

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O massa de mil sementes foi similar entre os seis lotes de sementes de cevada estudados, com valores entre 36,6 a 37,9g demonstrando a uniformidade entre os lotes. Estudando armazenabilidade de sementes de cevada colhidas em diferentes épocas, Tunes et al. (2010) também observaram uniformidade da massa de mil sementes dos cultivares estudados. Segundo esses mesmos autores, a massa de mil sementes é diretamente influenciada pelo teor de água da semente, logo conforme reduz o teor de água haverá redução da massa de mil sementes. Esse efeito é comum durante o armazenamento, pois as sementes entram em equilíbrio higroscópico, podendo reduzir ou aumentar o teor de água e consequentemente a massa de mil sementes. Com base no exposto, pode-se inferir que para a avaliação do potencial fisiológico de sementes, a massa de mil sementes e o teor de água são informações indispensáveis, assim como a germinação e a viabilidade das sementes (AOSA, 2002; BRASIL, 2009).

De acordo com os resultados do teste de germinação, foi possível observar que os lotes de sementes apresentaram desempenho semelhante, exceto o lote 6 que mostrou menor porcentagem de germinação do que os lotes 2 e 4. Vale lembrar que a germinação dos lotes 5 e 6 foi abaixo do padrão para comercialização de sementes de cevada que é de 85% (BRASIL, 2013).

O teste de tetrazólio apresentou resultado muito semelhante aos observados na germinação, confirmando o lote 6 como o de menor viabilidade em comparação aos lotes 1, 2 e 4 (Tabela 1).

O teste de tetrazólio é muito utilizado devido sua eficiência em determinar a viabilidade e o vigor das sementes, além de ser um teste rápido, que muitas vezes

auxilia na rápida tomada de decisão do produtor. Isso é possível, pois, é um teste bioquímico, baseado na atividade das enzimas desidrogenases envolvidas no processo de respiração. Em algumas espécies como a soja e o milho, por exemplo, é possível determinar com elevada eficiência o vigor do lote de sementes a partir desse teste (SOUSA et al., 2017; FRANÇA-NETO & KRZYZANOWSKI, 2018).

Os resultados dos testes de primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado tradicional, comprimento de parte aérea e raiz, massa de matéria seca de parte aérea e raiz e emergência de plântulas foram eficientes em ranquear os seis lotes de sementes de cevada estudados, indicando o lote 2 como o de maior vigor e o lote 6 como o de menor vigor (Tabelas 1 e 2).

Tabela 2. Resultados referentes ao comprimento da parte aérea de plântula (CPA), comprimento de raiz de plântula (CR), massa seca de parte aérea de plântula (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e emergência de plântula (E) de seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê. Capão do Leão, RS. 2021.

Lote	CPA (cm.plântula <sup>-1</sup> )	CR (cm.plântula <sup>-1</sup> )	MSPA (g.plântula <sup>-1</sup> )	MSR (g.plântula <sup>-1</sup> )	E (%)
1	3,64AB	7,19AB	0,0470AB	0,0501B	73BC
2	4,00A	7,79A	0,0550A	0,0600A	78A
3	3,68AB	6,69BC	0,0400B	0,0400C	72BC
4	3,86A	7,26AB	0,0478AB	0,0500B	74AB
5	3,43B	6,83BC	0,0377B	0,0325C	72BC
6	3,39B	6,49C	0,0375B	0,0375C	69C
<b>CV%</b>	<b>5,14</b>	<b>3,83</b>	<b>13,07</b>	<b>9,80</b>	<b>3,75</b>

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Buscando adequar o teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de leucena, Araújo et al. (2017) também conseguiram resultados semelhantes, onde os testes de vigor permitiram ranquear de maneira eficiente os lotes de sementes com germinação semelhante, em níveis de vigor. Resultados semelhantes foram alcançados por Castilho et al. (2019), na utilização do teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico, ao observarem que a primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas foram eficientes para ranquear os lotes de sementes.

Um teste de vigor tem por objetivo básico fornecer um ranqueamento preciso das diferenças de vigor de lotes de sementes com germinação semelhante, ou seja, tais testes precisam ter alta sensibilidade às diferenças no potencial fisiológico, mesmo aquelas não observadas no teste de germinação (MARCOS FILHO, 2015b). Além disso, o teste de germinação é realizado em condições favoráveis, enquanto que

nos testes de vigor a semente é submetida a algum tipo de condição adversa ou estresse, de modo que o teste de vigor deve ser eficiente para acompanhar a evolução do processo de deterioração das sementes (NERLING et al. 2013; GRZYBOWSKI et al., 2015; GOMES et al., 2016).

Os resultados do teste de condutividade elétrica estão apresentados nas tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) em seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê, utilizando as combinações 25, 50 e 75 sementes em 100mL de água deionizada, a 20°C, em sete períodos de absorção de água. Capão do Leão, RS. 2021.

	1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
Lotes	25 sementes /100mL						
1	7,95A	10,03A	11,62A	12,33A	14,92A	16,18A	19,03A
2	8,30A	9,51A	10,50A	11,88A	13,61A	14,76A	18,79A
3	8,45A	10,39A	10,86A	12,37A	13,08A	14,05A	18,63A
4	8,07A	9,94A	11,15A	12,76A	15,20A	16,37A	22,16AB
5	7,38A	9,89A	11,26A	12,92A	14,03A	15,46A	19,99AB
6	7,90A	10,02A	11,53A	12,80A	15,50A	17,17A	24,26B
<b>CV%</b>	<b>11,67</b>	<b>8,83</b>	<b>9,76</b>	<b>9,76</b>	<b>9,00</b>	<b>9,97</b>	<b>10,73</b>
	1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
Lotes	50 sementes /100mL						
1	6,57A	8,75A	9,83AB	11,36AB	13,46A	14,77A	19,37AB
2	6,52A	8,15A	9,12A	10,41A	12,12A	13,90A	18,66A
3	7,43A	9,40A	10,88AB	12,36B	14,19A	15,66A	20,13AB
4	6,93A	8,21A	9,81AB	10,67AB	12,35A	14,25A	22,64B
5	7,54A	11,20B	12,09B	14,91C	16,99B	17,28A	22,53B
6	7,03A	8,91A	10,91AB	12,07AB	14,27A	15,98A	22,88B
<b>CV%</b>	<b>10,44</b>	<b>8,06</b>	<b>10,17</b>	<b>7,04</b>	<b>7,98</b>	<b>11,93</b>	<b>8,17</b>
	1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
Lotes	75 sementes /100mL						
1	6,82A	9,14A	10,36A	11,74AB	13,86AB	15,43A	21,77AB
2	6,40A	8,75A	10,17A	11,62AB	14,53AB	14,91A	20,32A
3	8,05B	9,73A	11,33A	12,82B	14,53AB	16,77A	24,34B
4	6,94A	8,85A	10,15A	10,71A	12,65A	14,70A	22,65AB
5	7,20AB	9,66A	11,40A	12,53AB	14,39AB	16,56A	23,97B
6	6,81A	9,11A	11,09A	12,13AB	14,56B	16,62A	24,61B
<b>CV%</b>	<b>7,03</b>	<b>8,11</b>	<b>7,81</b>	<b>6,97</b>	<b>6,00</b>	<b>8,32</b>	<b>6,85</b>

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De maneira geral, os resultados do teste de condutividade elétrica em sementes de cevada para o maior volume de água deionizada (100mL) em combinação com 25, 50 e 75 sementes (Tabela 3), em todos os períodos, não foi eficiente na estratificação dos lotes conforme a primeira contagem de germinação, o envelhecimento acelerado tradicional, o comprimento de raiz e o teste de emergência de plântulas (Tabela 1 e 2).

Ao reduzir o volume de água deionizada para 75mL e utilizar 25 sementes por um período de 6 horas, o teste de condutividade elétrica foi eficiente em ranquear os lotes, demonstrando que o lote 2 apresentou maior vigor, enquanto que o lote 6 apresentou menor vigor (Tabela 4).

Tabela 4. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) em seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê, utilizando as combinações 25, 50 e 75 sementes em 75mL de água deionizada, a 20°C, em sete períodos de absorção de água. Capão do Leão, RS. 2021.

	1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
Lotes	25 sementes /75mL						
1	10,32AB	11,96A	13,23A	15,43A	18,17AB	21,47AB	26,79AB
2	9,07AB	12,75A	13,05A	16,02A	16,96A	21,09AB	31,29B
3	8,25A	11,10A	12,72A	14,17A	17,82AB	17,84A	23,51A
4	10,24AB	12,95A	15,18A	16,77A	18,92AB	20,24A	28,03AB
5	11,32B	12,48A	14,97A	17,13A	18,80AB	20,21A	27,77AB
6	10,29AB	13,67A	16,04A	17,96A	22,62B	24,71B	31,88B
<b>CV%</b>	<b>12,73</b>	<b>11,10</b>	<b>11,04</b>	<b>10,73</b>	<b>12,86</b>	<b>9,38</b>	<b>10,25</b>
Lotes	50 sementes /75mL						
1	8,75A	12,21A	15,88AB	17,82A	19,56A	20,38A	29,53A
2	9,57A	13,08A	15,26AB	17,21A	18,05A	22,16A	29,47A
3	10,76A	13,82A	14,08AB	17,03A	18,67A	20,78A	33,79A
4	8,75A	11,58A	12,76A	15,48A	16,51A	20,44A	30,19A
5	10,70A	13,65A	16,49B	18,70A	21,01A	22,96A	32,49A
6	9,50A	12,32A	14,06AB	15,63A	18,51A	21,16A	31,88A
<b>CV%</b>	<b>12,36</b>	<b>10,48</b>	<b>10,80</b>	<b>11,70</b>	<b>11,45</b>	<b>10,07</b>	<b>9,90</b>
Lotes	75 sementes /75mL						
1	8,30A	11,62A	13,18AB	15,37A	17,22A	19,46A	29,07A
2	8,26A	11,86A	12,90AB	14,75A	17,27A	19,65A	30,25A
3	8,90A	11,59A	12,62A	14,82A	16,99A	18,84A	27,26A
4	8,61A	12,06A	14,08AB	15,87A	18,02A	20,03A	29,26A
5	9,58A	11,60A	13,70AB	16,29A	17,79A	19,72A	30,60A
6	8,98A	11,70A	14,44B	15,32A	17,28A	20,68A	29,69A
<b>CV%</b>	<b>9,68</b>	<b>8,12</b>	<b>5,28</b>	<b>7,95</b>	<b>5,60</b>	<b>4,37</b>	<b>6,53</b>

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Esses resultados se confirmam ao comparar com os resultados dos testes de primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado tradicional, comprimento de raiz e o teste de emergência de plântulas (Tabelas 1 e 2). Para os demais períodos dessa combinação, o teste de condutividade elétrica não foi eficiente no ranqueamento de lotes de sementes de cevada (Tabela 4).

De maneira geral, o teste de condutividade elétrica em sementes de cevada para o volume de 75mL de água deionizada, combinado com 50 ou 75 sementes, e em todos os períodos de absorção de água (Tabela 4), não foi eficiente na estratificação dos lotes conforme a primeira contagem de germinação, o

envelhecimento acelerado tradicional, o comprimento de raiz e o teste de emergência de plântulas (Tabela 1 e 2).

O teste de condutividade elétrica foi eficiente em estratificar os lotes de sementes de cevada ao combinar 25 sementes e 50mL de água deionizada após 8h de absorção de água. Nesta combinação no período de 8h, o teste de condutividade elétrica indicou o lote 2 como sendo aquele que liberou a menor quantidade de eletrólitos para o meio, demonstrando que este lote é o mais vigoroso, enquanto que, o lote 6 foi o que liberou maior quantidade de eletrólitos para o meio, indicando este lote como o de menor vigor (Tabela 5).

Tabela 5. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) em seis lotes de sementes de cevada cultivar BRS Cauê, utilizando as combinações 25, 50 e 75 sementes em 50mL de água deionizada, a 20°C, em sete períodos de absorção de água. Capão do Leão, RS. 2021.

	1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
Lotes	25 sementes /50mL						
1	12,28A	16,81A	22,01AB	21,67A	24,51A	30,18AB	43,73AB
2	11,48A	15,39A	18,17A	20,97A	23,81A	25,96A	37,15A
3	12,28A	15,67A	19,06A	20,71A	24,00A	27,56AB	37,75A
4	17,39B	18,59AB	24,04BC	24,70AB	27,93AB	31,07B	51,15BC
5	16,96B	21,16BC	22,15AB	27,71BC	28,77AB	30,56B	48,84B
6	17,49B	22,61C	27,19C	29,61C	32,54B	37,49C	57,00C
<b>CV%</b>	<b>8,41</b>	<b>8,66</b>	<b>8,33</b>	<b>8,16</b>	<b>9,32</b>	<b>6,61</b>	<b>7,75</b>
	1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
Lotes	50 sementes /50mL						
1	13,01AB	16,88A	19,82A	23,06A	26,31AB	28,93A	41,21AB
2	14,64AB	19,20A	20,15AB	21,77A	27,96B	27,30A	38,06A
3	14,70A	19,99A	22,80B	26,89B	28,35B	35,31B	53,33C
4	12,51B	16,93A	19,73A	21,52A	23,65A	27,21A	39,86AB
5	14,98A	17,79A	20,21AB	22,64A	26,21AB	30,10A	51,40B
6	15,13A	19,15A	22,89B	24,77AB	26,05AB	30,31A	47,72BC
<b>CV%</b>	<b>6,85</b>	<b>9,22</b>	<b>6,05</b>	<b>6,49</b>	<b>6,34</b>	<b>7,16</b>	<b>8,88</b>
	1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
Lotes	75 sementes /50mL						
1	12,90AB	16,00AB	18,81A	21,85AB	24,85AB	27,74ABC	43,72B
2	11,38A	15,13A	18,74A	19,98A	23,10A	25,76A	42,61B
3	12,93AB	17,69BC	19,54A	20,35A	24,44A	26,20AB	38,54A
4	13,44BC	16,78ABC	20,40AB	25,29C	28,84AB	30,37BC	43,72B
5	14,93CD	18,92CD	22,51BC	24,72BC	28,98B	31,92C	51,94D
6	16,06D	20,22D	23,39C	24,56BC	26,81AB	31,18C	47,07C
<b>CV%</b>	<b>6,55</b>	<b>6,29</b>	<b>4,57</b>	<b>6,91</b>	<b>7,47</b>	<b>6,81</b>	<b>3,34</b>

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Esses resultados se confirmam ao comparar com os resultados dos testes de nos testes de primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado tradicional, comprimento de raiz e teste de emergência de plântulas (Tabelas 1 e 2).

Para os demais períodos, nesta combinação, o teste de condutividade elétrica não foi eficiente na separação dos lotes em níveis de vigor os lotes de sementes de cevada quanto ao vigor (Tabela 5).

O teste de condutividade elétrica em sementes de cevada para 50 sementes combinado com volume de 50mL de água deionizada, em todos os períodos de absorção de água (Tabela 5), também não foi eficiente no ranqueamento dos lotes conforme a primeira contagem de germinação, o teste de envelhecimento acelerado tradicional, o comprimento de raiz e o teste de emergência de plântulas (Tabelas 1 e 2).

A combinação 75 sementes e 50mL de água deionizada, após uma hora de absorção de água, mostrou eficiência na separação dos lotes de sementes em níveis de vigor conforme a primeira contagem de germinação, o envelhecimento acelerado tradicional, o comprimento de raiz e o teste de emergência de plântulas (Tabela 1, 2 e 5). Todavia, para os demais períodos o teste de condutividade elétrica não foi eficiente para ranquear, em termos de vigor, os lotes de sementes de cevada estudados (Tabela 5).

Esses resultados corroboram com os observados por Catão & Caixeta (2019), ao relatarem que o teste de condutividade elétrica foi eficiente em avaliar o vigor de lotes de sementes de soja com período de embebição reduzido. Rosa et al. (2018) também verificaram uma estratificação adequada dos lotes de sementes de amaranto (*Amaranthus crueentus* L.), utilizando 100 sementes, 25mL de água deionizada e período de hidratação reduzido (oito horas). Estes mesmos autores descreveram que o lote de menor vigor apresentou maior lixiviação de eletrólitos para o meio comparativamente com os lotes de maior vigor, fato que foi confirmado ao comparar com os resultados do teste de emergência de plântulas.

Segundo Castilho et al. (2019), o teste de condutividade elétrica é eficiente para avaliar o vigor de sementes de grão de bico, utilizando 25 sementes, em 50mL de água e período de embebição reduzido (quatro horas). Torres et al. (2015) alcançaram eficiência para avaliação do potencial fisiológico de sementes de coentro após apenas duas horas de embebição.

Os resultados da correlação linear simples entre os resultados do teste de condutividade elétrica e do teste de emergência de plântulas dos seis lotes de sementes estudados estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Coeficientes de correlação linear simples (r) entre os resultados do teste de condutividade elétrica e o teste de emergência de plântulas em campo de seis lotes de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, com diferentes níveis de qualidade fisiológica. Capão do Leão, RS. 2021.

100mL e 25 sementes						
1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
0,06 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,36 <sup>ns</sup>	-0,34 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>
100mL e 50 sementes						
1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
-0,08 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,42*	-0,38 <sup>ns</sup>	-0,41*	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>
100mL e 75 sementes						
1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
-0,31 <sup>ns</sup>	-0,36 <sup>ns</sup>	-0,44*	-0,36 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,46*	-0,62**
75mL e 25 sementes						
1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
-0,19 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,35 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
75mL e 50 sementes						
1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
-0,05 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>
75mL e 75 sementes						
1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
-0,20 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
50mL e 25 sementes						
1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
-0,43*	-0,56**	-0,49*	-0,46*	-0,42*	-0,53**	-0,42*
50mL e 50 sementes						
1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
-0,16 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,52**	-0,43*	0,15 <sup>ns</sup>	-0,46*	-0,57**
50mL e 75 sementes						
1h	2h	3h	4h	6h	8h	24h
-0,65**	-0,59**	-0,59**	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>

\* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste T; \*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste T; <sup>ns</sup> Não significativo.

Em relação aos resultados da correlação entre a emergência de plântulas e o teste de condutividade elétrica, foi possível notar que, considerando o volume de água, a quantidade de sementes e o tempo de absorção de água, a correlação mais forte ocorreu na combinação 50mL de água deionizada e 75 sementes com período de absorção de água de uma hora, sendo que, os resultados foram significativos e negativos à significância de 1% pelo teste t, com coeficiente de correlação de -0,65 (Tabela 6), sendo classificado como correlação moderada (SHIMAKURA, 2006). Essa combinação foi a que conseguiu ranquear os lotes de sementes de cevada em diferentes níveis de vigor de maneira semelhante à obtida no teste de emergência de plântulas (Tabelas 2 e 5), logo, os resultados do teste de correlação linear simples confirmam a eficiência do teste de condutividade elétrica na estratificação de lotes de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, em níveis de vigor.

O teste de condutividade elétrica é um teste de vigor que avalia a quantidade de lixiviados que extravasam para o meio durante o período de embebição (CATÃO & CAIXETA, 2019). Sementes de baixo vigor apresentam maior liberação de eletrólitos para o meio, em comparação com sementes de alto vigor, logo, o vigor varia de forma inversa com a condutividade elétrica, ou seja, quanto maior a condutividade elétrica menor o vigor e vice-versa. Isso ocorre, pois, o processo de deterioração, que é inevitável e irreversível, causa alterações degenerativas no sistema de membranas das sementes, provocando a diminuição da integridade e, conseqüentemente, redução de sua capacidade seletiva (MARCOS FILHO, 2015). O resultado desse processo é a perda de controle das trocas de água e soluto entre as células e o ambiente externo, resultando na diminuição da viabilidade e do vigor das sementes (BINOTTI et al., 2008).

Cabe ressaltar que na presente pesquisa, após três horas de absorção de água, foi observada a protrusão da raiz primária de algumas sementes de determinados lotes, logo os resultados após esse período de embebição foram comprometidos, pois, com a protrusão da raiz primária há o rompimento do sistema de membranas e conseqüentemente ocorre a saída de lixiviados para o meio (CHING & SCHOOLCRAFT, 1968; MARCOS FILHO 2015b).

Contudo, foram observados resultados consistentes, após uma hora de absorção de água, na combinação 75 sementes e 50mL, de modo que o teste foi eficiente na separação dos lotes de sementes em níveis de vigor. Sendo assim, como a protrusão da raiz primária ocorreu, somente, após três horas de absorção de água, os resultados nesta condição não foram afetados.

Com base nos resultados observados no presente trabalho, pode-se inferir que o teste de condutividade elétrica mostra eficiência na separação de lotes de sementes de cevada em níveis de vigor, com período de absorção de água reduzido. Os resultados de um teste de vigor devem ser confiáveis e, de preferência, obtidos em curto período de tempo, pois, uma rápida obtenção dos resultados torna-se fundamental para uma tomada de decisão em menor tempo (CATÃO & CAIXETA, 2019).

Os resultados do teor de água das sementes após o período de envelhecimento acelerado estão apresentados na tabela 7.



Tabela 7. Resultados do teor de água das sementes dos seis lotes de cevada, cultivar BRS Cauê, após o período de envelhecimento acelerado utilizando-se a combinação de quatro tempos de envelhecimento (24, 48, 72 e 96h) e duas temperaturas (41 e 45°C). Capão do Leão, RS. 2021.

Lote	Inicial	Teor de água (%)							
		24h		48h		72h		96h	
		41°C	45°C	41°C	45°C	41°C	45°C	41°C	45°C
1	11,7	20,0	22,2	23,3	25,5	34,0	35,9	38,3	39,9
2	11,2	21,0	23,2	23,9	25,4	34,3	35,5	38,2	39,2
3	11,5	21,9	23,9	25,3	27,4	35,5	37,7	40,4	42,3
4	12,1	22,0	24,3	23,6	25,5	34,7	36,2	40,1	42,1
5	11,9	22,1	24,5	27,2	28,7	36,1	38,5	40,6	42,8
6	11,8	22,6	24,6	28,2	29,2	38,4	39,3	41,0	43,5

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ).

Em geral, as sementes apresentaram maior teor de água conforme aumentou o tempo de envelhecimento (Tabela 7). Esses resultados concordam com os observados em sementes de coentro (RADKE et al., 2016), em sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (WALTER et al., 2019), em sementes de leucena (ARAÚJO et al., 2017), em sementes de canafístula (PADILHA et al., 2018) e em sementes de amaranto (ROSA et al., 2018). Além disso, o teor de água das sementes foi maior na temperatura de 45°C comparativamente à temperatura de 41°C, alcançando cerca de 2pp de diferença, em todos os tempos de envelhecimento (Tabela 8). Resultados semelhantes foram observados por Carvalho et al. (2016) em sementes de mogno, ao relatarem que em temperaturas mais elevadas e com o aumento do tempo de envelhecimento, o teor de água das sementes apresentou significativo aumento.

Segundo GRANELLA et al. (2019), a umidade relativa do ar e a temperatura do ar influenciam a manutenção da qualidade de um determinado produto, como por exemplo a semente, até que este determinado produto entre em equilíbrio higroscópico. Em condição de alta umidade relativa do ar, em determinada temperatura, as sementes tendem a atingir o equilíbrio higroscópico com maior teor de água (PESKE & VILLELA, 2012).

Isso ocorreu, provavelmente, pois, em condições de elevada umidade relativa do ar e elevada temperatura do ar, o processo de deterioração é intensificado nas sementes, sendo assim, uma das consequências desse processo é a danificação do sistema de membranas celulares das sementes, isso favorece a entrada de água, de modo que nessas condições a semente atinja o equilíbrio higroscópico com maior teor de água (SILVA et al., 2019; WALTER et al., 2019), isso explica os resultados observados na presente pesquisa.

Os resultados do teste de envelhecimento acelerado em sementes dos seis lotes estudados estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Resultados do teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de cevada da cultivar BRS Cauê, utilizando-se a combinação de quatro tempos de envelhecimento (24, 48, 72 e 96h) e duas temperaturas (41 e 45°C). Capão do Leão, RS. 2021.

Lote	Teste de envelhecimento acelerado (%)							
	24h		48h		72h		96h	
	41°C	45°C	41°C	45°C	41°C	45°C	41°C	45°C
1	86AB	82B	82AB	77AB	82A	47AB	41B	45B
2	92A	90A	87A	87A	87A	63A	53A	57A
3	81B	81B	81B	79AB	80A	42ABC	31C	45B
4	90A	91A	83AB	80AB	80A	27BC	41B	47B
5	84AB	81B	82AB	81AB	85A	24C	40BC	31C
6	89A	88A	75C	72B	76A	35BC	43B	38BC
<b>CV (%)</b>	<b>4,03</b>	<b>1,69</b>	<b>2,79</b>	<b>8,07</b>	<b>8,09</b>	<b>23,45</b>	<b>10,22</b>	<b>9,47</b>

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ).

Quando analisados os resultados do teste de envelhecimento acelerado nos seis lotes de sementes de cevada (Tabela 8), verifica-se que o teste conseguiu ranquear os lotes de sementes em diferentes níveis de vigor, exceto na combinação 72 horas à temperatura de 41°C, na qual os lotes não diferiram em nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Apesar de em todas as demais combinações, o teste conseguir estratificar os lotes em diferentes níveis de vigor, somente nas combinações 48 horas à temperatura de 41°C e 48 horas à temperatura de 45°C houve coerência com os resultados observados no teste de emergência de plântulas, confirmando o lote 2 como o de maior vigor e o lote 6 como o de menor vigor, demonstrando assim que o teste de envelhecimento acelerado, nestas duas combinações, foi eficiente em avaliar o vigor de lotes de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê.

Esses resultados corroboram com os observados por Rosa et al. (2018), que observaram eficiência do teste de envelhecimento acelerado em classificar cinco lotes de *Amaranthus cruentus* em diferentes níveis de vigor, conforme o teste de emergência de plântulas. Resultados semelhantes foram relatados por Menegaes et al. (2018) em sementes de *Celosia argentea* e *Celosia cristata*, ao concluírem que o teste de envelhecimento acelerado foi eficiente em avaliar o vigor das sementes dessas duas espécies. Radke et al. (2016) relataram que o teste de envelhecimento acelerado foi eficiente em avaliar o vigor de diferentes lotes de sementes de coentro. Segundo Carvalho et al. (2016), o teste de envelhecimento acelerado é eficiente para avaliar o vigor de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla*). Em outras culturas

como cenoura, ervilha, feijão e soja, também foi verificada a eficiência do teste de envelhecimento acelerado em classificar os lotes de sementes em diferentes níveis de vigor, conforme o teste de emergência de plântulas (ISTA, 2014).

Além disso, foi possível observar que, conforme aumentou o tempo de exposição das sementes a temperaturas elevadas, os valores reduziram drasticamente. Resultados semelhantes foram observados por Radke et al. (2016) em sementes de coentro e Tunes et al. (2013) em sementes de salsa. Esse resultado ocorreu, provavelmente, devido ao elevado teor de água que as sementes atingem após o período de envelhecimento, a combinação de elevadas temperaturas e longo tempo de exposição favoreceu a aceleração do processo de deterioração das sementes, causando a redução do vigor das sementes (SILVA et al., 2019; WALTER et al., 2019).

Os resultados da correlação linear simples entre os resultados do teste de envelhecimento acelerado e do teste de emergência de plântulas em campo dos seis lotes de sementes de cevada estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Coeficientes de correlação linear simples (r) entre os resultados do teste de envelhecimento acelerado e do teste de emergência de plântulas em campo de seis lotes de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, com diferentes níveis de qualidade fisiológica. Capão do Leão, RS. 2021.

Correlação linear de Pearson (r)							
24h		48h		72h		96h	
41°C	45°C	41°C	45°C	41°C	45°C	41°C	45°C
0,33 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>**</sup>	0,54 <sup>**</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>*</sup>	0,48 <sup>*</sup>	0,69 <sup>**</sup>

\* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste T; \*\*Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste T; <sup>ns</sup> Não significativo.

Considerando os diferentes períodos de envelhecimento e as diferentes temperaturas, as correlações mais fortes ocorreram no período de 48h e nas temperaturas de 41°C (0,72<sup>\*\*</sup>) e 45°C (0,54<sup>\*\*</sup>) e no período de 96h e temperatura de 45°C (0,69<sup>\*\*</sup>), onde os resultados foram significativos e positivos com significância de 1% pelo teste t. Esses coeficientes de correlação linear são considerados fortes ( $r > 0,70$ ) e moderados ( $0,50 < r < 0,70$ ), respectivamente (SHIMAKURA, 2006). Os resultados do teste de correlação linear simples confirmam que o teste de envelhecimento acelerado é eficiente na classificação de lotes de sementes de sementes de cevada em níveis de vigor, utilizando um período de envelhecimento de 48 horas e as temperaturas de 41 ou 45°C.

## **2.4. Conclusões**

O teste de condutividade elétrica utilizando período de absorção de água de uma hora, 75 sementes e 50mL de água deionizada a 20°C apresenta eficiência na classificação de lotes de sementes de cevada em níveis de vigor.

O teste de envelhecimento acelerado empregando 48 horas de exposição das sementes a temperaturas de 41°C ou 45°C mostra-se eficiente no ranqueamento de lotes de sementes de cevada em níveis de vigor.

### **3      Capítulo II – Desempenho fisiológico e armazenabilidade de sementes de cevada tratadas com nutrientes**

#### **3.1.      Introdução**

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) tem alto valor nutricional, pois é muito rica em beta-glucanas, proteínas, minerais e fibras. Por esse motivo, muitos produtos são derivados da cevada como pães, biscoitos, chás, cerveja e muitos outros. Os produtos originados da cevada são ricos em antioxidantes, que por sua vez são substâncias que estão intimamente relacionadas com a redução de ocorrências de doenças cardíacas, especialmente problemas coronários, além de auxiliarem na redução de peso (SAEED & SAEED, 2020).

Tendo em vista a importância econômica da cevada no Brasil e no mundo, o agricultor busca garantir o máximo potencial produtivo da cultura e para que isso seja possível vários fatores precisam ser levados em consideração, entre eles pode-se destacar o adequado manejo da adubação. Sabe-se que os solos brasileiros apresentam, no geral, baixa fertilidade. Nesse sentido, o fornecimento de nutrientes via tratamento de sementes é alternativa possivelmente eficiente em assegurar quantidades adequadas de nutrientes para as sementes e as futuras plantas, tendo resultados positivos na qualidade fisiológica do lote de sementes (OLIVEIRA et al., 2014; LEMES et al., 2017b).

A utilização de complexos de nutrientes contendo micronutrientes é alternativa que vem se destacando no Brasil, porque pode apresentar grandes benefícios para a agricultura. Esses produtos são aplicados via tratamento de sementes e ficam aderidos nas mesmas, tendo como objetivo reduzir possíveis problemas de deficiência de micronutrientes durante a germinação, crescimento, desenvolvimento e produção de grãos das culturas (BINSFELD et al., 2014; MARTINS et al., 2016; DA CRUZ et al., 2021).

Atualmente existem vários produtos comerciais à base de micronutrientes e sua utilização tem aumentado por parte das empresas produtoras e agricultores. Além disso, trabalhos demonstraram a eficiência desses produtos em favorecer a qualidade fisiológica de sementes de diversas culturas, como em sementes de milho (ÁVILA et al., 2006), em sementes de trigo (TUNES et al., 2012; ARAÚJO et al., 2016) e em sementes de soja (LEMES et al., 2017b). Resultados interessantes foram descritos

por Gomez Muñoz et al. (2018), ao observarem que o tratamento de sementes de milho com zinco (Zn) e manganês (Mn) reduziram os efeitos do estresse causado pelo frio nas sementes. Segundo Luchese et al. (2004), a aplicação de micronutrientes via tratamento de sementes proporciona melhor uniformidade de aplicação, eficiente aproveitamento pela planta e reduz os custos com aplicação.

Em relação ao armazenamento de sementes, é um fato que não é possível aumentar a qualidade das sementes, somente é possível manter a qualidade fisiológica das sementes da forma como chegaram do campo. Nesse sentido, a manutenção da qualidade durante o armazenamento é fundamental, pois, a obtenção de lavouras com alta produtividade depende, entre outros fatores, da utilização de sementes de alta qualidade fisiológica (TUNES et al., 2012). Segundo esses mesmos autores, o armazenamento de sementes tratadas com nutrientes, por parte das empresas produtoras, é uma alternativa visando o fornecimento de sementes já enriquecidas com micronutrientes para os agricultores, garantindo a qualidade de aplicação e eliminando possíveis erros de doses na condução da lavoura.

Trabalhos conseguiram demonstrar a viabilidade de armazenar sementes tratadas com micronutrientes como em sementes de tomate (ALBUQUERQUE et al., 2010) e em sementes de soja (ZORATO & HENNING, 2001). Contudo, Avelar et al. (2011) observaram que sementes de soja tratadas com micronutrientes apresentaram redução na qualidade fisiológica.

Com base no exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito do tratamento de sementes com os complexos de nutrientes: Packseed® 0,70% de Zn, Packseed® 1,50% de Zn e Ultrazinc® 3,00% de Zn no desempenho fisiológico e na armazenabilidade de sementes cevada.

### **3.2. Material e Métodos**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, no Departamento de Fitotecnia e na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) localizada no município de Capão do Leão-RS, pertencente à Universidade Federal de Pelotas. Foram utilizadas sementes de cevada cultivar BRS Cauê, de um lote colhido na safra 2019/20.

As sementes, assim que chegaram, foram submetidas à determinação do teor de água pelo método da estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas (BRASIL, 2009), com duas repetições de 5g. Foi constatado que as sementes apresentavam teor de água de 15%. Esse teor de água é impróprio para o armazenamento seguro, então, as sementes foram submetidas à secagem artificial em mini-silos com fundo perfurado e ar forçado empregando temperatura do ar de  $33^{\circ}\text{C}$ , sendo realizada a verificação do teor de água das sementes periodicamente, utilizando um medidor de umidade, marca Geaka, até a obtenção de valores próximos a 12%. A seguir, foram coletadas amostras e submetidas novamente à determinação do teor de água pelo método da estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, utilizando duas repetições de 5g cada. Os resultados médios do teor de água obtidos foram de 11%.

Após o processo de secagem, as sementes foram retiradas dos mini-silos secadores e deixadas em ambiente de laboratório à temperatura aproximada de  $20^{\circ}\text{C}$ . Após a redução da temperatura, as sementes foram imediatamente tratadas com três complexos de nutrientes, cada um em cinco doses, e as avaliações da qualidade das sementes iniciadas imediatamente após o tratamento. Parte das sementes submetidas a cada tratamento foi armazenada durante 21 dias, em condições ambientais (temperatura média de  $18^{\circ}\text{C}$  e UR média de 75%). Após esse período, as sementes foram novamente submetidas às avaliações.

As sementes foram tratadas com os complexos de nutrientes Packseed® 0,70% de Zn; Packseed® 1,50% de Zn e Ultrazinc® 3,00% de Zn. Os complexos de nutrientes apresentavam, conforme a indicação dos fabricantes, a seguinte composição: a) Packseed® 0,70% de Zn: (N solúvel: 4,00%;  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 12,00%;  $\text{K}_2\text{O}$ : 2,50%; B: 1,60%; Co: 0,50%; Mo: 2,50% e Zn: 0,70%). b) Packseed® 1,50% de Zn: (N solúvel: 4,00%;  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 12,00%;  $\text{K}_2\text{O}$ : 2,50%; B: 1,60%; Co: 0,50%; Mo: 2,50% e Zn: 1,50%). c) Ultrazinc® 3,00% de Zn: ( $\text{P}_2\text{O}_5$ : 30,00%; S: 6,00%; Mn: 8,00% e Zn: 3,00%).

As doses utilizadas foram: 0 (sem tratamento); 1; 2; 3 e 4,5mL do produto comercial por kg de sementes.

A caracterização inicial do lote foi realizada pelas seguintes determinações:

**Teor de água:** determinado pelo método da estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, com duas repetições de 5g cada. Em seguida, o teor de água foi calculado por diferença de massa, com base na massa úmida das sementes, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

**Massa de mil sementes:** foi determinada pela contagem, ao acaso, de oito subamostras de 100 sementes que imediatamente foram pesadas. A massa de mil sementes de cada lote foi calculada e os resultados expressos em gramas, com uma casa decimal, conforme Brasil (2009).

Para a determinação da qualidade fisiológica das sementes tratadas com os três complexos de nutrientes, nas cinco doses, foram realizadas as seguintes avaliações:

**Teste de germinação:** foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes. As folhas de papel germitest foram umedecidas com o equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, sendo cada subamostra de 50 sementes distribuída em duas folhas de papel germitest que em seguida foi dobrada e enrolada formando um rolinho. Após esse procedimento, os rolinhos foram colocados em germinadores do tipo Mangelsdorf a temperatura constante de 20°C na presença de luz. A avaliação foi realizada no sétimo dia após a semeadura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**Primeira contagem da germinação:** realizada em conjunto com o teste de germinação, sendo a avaliação realizada no quarto dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

**Comprimento de parte aérea e raiz:** foram utilizadas quatro subamostras de 15 sementes. Foi empregado papel germitest umedecido previamente com água destilada com o equivalente a 2,5 vezes ao peso seco do substrato. A montagem dos rolos de papel foi realizada de forma similar ao descrito para o teste de germinação. Foram traçadas duas linhas imaginárias sobre o papel, onde as sementes foram semeadas de forma intercalada para evitar que as plântulas sofressem algum tipo de impedimento pela dobradura do papel e pelas plântulas vizinhas. Os rolos foram posicionados verticalmente no germinador tipo Mangelsdorf por quatro dias a 20°C. A avaliação foi realizada no quarto dia após a semeadura e consistiu em escolher aleatoriamente dez plântulas de cada subamostra, as quais foram seccionadas com o auxílio de um bisturi, em raiz primária e parte aérea, descartando os endospermas persistentes. Após o corte, cada parte da plântula foi medida utilizando régua milimetrada. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

**Massa de matéria seca de parte aérea e raiz:** realizado conjuntamente com o teste de comprimento de parte aérea e raiz. Após a medição das dez plântulas de



cada subamostra, foram colocadas cada parte (parte aérea e raiz primária) separadamente em sacos de papel pardo previamente identificados. Os sacos de papel foram levados para a estufa à temperatura de 70°C, permanecendo por 72h (NAKAGAWA, 1999). Imediatamente após a retirada da estufa, as subamostras foram colocadas para esfriar em dessecador. A seguir, procedeu-se a avaliação, a qual consistiu na pesagem das subamostras em balança de precisão de  $\pm 0,001\text{g}$ . Os resultados médios obtidos foram expressos em gramas por plântula.

**Envelhecimento acelerado:** realizado em caixas plásticas transparentes (11,5 x 11,5 x 3,5cm), tipo gerbox, com suportes internos para segurar a tela metálica. As sementes foram distribuídas uniformemente até formar uma camada única sobre a tela metálica, evitando sobreposição das sementes. Ao fundo da caixa gerbox, foram adicionados 40mL de água destilada. As caixas foram mantidas em BOD em temperatura de 41°C por um período de 48 horas. Após esse período, as sementes foram retiradas das caixas e procedeu-se a montagem do teste de germinação, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A avaliação foi realizada no quarto dia após a semeadura, considerando somente as plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (MARCOS FILHO, 1999).

**Emergência de plântulas:** foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes. As sementes foram semeadas em bandejas com areia, a uma profundidade de três centímetros. Cada repetição foi semeada em bandeja separada, as quais foram mantidas em temperatura ambiente e a irrigação executada conforme a necessidade. A avaliação foi realizada a partir da contagem das plântulas normais emergidas no 21º dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem (NAKAGAWA, 1999).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso e os tratamentos foram dispostos em fatorial 5x2, sendo cinco doses de complexo de nutrientes (0, 1, 2, 3 e 4,5mL.kg<sup>-1</sup> de sementes) e duas épocas de avaliação (zero e 21 dias de armazenamento), empregando-se quatro repetições, para cada complexo de nutrientes separadamente.

Para testar as pressuposições do modelo matemático, os resultados em porcentagem foram transformados em arco-seno  $\sqrt{x}/100$ . Os resultados foram submetidos à análise de variância e nos casos de as interações serem significativas, os efeitos das doses dos complexos de nutrientes foram avaliados por análise de

regressão por polinômios ortogonais. Não ocorrendo interação significativa, os efeitos dos tratamentos foram avaliados, separadamente, sendo para doses dos complexos de nutrientes utilizados polinômios ortogonais e para os períodos de armazenamento a comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Para a análise estatística foi utilizado o software estatístico WinSTAT (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2003). Nas análises estatísticas foi utilizado o nível de probabilidade de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

### **3.3. Resultados e Discussão**

Os dados referentes ao teor de água e massa de mil sementes, para os cinco doses de nutrientes utilizadas nas sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, em duas épocas de avaliação, para cada produto separadamente, estão apresentados na tabela 1.

O teor de água das sementes de cevada tratadas com cinco diferentes doses do complexo de nutrientes Packseed 0,70% de Zn, no início dos testes (Zero DAT), variou de 11,5 a 11,9% (Tabela 1), sendo a diferença máxima de 0,4 pontos percentuais (pp). As sementes tratadas com diferentes doses do complexo de nutrientes Packseed 1,50% de Zn, no início dos testes (Zero DAT) apresentaram teor de água variando entre 11,1 e 11,6% (Tabela 1), com diferença máxima não superior a 0,5 pp. As sementes tratadas com cinco diferentes doses do complexo de nutrientes Ultrazinc 3,00% de Zn, no início dos testes (Zero DAT) apresentaram uma diferença máxima no teor de água de 0,3 pp. Entretanto, aquelas sementes que foram armazenadas por um período de 21 dias após serem tratadas (21 DAT) com diferentes doses dos complexo de nutrientes Packseed 0,70% de Zn, Packseed 1,50% de Zn e Ultrazinc 3,00% de Zn apresentaram uma variação máxima de 0,6; 0,7 e 0,3 pontos percentuais, respectivamente.

Sementes com teor de água inferior a 13% apresentam menor probabilidade de sofrer deterioração (SILVA et al., 2018). Além disso, a variação do teor de água das sementes foi baixa ( $\leq 0,50$ pp), esses resultados estão de acordo com o indicado por Marcos Filho (2015) ao dizer que a variação do teor de água entre os lotes deve ser de no máximo 5pp. Os resultados obtidos nesta pesquisa para o teor de água das sementes tratadas com três complexos de nutrientes e cinco doses são consistentes, pois, os diferentes lotes de sementes devem estar padronizados quanto ao teor de água para que os resultados sejam confiáveis.

Tabela 10. Resultados referentes a teor de água (TA) e massa de mil sementes (MMS), em dois períodos de armazenamento (Zero DAT e 21 DAT), para cada complexo de nutrientes separadamente, e, nas cinco doses utilizadas para tratar as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê. Capão do Leão, RS. 2021.

RS. 2021.

	TA (%)		MMS (g)	
Dose	Complexo de nutrientes (Packseed 0,70% de Zn)			
	Zero DAT	21 DAT	Zero DAT	21 DAT
0	11,9	11,8	37,9	37,1
1	11,5	11,3	37,4	37,3
2	11,5	11,2	37,4	37,2
3	11,8	11,7	37,5	37,7
4,5	11,9	11,6	37,3	37,1

	Complexo de nutrientes (Packseed 1,50% de Zn)			
Dose	Zero DAT	21 DAT	Zero DAT	21 DAT
0	11,2	11,4	37,3	37,3
1	11,3	11,1	37,5	37,4
2	11,5	11,6	37,3	37,3
3	11,6	11,8	37,4	37,5
4,5	11,1	11,2	37,1	37,3

	Complexo de nutrientes (Ultrazinc 3,00% de Zn)			
Dose	Zero DAT	21 DAT	Zero DAT	21 DAT
0	11,3	11,2	37,1	37,3
1	11,1	11,3	37,2	37,1
2	11,2	11,4	37,6	37,5
3	11,4	11,5	37,3	37,5
4,5	11,1	11,3	37,1	37,2

\*DAT= Dias após tratamento; Zn= Zinco.

A massa de mil das sementes de cevada tratadas com cinco doses do complexo de nutrientes Packseed 0,70% de Zn no início dos testes (Zero DAT) apresentou variação máxima de 0,6g (Tabela 1). As sementes tratadas com diferentes doses do complexo de nutrientes Packseed 1,50% no início dos testes (Zero DAT) apresentaram massa de mil com variação máxima de 0,4g (Tabela 1). As sementes tratadas com cinco doses do complexo de nutrientes Ultrazinc 3,00% de Zn no início dos testes (Zero DAT) mostraram uma diferença máxima na massa de mil aproximada de 0,5g. Após 21 dias de armazenamento (21 DAT), as sementes tratadas com doses

dos complexos de nutrientes Packseed 0,70% de Zn, Packseed 1,50% de Zn e Ultrazinc 3,00% de Zn apresentaram uma variação máxima na massa de mil na ordem de grandeza de 0,6; 0,2 e 0,4g, respectivamente (Tabela 1).

Com base nesses resultados, pode-se inferir que a massa de mil sementes não variou forma expressiva entre os tratamentos. Comportamento semelhante foi observado para o teor de água das sementes. Essas duas grandezas possuem íntima relação, pois, as sementes são higroscópicas, e, essa característica permite que as sementes mantenham o teor de água em equilíbrio com determinada umidade relativa do ar de armazenamento, consequentemente, o teor de água pode aumentar ou diminuir na fase inicial até que as sementes atinjam o ponto de equilíbrio higroscópico durante o armazenamento. Conforme o teor de água varia a massa de mil apresenta comportamento semelhante (STRELEC et al., 2010).

A massa de mil sementes é influenciada negativamente conforme aumenta a respiração das sementes, pois, à medida que a semente respira, há aumento do consumo da matéria seca, reduzindo sua massa específica aparente durante o armazenamento. O aumento significativo da respiração está relacionado, geralmente, com o aumento do teor de água das sementes e da temperatura da massa de sementes, resultando em maior redução de massa de matéria seca das sementes e maior deterioração, diminuindo a massa de mil sementes (GARCIA-CELA et al., 2019; TAHER et al., 2019; CORADI et al., 2020). Com base no exposto, fica evidente que a reduzida variação do teor de água das sementes entre os diferentes tratamentos, se refletiu em baixa variação na massa de mil sementes. Além disso, as sementes apresentavam teor de água baixo variando entre 11,1% e 11,9% entre os tratamentos. Esse baixo teor de água, provavelmente, contribuiu para o decréscimo da respiração na massa de sementes reduzindo o processo deteriorativo, e, consequentemente na baixa variação nos valores da massa de mil sementes entre os tratamentos.

Os dados referentes à análise de variância para as variáveis germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA), massa de matéria seca de raiz (MMSR) e emergência de plântulas (E) para cada complexo de nutrientes separadamente estão apresentados na tabela 2.

Tabela 11. Resultados referentes à análise de variância das variáveis germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de parte aérea, (CPA), comprimento de raiz (CR), massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA), massa de matéria seca de raiz (MMSR) e emergência de plântulas (E), para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com três diferentes complexos de nutrientes em cinco doses. Capão do Leão, RS. 2021.

<b>Complexo de nutrientes (Packseed 0,70% de Zn)</b>									
F.V.	g.l.	G	PCG	EA	CPA	CR	MMSPA	MMSR	E
			%		cm.plântula <sup>-1</sup>		g.plântula <sup>-1</sup>		%
Dose (D)	4	*	*	*	*	*	*	*	*
Período (P)	1	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns
D x P	4	ns	ns	ns	*	*	*	*	ns
Res.	30	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	39	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>CV (%)</b>		<b>3,28</b>	<b>2,85</b>	<b>4,22</b>	<b>7,88</b>	<b>7,48</b>	<b>6,54</b>	<b>3,36</b>	<b>4,01</b>
<b>Complexo de nutrientes (Packseed 1,50% de Zn)</b>									
F.V.	g.l.	G	PCG	EA	CPA	CR	MMSPA	MMSR	E
			%		cm.plântula <sup>-1</sup>		g.plântula <sup>-1</sup>		%
Dose (D)	4	*	*	*	ns	ns	*	*	*
Período (P)	1	*	*	ns	*	*	*	*	ns
D x P	4	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
Res.	30	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	39	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>CV (%)</b>		<b>2,45</b>	<b>2,64</b>	<b>4,27</b>	<b>5,30</b>	<b>9,27</b>	<b>4,73</b>	<b>2,83</b>	<b>4,35</b>
<b>Complexo de nutrientes (Ultra Plus Mn+Zn)</b>									
F.V.	g.l.	G	PCG	EA	CPA	CR	MMSPA	MMSR	E
			%		cm.plântula <sup>-1</sup>		g.plântula <sup>-1</sup>		%
Dose (D)	4	*	*	*	ns	ns	*	*	*
Período (P)	1	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	*
D x P	4	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
Res.	30	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	39	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>CV (%)</b>		<b>2,66</b>	<b>3,31</b>	<b>3,50</b>	<b>8,72</b>	<b>8,42</b>	<b>3,22</b>	<b>3,99</b>	<b>3,43</b>

\*Significativo em nível de 5% pelo teste f ( $p \geq 0,05$ ); ns= Não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste f ( $p \geq 0,05$ ); F.V.= Fonte de variação; g.l.= Graus de liberdade; D x P= Interação entre dose e período de armazenamento; Res.=Resíduo; CV(%)= Coeficiente de variação.

Com base nos resultados foi possível observar que para o complexo de nutrientes Packseed 0,70% de Zn ocorreu interação significativa somente para as variáveis comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA) e massa de matéria seca de raiz (MMSR), conforme Tabela 2. Por outro lado, para as variáveis germinação (G) e primeira contagem de germinação (PCG) ocorreu significância em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ) para os fatores dose e período de armazenamento isoladamente (Tabela 2). Enquanto que para as variáveis envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas (E) ocorreu diferença significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ), somente para o fator dose (Tabela 2).

Para o complexo de nutrientes Packseed 1,50% de Zn ocorreu interação significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ), somente para as variáveis massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA) e de raiz (MMSR), conforme Tabela 2. Para as variáveis germinação (G) e primeira contagem de germinação (PCG) ocorreu diferença significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ) para os fatores dose e período de armazenamento isoladamente (Tabela 2). Todavia, para as variáveis envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas (E) ocorreu diferença significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ), somente, para o fator dose (Tabela 2). Enquanto que para as variáveis comprimento de parte aérea (CPA) e de raiz (CR), ocorreu diferença significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ), somente, para o fator período de armazenamento (Tabela 2).

Para o complexo de nutrientes Ultrazinc 3,00% de Zn ocorreu interação significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ), somente para as variáveis massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA) e de raiz (MMSR), segundo a Tabela 2. Para as variáveis primeira contagem de germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas (E) ocorreu diferença significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ) para os fatores dose e período de armazenamento separadamente (Tabela 2). Para a variável germinação (G) ocorreu diferença significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ), somente para o fator dose (Tabela 2). Para a variável comprimento de parte aérea (CPA) ocorreu diferença significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ), somente para o fator período de armazenamento (Tabela 2). Não ocorreu

diferença significativa em nível de probabilidade de 5% pelo teste f ( $p \leq 0,05$ ) em nenhum fator para a variável comprimento de raiz (Tabela 2).

Os coeficientes de variação observados para todas as variáveis referentes aos complexos de nutrientes Packseed 0,70% de Zn, Packseed 1,50% de Zn e Ultrazinc 3,00% de Zn variaram entre 2,85 e 7,88%, 2,45 e 9,27% e 2,66 e 8,72%, respectivamente (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados por Kolling et al. (2016), ao avaliarem o efeito do tratamento de sementes com bioestimulante sobre o desempenho agrônômico do milho submetido a diferentes níveis de variabilidade espacial na distribuição das plantas no sulco de semeadura, demonstraram que o coeficiente de variação, entre as variáveis oscilou entre 1,95 e 6,75%.

O coeficiente de variação fornece uma ideia de precisão dos dados obtidos em um experimento, de modo que, quanto menor o valor, maior precisão tem-se quanto aos dados obtidos, logo quanto maiores os seus valores menor é a precisão do experimento (GARCIA, 1989). De modo geral, os coeficientes de variação observados nesta pesquisa são considerados baixos ( $\leq 10\%$ ), conforme PIMENTEL-GOMES (1985).

Em relação ao complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn, observa-se que para o fator dose, a germinação apresentou comportamento quadrático com aumento na porcentagem de plântulas normais até a dose  $2,32\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, alcançando germinação de 94%, com posterior decréscimo (Figura 1A).

Para o fator período de armazenamento, observa-se que as sementes submetidas ao tratamento com complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn e armazenadas por 21 dias apresentaram redução na porcentagem de plântulas normais na ordem de 2,5pp, comparativamente às sementes avaliadas imediatamente após o tratamento (Figura 1B). Esses resultados corroboram com os observados por Albuquerque et al. (2009), ao observarem que o tratamento de sementes de tomate com complexo de nutrientes causou redução da germinação conforme aumentou o tempo de armazenamento.

No que diz respeito ao Ultrazinc 3,00% de Zn, verifica-se para o fator dose que a germinação apresentou comportamento quadrático com aumento na porcentagem de plântulas normais até dose de  $2,32\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, atingindo germinação de 91%, com posterior decréscimo (Figura 1C).

O zinco apresenta eficácia sobre a germinação de sementes, conforme constatado por diversos autores como Tavares et al. (2013) em sementes de arroz,

Santos et al. (2015) em sementes de brachiária e Lemes et al. (2017b) em sementes de trigo.

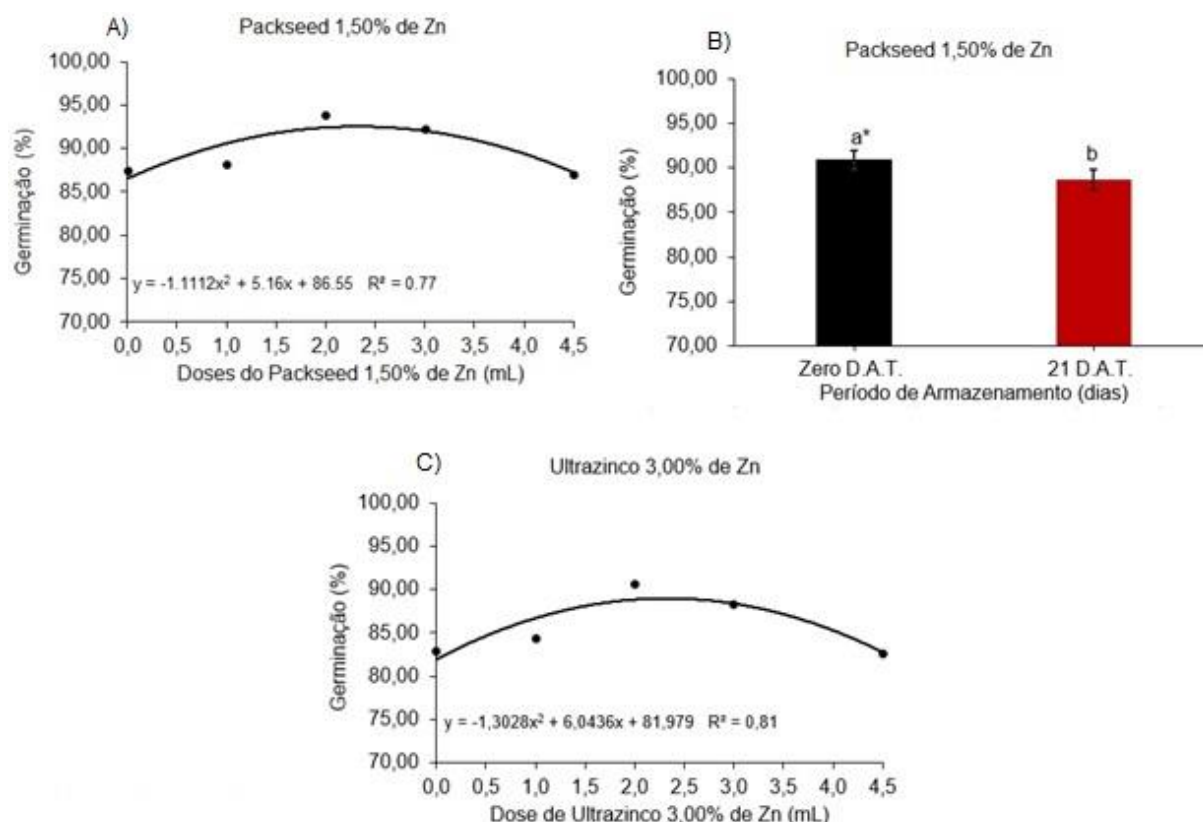


Figura 1. Germinação (G) de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com diferentes doses de Packseed 1,50% de Zn (A e B) e Ultrazinc 3,00% de Zn (C). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.

O zinco acelera o crescimento da raiz primária durante o processo germinativo, além de estar relacionado com diversas alterações bioquímicas que ocorrem na semente durante a germinação (LEMES, et al., 2017b). Resultado semelhante foi descrito por Binsfeld et al. (2014), ao observarem que sementes tratadas com complexo de nutrientes apresentaram maior porcentagem de plântulas normais na germinação.

Contudo, foi constatado nesta pesquisa que em doses muito elevadas, há decréscimo na porcentagem de plântulas normais. Esse comportamento provavelmente ocorreu, porque as doses mais elevadas dos produtos causaram toxicidade às sementes, reduzindo a germinação. Outra constatação importante foi a redução da porcentagem de germinação após o armazenamento. A redução da germinação provavelmente ocorreu, porque as sementes ficaram maior tempo em contato com o produto, logo, foram afetadas negativamente pelo efeito de toxicidade.



Segundo Malavolta (2006), o zinco é um micronutriente requerido em baixas quantidades, isso quer dizer que, existe um linha muito estreita entre o efeito benéfico e a toxicidade.

Para a primeira contagem de germinação, em função da variação das doses do complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn observou-se um melhor ajuste dos dados ao modelo quadrático em que o ponto de máxima eficiência foi obtido na dose de 2,10mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 90%, apresentando posterior decréscimo conforme aumentaram as doses (Figura 2A). Na dose de máxima resposta, o incremento de vigor em relação à dose zero (sem complexo de nutriente) foi na ordem de 5 pp (Figura 2A).

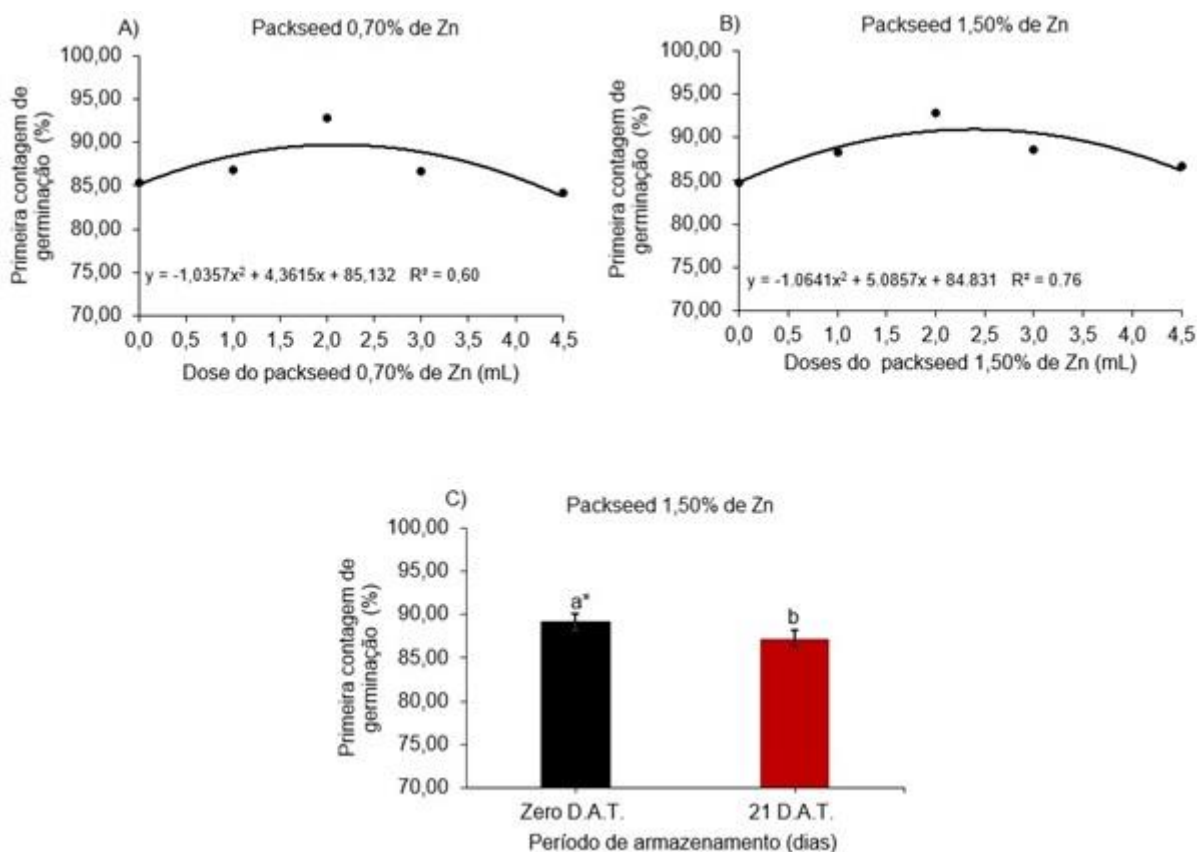


Figura 2. Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com diferentes doses de Packseed 0,70% de Zn (A) e com Packseed 1,50% de Zn (B e C). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de 5% de probabilidade ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.

Em relação ao complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn, para o fator dose, verifica-se que os dados se ajustaram ao modelo quadrático, apresentando ponto de máxima eficiência na dose de 2,34mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 89%, apresentando posterior decréscimo conforme aumentaram as doses (Figura 2B). Na dose de máxima

resposta, o incremento de vigor em relação dose zero (sem complexo de nutriente) foi na ordem de 5,5 pp (Figura 2B).

Para o fator período de armazenamento, para o complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn observou-se que os maiores valores na primeira contagem de germinação imediatamente após tratamento (Zero DAT), sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 89% (Figura 2C). Cabe destacar que as sementes que foram tratadas e armazenadas por 21 dias (21 DAT) apresentaram redução no vigor na ordem de 2,2 pp, comparativamente às sementes que foram submetidas à avaliação imediatamente após tratamento (Figura 2C).

Esses resultados corroboram com os observados por Avelar et al. (2011), ao observarem que as sementes de soja tratadas com micronutrientes apresentaram redução da porcentagem de plântulas normais ao longo do armazenamento.

Resultados semelhantes foram observados por Binsfeld et al. (2014), ao constatarem que o tratamento de sementes com complexo de nutrientes favoreceu o vigor das sementes de soja, avaliado pelo teste de primeira contagem de germinação. Todavia, Bays et al. (2007), utilizando micronutrientes (Co, Mo e B), no tratamento de sementes de soja, não observaram efeito positivo na germinação. Esse resultado ocorreu, provavelmente, porque os micronutrientes Mo, Co e B são importantes em fases posteriores da cultura.

Com base nessas informações pode-se inferir que, na presente pesquisa, assim como, no trabalho desenvolvido por Binsfeld et al. (2014) ocorreu influência positiva do tratamento de sementes na primeira contagem de germinação, porque nos tratamentos utilizados havia zinco, além de outros nutrientes. O zinco desempenha papel fundamental durante a germinação, pois é cofator de muitas enzimas, dessa forma, o fornecimento de Zn via tratamento de sementes pode constituir-se numa prática promissora visando a garantir uma adequada germinação de sementes (BEWLEY et al., 2013; ZUCARELI et al., 2018).

Para o envelhecimento acelerado e para as sementes tratadas com o complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn foi possível constatar que de acordo com variação as doses, os dados se ajustaram ao modelo quadrático, apresentando ponto de máxima eficiência na dose de  $2,04\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 89%, apresentando posterior decréscimo conforme aumentaram as doses (Figura 3A). Na dose de máxima resposta, o incremento de

vigor em relação à dose zero (sem complexo de nutriente) foi na ordem de 5,6 pp (Figura 3A).

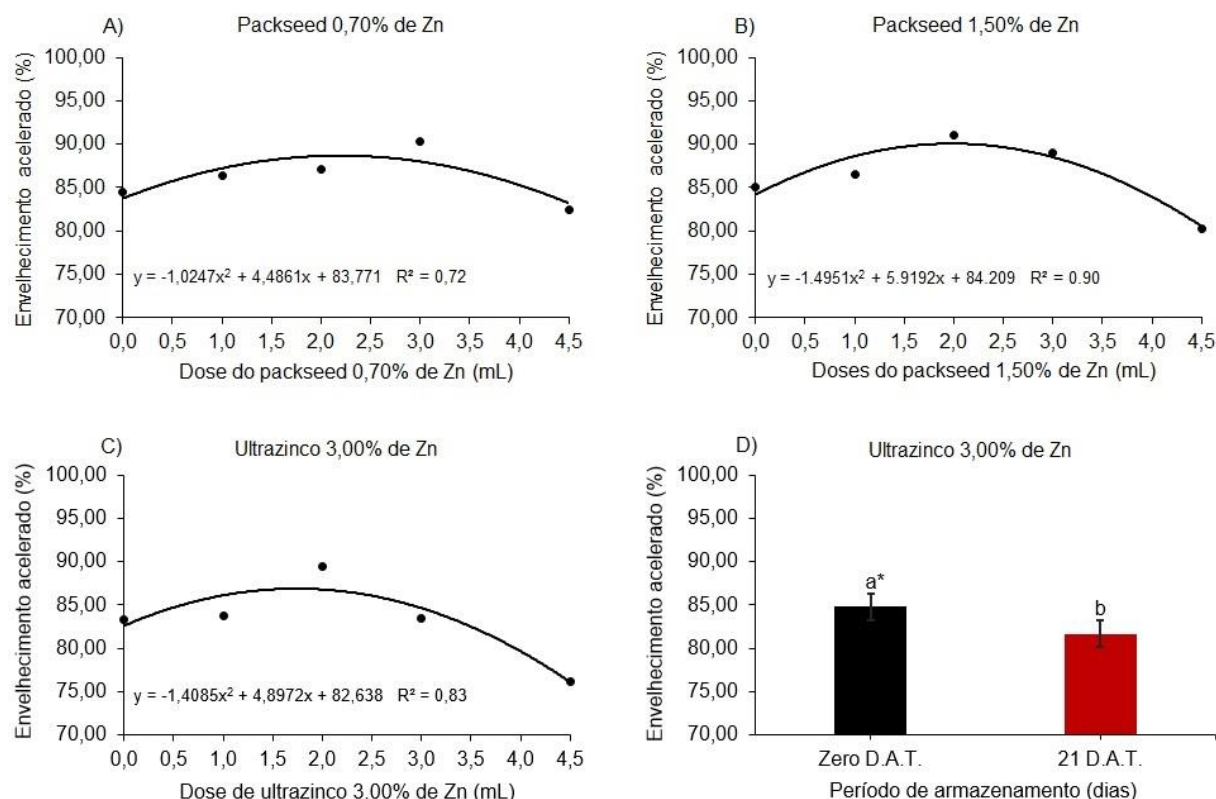


Figura 3. Envelhecimento acelerado (EA) em sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com diferentes doses de Packseed 0,70% de Zn (A), Packseed 1,50% de Zn (B) e Ultrazinc 3,00% de Zn (C e D). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.

Em relação ao complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn, para a variável resposta envelhecimento acelerado, foi possível observar que, em função das doses, os dados se ajustaram ao modelo quadrático, apresentando ponto de máxima eficiência na dose de  $1,97 \text{ mL.kg}^{-1}$  de sementes, sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 90%, apresentando posterior decréscimo conforme as doses incrementaram (Figura 3B). Na dose de máxima resposta, o acréscimo de vigor das sementes em relação à dose zero (sem complexo de nutriente) alcançou 5,7pp (Figura 3B).

No que diz respeito ao Ultrazinc 3,00% de Zn, verifica-se para o fator dose, considerando a variável envelhecimento acelerado, que os dados se ajustaram ao modelo quadrático, apresentando ponto de máxima eficiência na dose de  $1,74 \text{ mL.kg}^{-1}$  de sementes, atingindo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 87%, com posterior decréscimo conforme a elevação das doses (Figura 3C). Na dose de máxima

resposta, o incremento de vigor em relação à dose zero (sem complexo de nutriente) foi de 4,4pp (Figura 3C).

Esses resultados corroboram com os observados por Pletsch et al. (2014) em sementes de canola tratadas com Zn, que observaram aumento na porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado até a dose ótima de  $1,50\text{mL.kg}^{-1}$  de semente. Resultados semelhantes foram alcançados por Smiderle et al. (2008), ao verificarem que sementes de feijão tratadas com um complexo de micronutrientes (Mo + Co + Zn) apresentaram superioridade na porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado em relação as sementes não tratadas.

Para o fator período de armazenamento, os maiores valores no teste de envelhecimento acelerado ocorreram nas sementes avaliadas logo após tratamento (Zero DAT), sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 85% (Figuras 2C e 3D). Cabe destacar que as sementes que foram tratadas e armazenadas por 21 dias (21 DAT) apresentaram redução no vigor na ordem de 4pp, comparativamente às sementes que foram avaliadas imediatamente após o tratamento (Figura 3D).

Trabalhando com sementes de soja, Avelar et al. (2011) observaram que a porcentagem de plântulas normais na germinação após o envelhecimento acelerado foi menor em sementes tratadas e armazenadas.

No teste de envelhecimento acelerado, as sementes são condicionadas a condições de umidade relativa e temperatura adversas, o que permite determinar diferenças na qualidade de lotes com germinação semelhante, ou seja, é possível inferir sobre o potencial de emergência de plântulas no campo, bem como o potencial de armazenamento (FRANDOLOSO et al., 2017). Na prática, os lotes de sementes que após o período de envelhecimento acelerado continuam com elevada porcentagem de plântulas normais são considerados de maior vigor comparativamente àqueles que apresentam menor porcentagem de plântulas normais (PEREIRA et al., 2012).

Assim sendo, pode-se inferir, com base nos resultados da presente pesquisa, que o tratamento de sementes com os três complexos de nutrientes utilizados favorece o potencial fisiológico de sementes de cevada, contudo, a utilização de doses elevadas, ou seja, acima da dose ótima estimada para cada produto, causa redução do vigor das sementes. Isso provavelmente ocorre devido ao efeito fitotóxico causado pelos complexos de nutrientes em doses elevadas, porque doses muito altas podem

causar acúmulo dos nutrientes não absorvidos pelas células e estes por sua vez podem causar efeito tóxico sobre as células e os tecidos das sementes (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Para a variável resposta comprimento de parte aérea de plântulas foi possível observar que, para o fator dose dentro de cada nível do fator período de armazenamento, as sementes tratadas com complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn e não armazenadas (Zero DAT) apresentaram curva de tendência quadrática com ponto de máxima eficiência na dose de 1,67mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, sendo o comprimento de parte aérea de 5,0 cm.plântula<sup>-1</sup>, apresentando posterior decréscimo conforme o incremento das doses (Figura 4A). Na dose de máxima resposta, o incremento do comprimento da parte aérea de plântula em relação à dose zero (sem complexo de nutriente) foi na ordem de 10,50% (Figura 4A). Contudo, 21 dias após o tratamento (21 DAT) não ocorreu efeito significativo das doses sobre o comprimento de parte aérea de plântulas (Figura 4A).

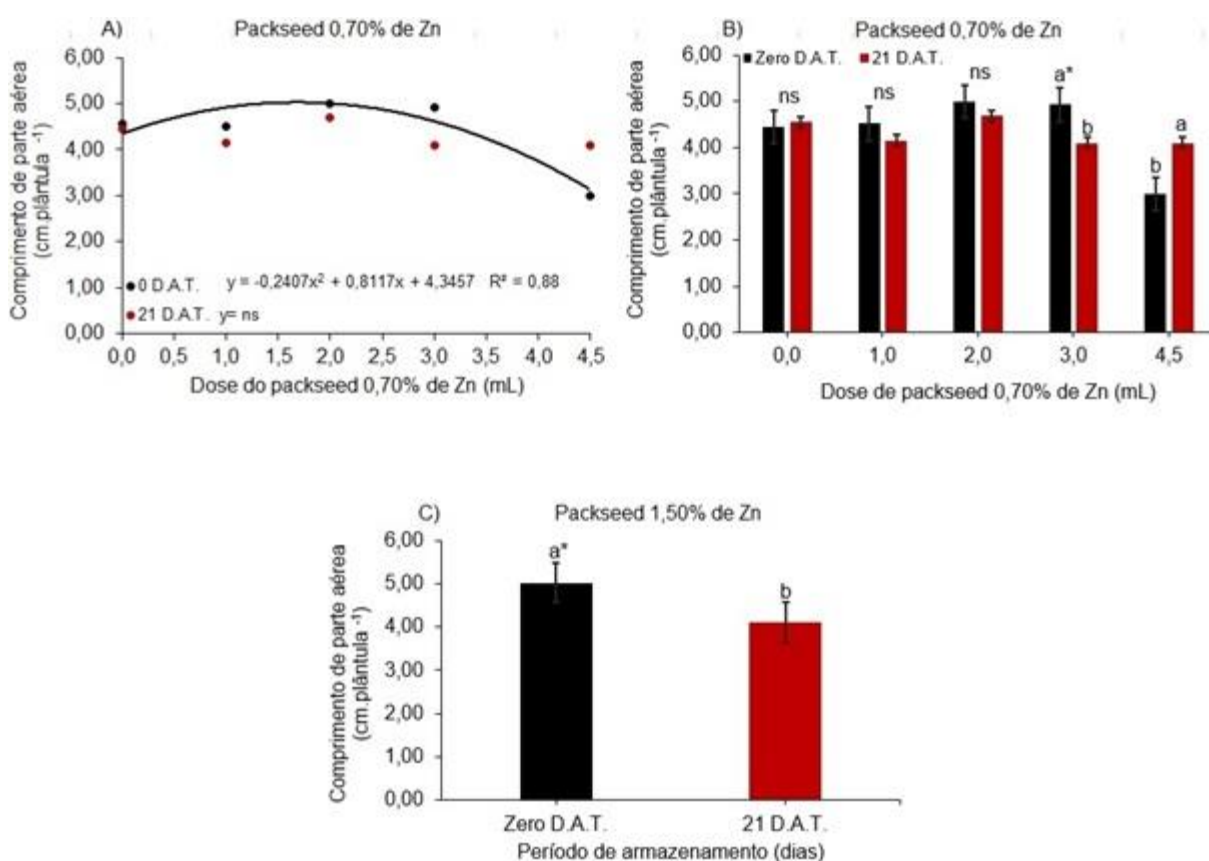


Figura 4. Comprimento de parte aérea (CPA) de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A e B) e com Packseed 1,50% de Zn (C). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; ns Não significativo em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.

Para o desdobramento da interação do fator período de armazenamento dentro de cada nível do fator dose, observou-se que para as doses 0; 1 e  $2\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes não ocorreram efeitos significativos, contudo, na dose  $3\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, as sementes tratadas com complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn e não armazenadas (zero DAT) apresentaram maiores valores de comprimento de parte aérea, comparativamente às sementes tratadas e armazenadas por 21 dias (21 DAT), sendo a diferença da ordem de 16,8% (Figura 4B). Todavia, para a dose  $4,5\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes foi observada resposta contrária, visto que as sementes tratadas e armazenadas por 21 dias alcançaram maior comprimento de parte aérea em comparação com aquelas tratadas e não armazenadas (zero DAT), com uma diferença na ordem de 26,6%. Apesar disso, na dose de  $3\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, as plântulas apresentaram altura 16,9% maior que aquelas originadas de sementes tratadas com a dose de  $4,5\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes (Figura 4B).

Cabe ressaltar que além da deterioração das sementes ser um processo inevitável e irreversível, a quantidade de produto utilizado no tratamento e o período de armazenamento podem favorecer a redução do potencial fisiológico das sementes (MARCOS FILHO, 2015; ABATI et al., 2020).

Em relação ao complexo de nutrientes Packseed 1,50% de Zn verificou-se para o fator período de armazenamento que as sementes tratadas e imediatamente submetidas à avaliação da qualidade (Zero DAT) apresentaram maior comprimento de parte aérea comparativamente às aquelas armazenadas por 21 dias (21 DAT), sendo a diferença na ordem de 18,3% ( $0,91\text{ cm.plântula}^{-1}$ ), conforme a Figura 4C.

Esses resultados concordam com os observados por Pletsch et al. (2017), ao observarem que o comprimento de parte aérea de plântulas originadas de sementes de canola tratadas com zinco aumentou até a dose ótima com posterior decréscimo. Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo et al. (2016), os quais avaliando o efeito da aplicação de fontes de zinco e boro sobre a qualidade fisiológica de sementes de trigo, verificaram que as sementes tratadas com esses micronutrientes em conjunto apresentaram os maiores comprimentos de parte aérea.

Os resultados alcançados podem ser explicados pelo fato de o zinco participar da rota metabólica de síntese do ácido indolacético (AIA), um hormônio vegetal regulador de crescimento pertencente à classe das auxinas, envolvido no crescimento das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Para a variável comprimento de raiz de plântulas, constatou-se no desdobramento da interação do fator dose dentro de cada nível do fator período de armazenamento, que as sementes tratadas com complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn e não armazenadas (Zero DAT) apresentaram comportamento quadrático com ponto de máxima eficiência na dose de  $1,91\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, sendo na ordem de  $8,61\text{cm.plântula}^{-1}$ , apresentando posterior decréscimo conforme houve aumento das doses (Figura 5A). Na dose de máxima resposta, o incremento do comprimento de raiz de plântula em relação à dose zero (sem complexo de nutriente) foi na ordem de 11,64% (Figura 5A). Contudo, 21 dias após o tratamento (21 DAT) não ocorreu efeito significativo das doses sobre o comprimento de raiz de plântulas (Figura 5A).

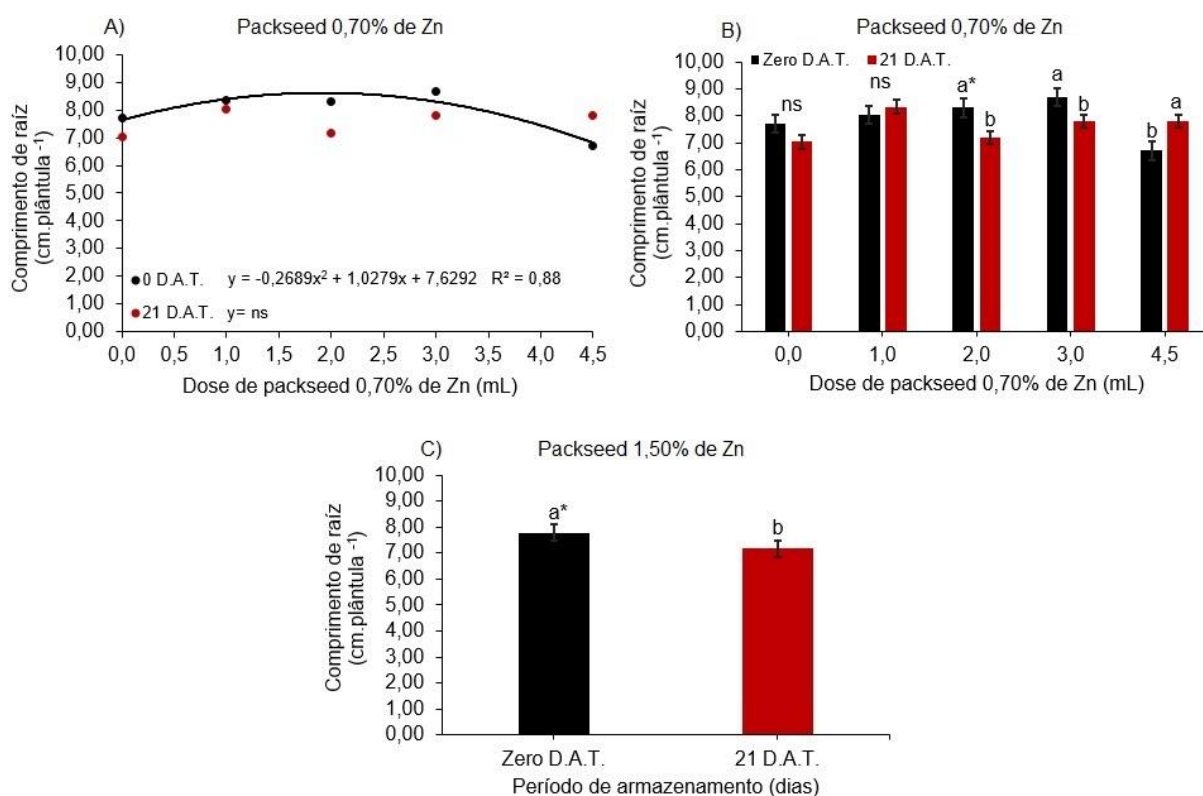


Figura 5. Comprimento de raiz (CR) de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A e B) e com Packseed 1,50% de Zn (C). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; ns Não significativo em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.

Para o desdobramento da interação do fator período de armazenamento dentro de cada nível do fator dose, observou-se que para as doses 0 e  $1\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes não ocorreram efeitos significativos. Contudo, nas doses 2 e  $3\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, verificou-se que as sementes tratadas com complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn e não armazenadas (Zero DAT) apresentaram maiores valores de

comprimento de raiz de plântulas, comparativamente às sementes que foram tratadas e armazenadas por 21 dias, encontrando-se diferenças na ordem de 13,4% e 9,9%, respectivamente (Figura 5B). Entretanto, para a dose  $4,5\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, foi observada resposta divergente, visto que sementes tratadas e armazenadas por 21 dias apresentaram maior comprimento de raiz em comparação com aquelas que foram tratadas e não armazenadas (zero DAT), atingindo uma diferença na ordem de 16,3%. Apesar disso, na dose de  $3\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, as plântulas apresentaram comprimento de raiz 10,2% maior do que às originadas de sementes tratadas com a dose de  $4,5\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes (Figura 5B).

Quanto ao complexo de nutrientes Packseed 1,50% de Zn foi possível observar que para o fator período de armazenamento, as sementes tratadas e não armazenadas (zero DAT) apresentaram maior comprimento de raiz de plântulas, comparativamente às aquelas tratadas e armazenadas por 21 dias, de modo que a diferença foi de 8,0% ( $0,62\text{ cm.plântula}^{-1}$ ), conforme Figura 5C.

De maneira semelhante, Araújo et al. (2016) concluíram que o tratamento de sementes de trigo com zinco e boro favorece o aumento do comprimento de raiz das plântulas. Resultados semelhantes também foram observados por Pletsch et al. (2017), ao relatarem em sementes de canola tratadas com zinco, que houve aumento do comprimento de raiz das plântulas até a dose ótima com posterior decréscimo.

A resposta verificada no comprimento de raiz de plântulas originadas de sementes tratadas com os três produtos utilizados nesta pesquisa, provavelmente, ocorreu devido ao fato de o zinco ativar as peptidases e intensificar o processo de hidrólise de proteínas de reserva, consequentemente ocorrendo a suplementação de esqueletos de carbono ao eixo embrionário, acelerando o crescimento tanto das raízes quanto da parte aérea das plântulas. Além disso, o zinco está relacionado com a síntese de auxina, fitohormônio fundamental na divisão e expansão celular, o que explica os maiores comprimentos de raiz obtidos neste estudo (TAIZ & ZEIGER, 2013; ARAÚJO et al., 2016; BONTEMPO et al., 2016).

No que se refere à variável massa de matéria seca de parte aérea de plântulas, constatou-se para o desdobramento da interação do fator dose dentro de cada nível do fator período de armazenamento, que as sementes tratadas com complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn e tão logo submetidas à avaliação da qualidade (Zero DAT) apresentaram resposta quadrática com ponto de máxima eficiência na dose de  $2\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, sendo a massa de matéria seca de parte aérea de



plântulas em torno de  $5,9\text{mg.plântula}^{-1}$ , segundo a Figura 6A, ocorrendo a seguir decréscimo conforme aumentaram as doses.

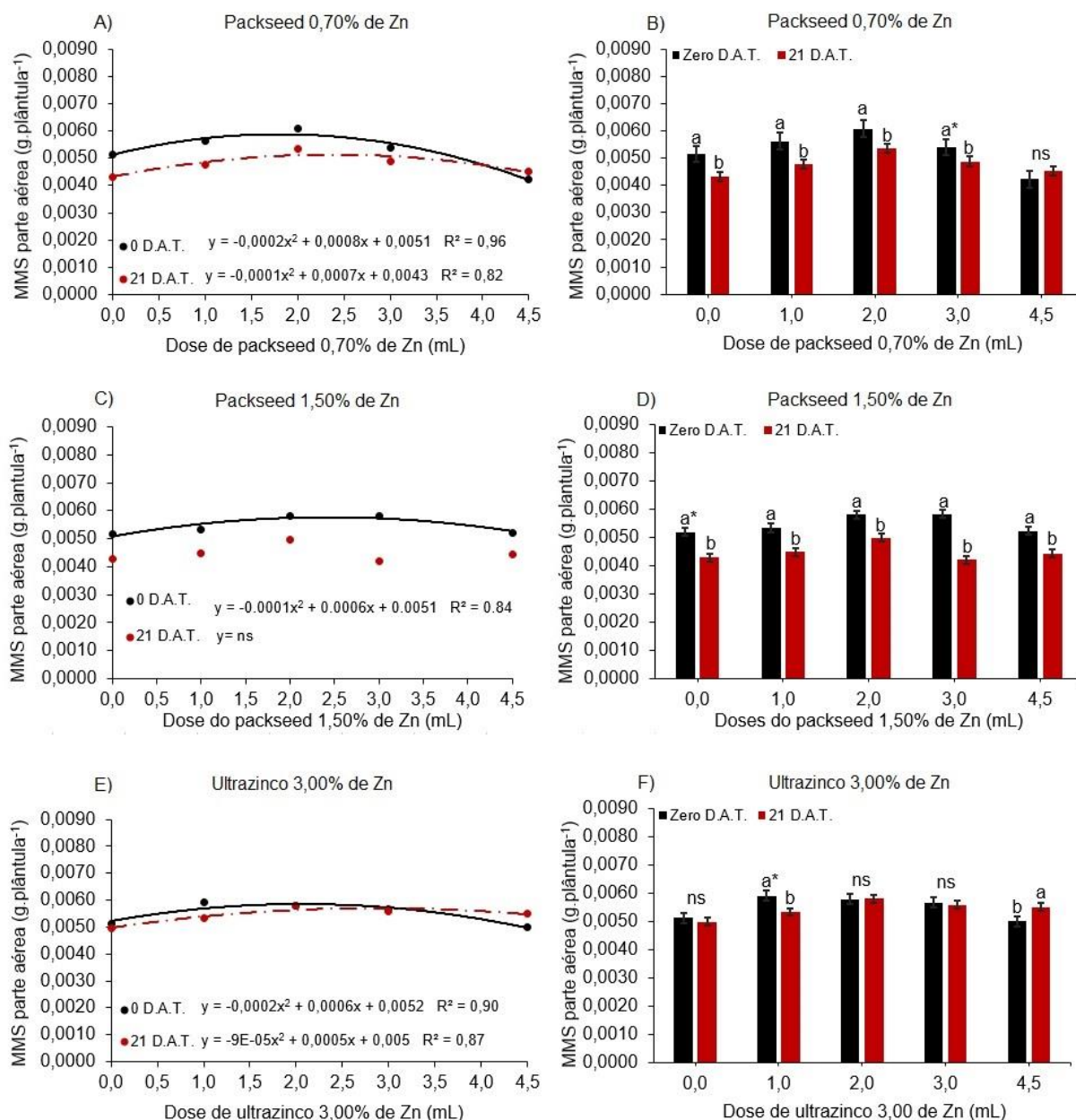


Figura 6. Massa de matéria seca de parte (MMSPA) aérea de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A e B), com Packseed 1,50% de Zn (C e D) e com Ultrazinc 3,0% de Zn (E e F). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> Não significativo em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.

De maneira similar, 21 dias após o tratamento das sementes com complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn observou-se que os dados se ajustaram ao modelo quadrático com ponto de máxima eficiência na dose de  $3,5\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, sendo a massa de matéria seca de parte aérea de plântulas em torno de

5,5mg.plântula<sup>-1</sup>, apresentando posterior decréscimo conforme houve incremento das doses (Figura 6A).

Para o desdobramento da interação do fator período de armazenamento dentro de cada nível do fator dose, percebeu-se que as sementes tratadas com complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn, nas doses 0, 1, 2 e 3mL.kg<sup>-1</sup> de sementes e não armazenadas (Zero DAT), apresentaram os maiores valores de massa de matéria seca de parte aérea, em comparação com as sementes tratadas e armazenadas por 21 dias (Figura 6B). Porém, na dose de 4,5mL.kg<sup>-1</sup> de sementes não foram verificadas diferenças significativas entre os períodos de armazenamento.

Em relação ao complexo de nutrientes Packseed 1,50% de Zn para a massa de matéria seca de parte aérea de plântulas, foi possível observar no desdobramento da interação do fator dose dentro de cada nível do fator período de armazenamento, que as sementes tratadas e não armazenadas (Zero DAT), apresentaram tendência quadrática com ponto de máxima eficiência na dose de 3,0mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, sendo a massa de matéria seca de parte aérea de plântulas em torno de 6,0mg.plântula<sup>-1</sup>, ocorrendo posteriormente decréscimo conforme as doses cresceram (Figura 6C).

Contudo, 21 dias após o tratamento das sementes com complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn observou-se que não ocorreu efeito das doses sobre a massa de matéria seca de parte aérea de plântulas (Figura 6C).

Para o desdobramento da interação do fator período de armazenamento dentro de cada nível do fator dose, notou-se que as sementes tratadas com o complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn, nas doses 0, 1, 2, 3 e 4,5mL.kg<sup>-1</sup> de sementes e logo após avaliadas (Zero DAT), apresentaram massa de matéria seca de parte aérea na ordem de 17,4%, 16,0%, 14,2%, 27,9% e 15,3%, respectivamente, maiores do que as sementes tratadas e armazenadas por 21 dias (Figura 6D).

No que diz respeito ao Ultrazinc 3,00% de Zn, para a variável massa de matéria seca de parte aérea de plântulas, reparou-se no desdobramento da interação do fator dose dentro de cada nível do fator período de armazenamento, que as sementes tratadas e não armazenadas (Zero DAT) tiveram desempenho expresso por uma equação de segundo grau. O ponto de máxima eficiência ocorreu na dose de 1,50mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, sendo a massa de matéria seca de parte aérea de plântulas em torno de 5,7mg.plântula<sup>-1</sup>, apresentando posterior decréscimo conforme ocorreu elevação das doses (Figura 6E). Por outro lado, aos 21 dias após o tratamento das

sementes com Ultrazinc 3,00% de Zn observou-se que os dados se ajustaram ao modelo quadrático com ponto de máxima eficiência na dose de  $2,78\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes. A massa de matéria seca de parte aérea de plântulas alcançou em torno de  $5,7\text{mg.plântula}^{-1}$ , apresentando posterior decréscimo de acordo com o incremento das doses (Figura 6E).

Para o desdobramento da interação do fator período de armazenamento dentro de cada nível do fator dose, constatou-se para as sementes tratadas com Ultrazinc 3,00% de Zn nas doses 0, 2 e  $3\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, não houve efeito significativo durante o armazenamento (Figura 6F). Porém, as sementes tratadas com a dose de  $1\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes e não armazenadas (Zero DAT) originaram plântulas com maior massa de matéria seca de parte aérea em comparação com àquelas que foram armazenadas por 21 dias, verificando-se uma diferença na ordem de 9,7% (Figura 6F). Na dose de  $4,5\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, os maiores valores de massa de matéria seca de parte aérea de plântulas foram observados nas plântulas originadas de sementes tratadas e armazenadas, sendo a superioridade na ordem de 3,0% ao ser comparada com as plântulas originadas de sementes tratadas e não armazenadas (Figura 6F).

Esses resultados corroboram com aqueles relatados por Pletsch et al. (2014), que avaliando o tratamento de sementes de canola com zinco, observaram que a massa de matéria seca das plântulas aumentou até a dose ótima, com posterior decréscimo. Resultados similares foram observados por Ohse et al. (2012), que relataram aumento da massa de matéria seca de plântulas de trigo até a dose ótima, com posterior diminuição.

Com base nesses resultados pode-se inferir que o tratamento de sementes de cevada com zinco favorece o crescimento das plântulas gerando maior comprimento e maior massa de matéria seca, contudo a partir da dose ótima, ocorre redução devido ao provável efeito de toxicidade exercida pelas doses elevadas dos produtos utilizados no tratamento das sementes (PLETSCH et al., 2014). Esse fato ressalta a necessidade de utilizar a dose correta no tratamento de sementes.

No que se refere à variável massa de matéria seca de raiz de plântulas, notou-se que, para o desdobramento da interação do fator dose dentro de cada nível do fator período de armazenamento, que as sementes tratadas com complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn e imediatamente submetidas à avaliação da qualidade apresentaram comportamento quadrático com ponto de máxima eficiência na dose de

2,33mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, sendo a massa de matéria seca de raiz de plântulas em torno de 6,2mg.plântula<sup>-1</sup>, apresentando posterior decréscimo conforme a elevação das doses (Figura 7A). Contudo, 21 dias após o tratamento das sementes com complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn não ocorreu efeito do tratamento das sementes sobre a massa de matéria seca de raiz de plântulas, conforme cresceram as doses (Figura 7A).

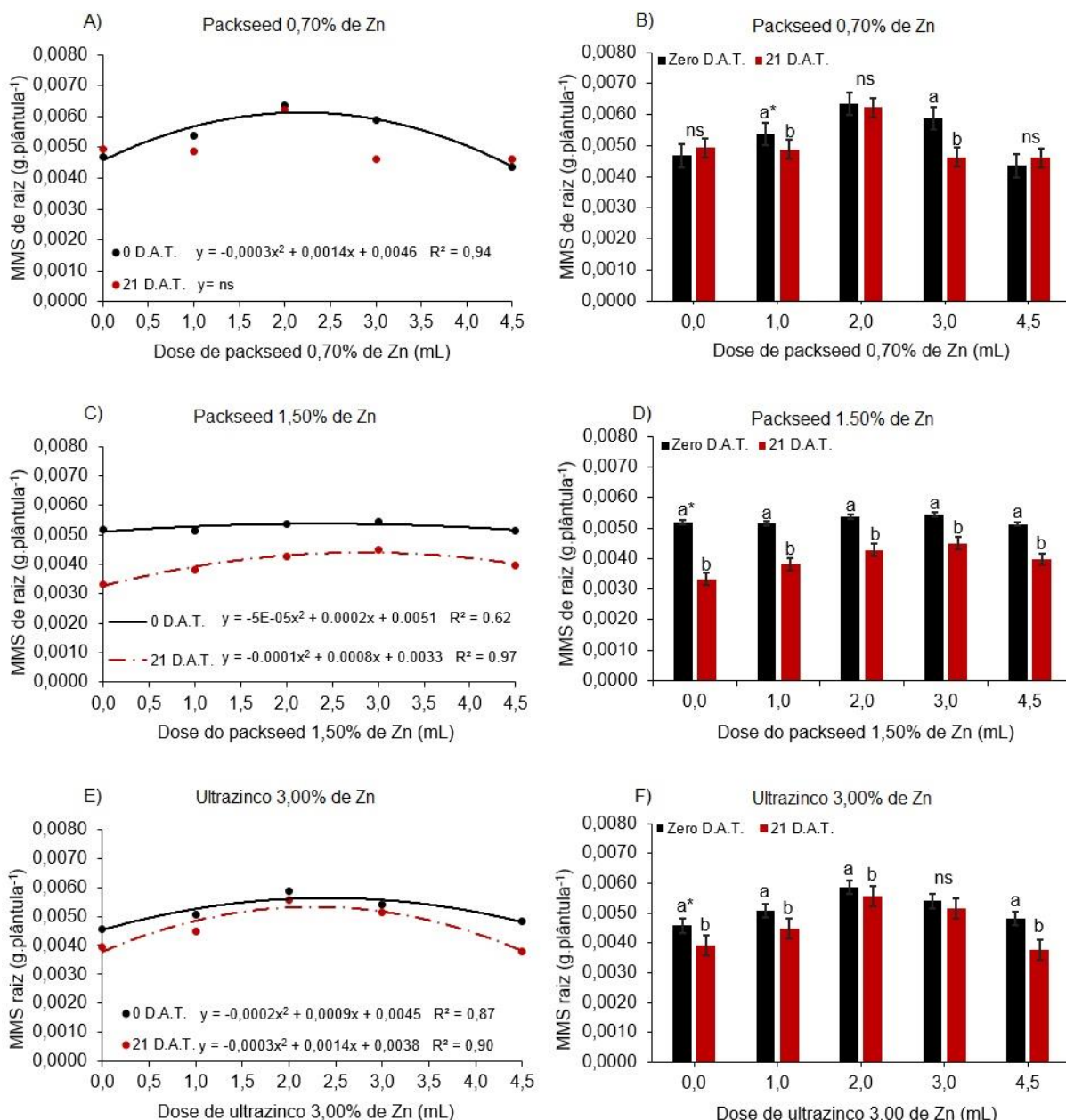


Figura 7. Massa de matéria seca de raiz (MMSR) de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A e B), com Packseed 1,50% de Zn (C e D) e com Ultrazinc 3,00% de Zn (E e F). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> Não significativo em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.

Para o desdobramento da interação do fator período de armazenamento dentro de cada nível do fator dose, constatou-se para as sementes tratadas com o complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn, nas doses 0, 2 e 4,5mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, não houve efeito do tratamento ao longo do armazenamento (Figura 7B). Entretanto, para as doses 1 e 3mL.kg<sup>-1</sup> de sementes ocorreu efeito do tratamento sobre a massa de matéria seca de raiz, sendo que os maiores valores observados nas plântulas originadas de sementes tratadas e não armazenadas, mostrando uma superioridade na ordem de 9,3% e 21,3%, respectivamente (Figura 7B).

Em relação ao complexo de nutrientes Packseed 1,50% de Zn, para a massa de matéria seca de raiz de plântulas, verificou-se no desdobramento da interação do fator dose dentro de cada nível do fator período de armazenamento que as sementes tratadas e tão logo submetidas à avaliação da qualidade (Zero DAT), apresentaram resposta quadrática com ponto de máxima eficiência na dose de 2mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, sendo a massa de matéria seca de raiz de plântulas em torno de 5,3mg.plântula<sup>-1</sup>. A partir deste ponto houve decréscimo conforme aumentaram as doses (Figura 7C).

Aos 21 dias após o tratamento das sementes com complexo de nutrientes Packseed 1,50% de Zn observou-se que os dados ajustaram-se ao modelo quadrático com ponto de máxima eficiência na dose de 4,00mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, sendo a massa de matéria seca de raiz de plântulas em torno de 4,9mg.plântula<sup>-1</sup>, apresentando posterior decréscimo conforme ocorreu acréscimo das doses (Figura 7C).

No que se refere ao desdobramento da interação do fator período de armazenamento dentro de cada nível do fator dose, apurou-se que as sementes tratadas com complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn, nas doses 0, 1, 2, 3 e 4,5mL.kg<sup>-1</sup> de sementes e não armazenadas (Zero DAT) apresentaram massa de matéria seca de raiz de plântulas na ordem de 35,8%, 25,7%, 20,5%, 17,4% e 22,4%, respectivamente, maiores que aquelas tratadas e armazenadas por 21 dias (Figura 7D).

No que diz respeito ao Ultrazinc 3,00% de Zn, para a variável massa de matéria seca de raiz de plântulas, observou-se no desdobramento da interação do fator dose dentro de cada nível do fator período de armazenamento P que as sementes tratadas e imediatamente submetidas à avaliação da qualidade (Zero DAT) apresentaram tendência quadrática com ponto de máxima eficiência na dose de 2,25mL.kg<sup>-1</sup> de sementes. Nesse ponto, a massa de matéria seca de raiz de plântulas

chegou a  $5,5\text{mg.plântula}^{-1}$  e posteriormente decrescendo conforme cresceram as doses (Figura 7E). Todavia, aos 21 dias após o tratamento das sementes com Ultrazinc 3,00% de Zn, apurou-se que os dados se ajustaram ao modelo de segundo grau com ponto de máxima eficiência na dose de  $2,33\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, sendo a massa de matéria seca de raiz de plântulas de  $5,4\text{ mg.plântula}^{-1}$  e a seguir apresentando decréscimo conforme as doses aumentaram (Figura 7E).

Para o desdobramento da interação do fator período de armazenamento dentro de cada nível do fator dose, constatou-se que nas sementes tratadas com Ultrazinc 3,00% de Zn na dose  $3\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, não houve efeito significativo durante o armazenamento sobre a massa de matéria seca de raiz de plântulas (Figura 7F). Porém, as sementes tratadas nas doses de 0, 1, 2 e  $4,5\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes e não armazenadas (Zero DAT) originaram plântulas com massa de matéria seca de raiz 14,2%, 11,8%, 5,1% e 21,8%, respectivamente, maiores do que as sementes tratadas nas respectivas doses e armazenadas por 21 dias (Figura 7F).

Resultados semelhantes foram relatados por Araújo et al. (2016), ao observarem que sementes de trigo tratadas com zinco e boro originaram plântulas com maior massa de matéria seca de raiz. De modo similar, Tavares et al. (2013), demonstraram que as plântulas originadas de sementes tratadas com complexo de nutrientes apresentaram maiores valores de massa de matéria seca de raiz.

Esse resultado pode ser explicado pelo fato de o zinco ter papel de promotor de crescimento, comprovado na variável comprimento de raiz discutido anteriormente. Nesse sentido, provavelmente o maior comprimento de raízes se refletiu em maior massa de matéria seca de raiz. Com base no exposto, cabe ressaltar que o tratamento de sementes com nutrientes como o zinco é uma ótima alternativa, visto que um maior crescimento de raízes e maior massa de matéria seca pode ser favorável para um rápido estabelecimento inicial das plântulas (TAVARES et al., 2013).

Para a variável emergência de plântulas e para as sementes que foram tratadas com o complexo de nutrientes Packseed com 0,70% de Zn, foi possível detectar que conforme variaram as doses, os dados se ajustaram ao modelo quadrático, apresentando ponto de máxima eficiência na dose de  $2,26\text{mL.kg}^{-1}$  de sementes, sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 88%, ocorrendo posterior decréscimo de acordo com o crescimento das doses (Figura 8A). Na dose de máxima resposta, o incremento de vigor em relação à testemunha (água destilada) foi na ordem de 4,9% (Figura 8A).

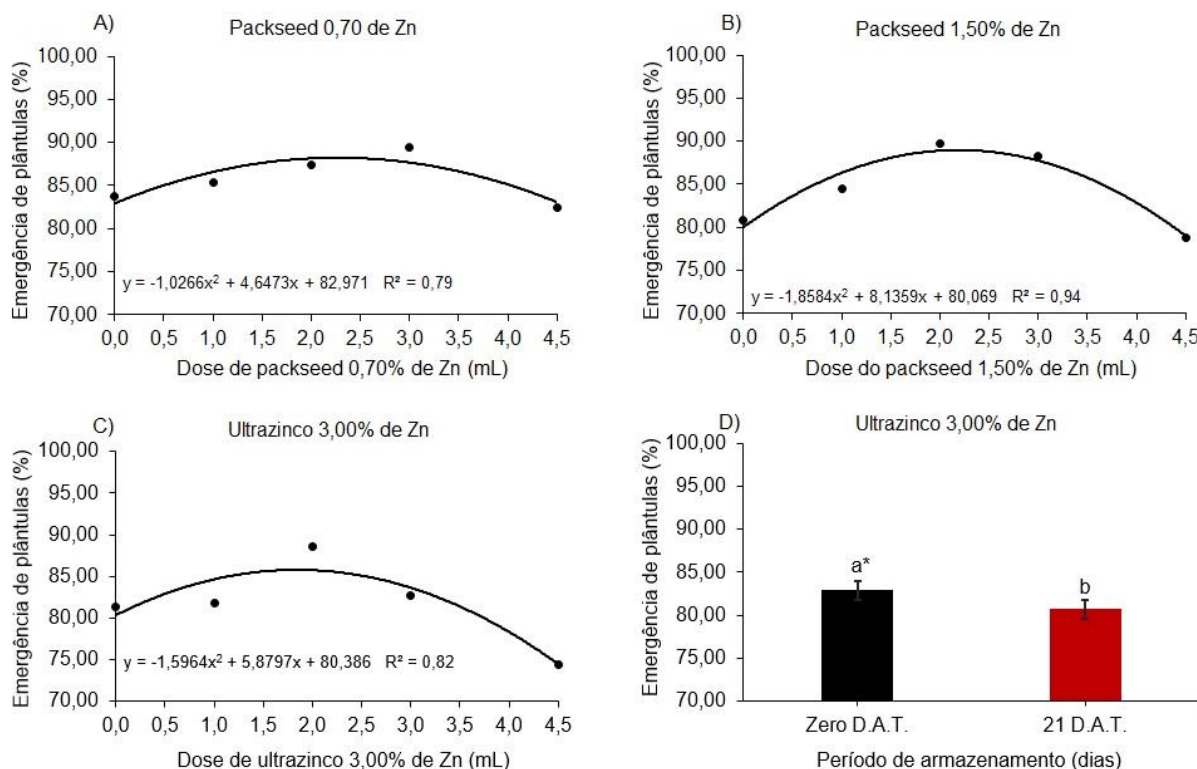


Figura 8. Emergência de plântulas originadas de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, tratadas com Packseed 0,70% de Zn (A), Packseed 1,50% de Zn (B) e Ultrazinc 3,00% de Zn (C e D). \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem em nível de probabilidade de 5% ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Capão do Leão, RS. 2021.

Em relação ao complexo de nutrientes Packseed com 1,50% de Zn, para a variável emergência de plântulas, verificou-se para o desdobramento do fator dose, que os dados se ajustaram ao modelo quadrático, apresentando ponto de máxima eficiência na dose de  $2,19 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$  de sementes, sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 89%, decrescendo a seguir conforme incrementaram as doses (Figura 8B). Na dose de máxima resposta, o incremento da porcentagem de emergência de plântulas em relação à dose zero (sem complexo de nutriente) foi na ordem de 9,1% (Figura 8B).

No que diz respeito ao Ultrazinc 3,00% de Zn, observa-se, para o desdobramento do fator dose e para a variável emergência de plântulas, que os dados se ajustaram ao modelo quadrático, apresentando ponto de máxima eficiência na dose de  $1,84 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$  de sementes, sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 86%. Posteriormente, houve decréscimo conforme as doses sofreram aumento (Figura 8C). Na dose de máxima resposta, o incremento da porcentagem de emergência de plântulas em relação à dose zero (sem complexo de nutriente) foi de 5,4% (Figura 8C).



Levando em conta o fator período de armazenamento, os maiores valores de emergência de plântulas ocorreram aos zero dia após tratamento (Zero DAT), sendo a porcentagem de plântulas normais na ordem de 83% (Figura 8D). Cabe destacar que as sementes tratadas e armazenadas por 21 dias apresentaram redução no vigor na ordem de 2,65%, comparativamente às sementes que foram tratadas e não armazenadas (Figura 8D).

Resultados concordantes foram obtidos por Bays et al. (2007), ao verificarem que as sementes tratadas com complexo de nutrientes mostraram maior porcentagem de emergência de plântulas, comparativamente às sementes que não receberam o tratamento. Contudo, avaliando o efeito do tratamento de sementes de cevada com diferentes doses de zinco no potencial fisiológico das sementes tratadas, Tavares et al. (2013) não observaram efeito significativo do tratamento sobre a emergência de plântulas em campo. Contudo, na presente pesquisa o tratamento de sementes com três complexos de nutrientes ocasionou efeito positivo sobre a qualidade fisiológica das sementes de cevada, corroborando com os resultados observados por Bays et al. (2007), em sementes de soja.

Conforme discutido anteriormente, o zinco apresenta atividade efetiva em processos relevantes no equilíbrio fisiológico e nutricional da planta, atuando como ativador ou sendo componente estrutural de enzimas, além de participar do processo fotossintético nas plantas de mecanismo C<sub>4</sub>, por meio da enzima carboxilase pirúvica. O zinco também é elemento fundamental para a síntese de triptofano, um aminoácido precursor do ácido indol acético (AIA), hormônio vegetal que possui forte relação com a manutenção da integridade das membranas celulares, além de ser envolvido no metabolismo do nitrogênio, sendo considerado um hormônio de crescimento vegetal (MALAVOLTA, 2006). Além disso, este micronutriente está intimamente relacionado à atividade das enzimas enolase, anidrase carbônica, desidrogenase de ácido glutâmico, desidrogenase do ácido láctico, desidrogenase alcoólica, determinadas proteinases e peptidases (MENGEL; KIRKBY, 1987).

É importante ressaltar que os produtos utilizados nesta pesquisa apresentam outros nutrientes na sua composição, além do zinco. Por exemplo, os complexos de nutrientes Packseed 0,70% de Zn e Packseed 1,50% de Zn possuem nitrogênio, fósforo, potássio, boro, cobalto e o molibdênio, sendo a concentração de zinco a diferença entre eles. Por outro lado, o complexo de nutrientes Ultrazinc possui em sua composição fósforo, enxofre, manganês e zinco.



Os micronutrientes cobalto e molibdênio apresentam melhores respostas no tratamento de sementes de soja, porque estão intimamente relacionados à fixação biológica de nitrogênio (RAIJ, 1991). Isso ocorre, pelo fato de o cobalto ser fundamental para a síntese da cobalamina, além de participar das reações metabólicas para formação da leghemoglobina, tendo grande afinidade com o oxigênio, regulando sua concentração nos nódulos e impedindo a inativação da enzima nitrogenase (CERETTA et al., 2005). Outro fator importante desse micronutriente é a atuação na ativação de enzimas, tendo função importante na formação de parte da clorofila e de outros compostos. Por sua vez, o molibdênio é componente fundamental da enzima nitrogenase, responsável pela quebra da tripla ligação do nitrogênio, que conseqüentemente leva à formação de amônia no processo de fixação biológica de nitrogênio, além de atuar ativamente no complexo enzimático da nitrato redutase, que por sua vez reduz o nitrato formando nitrito no processo de assimilação do nitrogênio do solo (TAIZ & ZEIGER, 2013).

O boro está envolvido em muitos processos metabólicos da planta, cuja deficiência afeta o transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática (CAKMAK & RÖMHELD, 1997).

A integridade do sistema de membranas das células possui forte associação com o vigor das sementes, pois é cientificamente comprovado que sementes que possuem maior capacidade de reorganização do sistema de membranas apresentam maior vigor, logo, pode-se inferir que a deficiência de boro pode, provavelmente, afetar negativamente o vigor das sementes (MARCOS FILHO, 2015). Nesse sentido, o tratamento de sementes com esse micronutriente é recomendável visando garantir que não ocorra deficiência. Cabe destacar ainda que, doses muito altas utilizadas no tratamento de sementes podem causar efeito tóxico nas sementes, reduzindo sua qualidade, como ocorreu em trabalho realizado por Pessoa et al. (2000), na avaliação da qualidade de sementes de milho tratadas com doses crescentes de boro, observaram que doses elevadas limitaram o desenvolvimento inicial das plântulas e conseqüentemente a massa de matéria seca da parte aérea e raízes. Contudo, esses mesmos autores constataram que sementes de milho tratadas com boro originaram plântulas com maior disponibilidade de boro.

O fósforo é um macronutriente essencial para as plantas e está relacionado com a síntese de proteínas, sendo constituinte de nucleoproteínas necessárias à divisão celular e atuante na absorção iônica (MALAVOLTA, 2006). Nesse sentido, o fósforo favorece o desenvolvimento do sistema radicular das plântulas aumentando a absorção de água e de nutrientes (AVALHAES et al., 2009). Contudo, vários fatores afetam o transporte desse nutriente no solo, tornando-o pouco móvel. Cabe lembrar que o transporte do fósforo ocorre basicamente por difusão que é altamente influenciada pelo conteúdo de água no solo, interação fósforo-colóide do solo, distância a percorrer até as raízes, teor do elemento e temperatura do solo. De maneira geral, a baixa mobilidade do fósforo verifica-se pela forte interação com os colóides do solo, especialmente em solos tropicais muito intemperizados, sendo um problema para todas as culturas (KAMPF & CURY, 2003; AZEVEDO et al., 2004).

O enxofre juntamente com nitrogênio, fósforo e potássio, é um nutriente-chave necessário ao crescimento e o desenvolvimento das culturas. O enxofre faz parte de inúmeros compostos, como aminoácidos e proteínas, coenzimas, sulfolipídeos, flavonóides, lipídeos, glucosinolatos, polissacarídeos, compostos não saturados, sulfóxidos, alcalóides, nucleotídeos, compostos reduzidos, entre outros. Da mesma forma que o nitrogênio, o enxofre está presente em todas as funções e processos durante a vida da planta, desde a absorção iônica até nos processos relacionados ao RNA e ao DNA, participa ainda do controle hormonal para o crescimento e a diferenciação celular (STIPP & CASARIN, 2010).

Já o manganês é um micronutriente relacionado a inúmeros processos metabólicos na planta, atua na ativação de várias enzimas na rota do ácido chiquímico, ou seja, está relacionado à biossíntese de aminoácidos aromáticos, como tirosina, e produtos secundários, como lignina e flavonóides (WILKINSON & OHKI, 1988). Atua de maneira decisiva na fotossíntese das plantas, mais especificamente na fotólise da água que ocorre nos cloroplastos, porque faz parte da constituição de enzimas fundamentais neste processo. Várias enzimas da fase bioquímica da fotossíntese são ativadas pelo manganês, como a enzima málica e a carboxiquinase fosfoenolpirúvica (MALAVOLTA, 2006).

Com base no exposto, fica evidenciado que o tratamento de sementes com um complexo de nutrientes, pode se constituir em ferramenta importante no que diz respeito à disponibilidade desses nutrientes para as plantas. Os nutrientes estando aderidos às sementes, logo após a protrusão da raiz primária já poderão ser

absorvidos, além de ficarem disponíveis no solo ao longo do desenvolvimento da plântula.

Outro fator importante a ser discutido refere-se ao armazenamento das sementes tratadas com os complexos de nutrientes utilizados nesta pesquisa. De maneira geral, as sementes que foram submetidas ao tratamento e armazenadas por 21 dias apresentaram menor desempenho fisiológico, comparativamente às sementes que receberam o tratamento e não foram armazenadas. Resultados semelhantes foram observados por Avelar et al. (2011), ao observarem que a qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com micronutrientes diminuiu no decorrer do armazenamento. De maneira similar, Albuquerque et al. (2010) verificaram que as sementes de tomate tratadas com micronutrientes e reguladores de crescimento apresentaram redução na qualidade fisiológica das sementes após o armazenamento, em comparação com as sementes tratadas e imediatamente submetidas à avaliação da qualidade.

Numa análise conjunta dos resultados alcançados na presente pesquisa, é possível afirmar que sementes de cevada tratadas com os três complexos de nutrientes apresentaram redução da qualidade fisiológica após 21 dias de armazenamento, evidenciando provavelmente o indício de fitotoxidez dos produtos exacerbada durante o armazenamento. Além disso, a quantidade elevada de produto aderido às sementes combinado com o período de armazenamento potencialmente favorece o processo de deterioração, podendo afetar de maneira negativa a qualidade fisiológica das sementes.

### **3.4. Conclusões**

O tratamento de sementes de cevada com os complexos de nutrientes utilizados, dependendo da dose, favorece a qualidade fisiológica das sementes imediatamente após a aplicação.

Para os complexos de nutrientes Packseed 0,70% de Zn, Packseed 1,50% de Zn e Ultrazinc 3,00% de Zn, as doses mais eficientes para favorecer a qualidade fisiológica de sementes de cevada variaram, respectivamente, entre 1,7 e 2,3 mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, 2,0 e 3,0 mL.kg<sup>-1</sup> de sementes e 1,5 e 2,3 mL.kg<sup>-1</sup> de sementes.

A qualidade fisiológica de sementes de cevada tratadas com os complexos de nutrientes Packseed 0,70% de Zn, Packseed 1,50% de Zn e Ultrazinc 3,00% de Zinco sofre redução se armazenadas por 21 dias após o tratamento.

#### **4. Considerações finais**

A utilização de testes de vigor em laboratórios de análise de sementes é de fundamental importância para a obtenção de resultados consistentes. Nesse sentido, é desejável que estes resultados apresentem correlação com os obtidos na emergência de plântulas. Na avaliação do vigor de lotes de sementes, os testes de vigor mais utilizados tem sido a condutividade elétrica e o envelhecimento acelerado.

O teste de condutividade elétrica apresenta eficiência para avaliação do vigor de sementes de cevada, usando a combinação uma hora de absorção de água, 75 sementes e 50mL de água deionizada, na temperatura de 25°C. Essa combinação fornece resultados consistentes, uma vez que, há correlação significativa com o teste de emergência de plântulas.

O teste de envelhecimento acelerado é um teste muito utilizado para avaliar o vigor de diferentes lotes de sementes. Em sementes de cevada, este teste é eficiente, visto que apresenta resultados que se correlacionam positivamente com a emergência de plântulas, se executado empregando período de envelhecimento de 48h e temperaturas de 41 ou 45°C.

Outro ponto importante refere-se ao armazenamento de sementes tratadas com nutrientes. A possibilidade de armazenar sementes tratadas é uma perspectiva desejável do ponto de vista operacional das empresas produtoras de sementes, porque poderão disponibilizar sementes de qualidade já tratadas com nutrientes.

Nesse contexto, constatou-se nesta pesquisa que o tratamento de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, usando complexos de nutrientes Packseed 0,70% de Zn, Packseed 1,50% de Zn e Ultrazinc 3,00% de Zn, em doses médias de 2,0mL.kg<sup>-1</sup> de sementes, favorece a qualidade fisiológica. Contudo, não se recomenda o armazenamento das sementes tratadas com os referidos nutrientes.

## 5. Referências bibliográficas

- ABATI, J.; BRZEZINSKI, C. R.; BERTUZZI, E. C.; HENNING, F. A.; ZUCARELI, C. Physiological response of soybean seeds to spray volumes of industrial chemical treatment and storage in different environments. **Journal of Seed Science**, v.42, 2020. <<https://doi.org/10.1590/2317-1545v42221062>>.
- ABATI, J.; BRZEZINSKI, C. R.; ZUCARELI, C.; HENNING, F. A.; ALVES, V. F. N.; GARCIA, V. V. Qualidade fisiológica de sementes de trigo tratadas com biorregulador em condições de restrição hídrica. **Informativo abrates**, v.24, n.1, 2014.
- AGUIAR, C. E.; BERTUZZI, E. C.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; CAMPOS, E. J.; KERCHNER, A. C. Performance fisiológica de sementes de milho híbrido submetidas a tratamento com inseticida, fungicida e nutrientes. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.2, p.348-355, 2018.
- ALBUQUERQUE, K. A. D.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, P. A.; VEIGA, A. D.; CARVALHO, B. O.; ALVIM, P. O. Armazenamento e qualidade de sementes de tomate enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. **Ciência agrotecnologia**, v.34, n.1, p.20-28, 2010.
- ALVARENGA, R. O.; MARCOS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F. G. Avaliação do vigor de sementes de milho superdoce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.3, p.488-494, 2012.
- AOSA. ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln: AOSA, 2002. 105 p. (Contribution, 32).
- ARAÚJO, F. S.; FÉLIX, F. C.; FERRARI, C. S.; BRUNO, R. L. A.; PACHECO, M. V. Adequação do teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de leucena. **Agrária**, Recife, v.12, n.1, p.92-97, 2017. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v12i1a5422>>.
- ARAÚJO, M. M. V.; SOUSA, J. R.; CAMILI, E. C. Germinação de sementes de trigo tratadas com zinco e boro. **Revista de Agricultura**, v.91, n.3, p.274-284, 2016.
- AVALHAES, C. C.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; ALVES, A. U.; CORREIA, M. A. R. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. **Scientia Agraria**, v.10, n.1, p.075-080, 2009.
- AVELAR, S. A. G.; BAUDET, L.; PESKE, S. T.; LUDWIG, M. P.; RIGO, G. A.; CRIZEL, R. L.; OLIVEIRA, S. Armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida, inseticida e micronutriente e recobertas com polímeros líquido e em pó. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p.1719-1725, 2011.
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. de L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P.; FACIOLLI, F. S. Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. **Acta Scientiae Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 535-543, 2006. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v28i4.927>>.

AZEVEDO, W. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral aplicados na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.995-1004, 2004.

BARBIERI, A. P. P.; MENEZES, N. L.; CONCEIÇÃO, G. M.; TUNES, L. M. de. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n., p.117-124, 2012.

BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T. Produção de sementes. In: PESKE, S.T.; LUCCA, O.F.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. v. 2, p. 470-498, 2006.

BAYS, R.; BAUDET, L.; HENNING, A. A.; LUCCA FILHO, O. Recobrimento de sementes de soja com micronutrientes, fungicida e polímero. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.60-67, 2007.

BECKER, A. J. S.; SILVA, V. N. Tratamento de sementes de alface com bioestimulantes à base de algas. **Acta Biológica Catarinense**, v.8, n.1, p.11-17, 2021.

BEWLEY, JD; BRADFORD KJ; HILHORST HWM; NONOGAKI H. **Seeds: Physiology of development, germination and dormancy**, 3<sup>rd</sup> ed. New York: Springer, 2013, 392p.

BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.2, p.247-254, 2008.

BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.1, p.88-94, 2014.

BONTEMPO, A. F.; ALVES, F. M.; CARNEIRO, G. D. O. P.; MACHADO, L. G.; SILVA, L. O. D.; AQUINO, L. A. Influência de bioestimulantes e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.1, p.86-93, 2016. <<http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n1p86-93>>.

BRASIL - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 45**, de 17 de Setembro de 2013. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy\\_of\\_INN45de17desetembrode2013.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf). Acesso em: 02/01/2020.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo de cevada**. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cevada/arvore/CONT000fyt381uk02wx5ok0vcihk68tas55r.html>. Acesso em: 09 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 691 de 22 de novembro de 1996. **Norma de identidade e qualidade da cevada**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/pocs/portaria-no-691-de-22-de-novembro-de-1996-cevada-cervejeira/view>. Acesso em: 20 de Abril de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 2009, 399p.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. In: DELL, B.; ROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds.). **Boron in soil and plants: review**. Symposium, Chiang Mai, reprinted Plant and Soil, v.193, n.1-2, p.71-83, 1997.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crame em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.3, p.272-278, 2012.

CARVALHO, C. A.; SILVA, J. B.; ALVES, C. Z. Envelhecimento acelerado em sementes de mogno. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.4, p.691-699, 2016.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP, 2012. 590p.

CASTILHO, I. M.; CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; MARINKE, L. S.; MARTINS, G. Z.; MENEZES, J. B. C. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.3, p.691-697, 2019. <<https://doi.org/10.19084/rca.17449>>.

CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja com período de embebição reduzido. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.2, p.387-393, 2019. <<https://doi.org/10.19084/rca.15833>>.

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

CHING, T. M.; SCHOOLCRAFT, J. Physiological and chemical differences in aged seeds. **Crop Science**, n.8, p.407-409, 1968.

CISCON, G. P.; BELLETTINI, N. M. T.; BELLETTINI, S.; ANDRZEJEWSKI, J. H. S.; ALVES, M. A.; OLIVEIRA, L. G. P. 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**. v.8 – Safra 2020/21, n.8 - Oitavo levantamento, p.1-115, maio 2021. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 20 de Maio de 2021.



CONCEIÇÃO, P. M.; SEDIYAMA, C. A. Z.; VIEIRA, R. F.; GALVÃO, J. C. C.; CORRÊA, M.L. P.; CONCEIÇÃO, P. S. da. Estimativa do vigor de sementes de milho através da avaliação do sistema radicular de plântulas. **Ciência Rural**, v.42, n.4, 2012.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**, Kluwer Massachusetts: Academic Publishers, 2001, 4. ed. p.165-192.

CORADI, P. C.; LIMA, R. E.; PADIA, C. L.; ALVES, C. Z.; TEODORO, P. E.; CÂNDIDO, A. C. S. Soybean seed storage: packaging technologies and conditions of storage environments. **Journal of Stored Products Research**, v.89, 2020. <<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101709>>.

CORNEJO, S.; POTOENJAK, J.; HOLMES, J. H. G.; ROBINSON, D. W. Comparative Nutritional Value of Triticale for Swine, **Journal of Animal Science**, v.36, n.1, p.87–89, 1973.

DA CRUZ, R. M. S.; PEREIRA, R. C.; SILVA, B. G.; SANTOS, R. F.; BRACCINI, A. L.; CARDOZO FILHO, L.; GONZAGA, D. E. R.; PELLOSO, M. F.; RIZZO, N. M.; OLIVEIRA, S. M.; BORGES, Y. M. Atividade alelopática do óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf) na qualidade das sementes de tomate. **Research, Society and Development**, v.10, n.3, p.e24710313266-e24710313266, 2021.

DALCIN, J. S.; MÜLLER, C. A.; NUNES, U. R.; ROSO, R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BACKES, R. L.; BACKES, F. A. A. L.; TABALDI, L. A.; FERNANDES, T. S. Massal and individual electrical conductivity tests and its relationships with the physiological quality of sweet sorghum seeds. **Journal of Agricultural Studies**, v.8, n.2, 2020. <<https://doi.org/10.5296/jas.v8i2.16274>>.

DE MORI, C.; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 28p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 139).

DINIZ, F. O. REIS, M. S.; DIAS, L. A. S.; ARAÚJO, E. F.; SEIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. A. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p.147-152, 2013.

DODE, J. S.; MENEGHELLO, G. E.; MORAES, D. M.; PESKE, S. T. Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.4, p.686-691, 2012.

DODE, J.; ALMEIDA, A. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A.; MORAES, D. M. de. Respiratory activity in wheat seeds as related to Physiological quality. **Bioscience Journal**, v.32, n.5, p.1246-1253, 2016.

DORNELES, K. R.; BRUNETTO, A. E.; ALVES, A.; DALLAGNOL, L. J. Qual o efeito do tratamento na semente contra infecção de *Bipolaris sorokiniana* na fase vegetativa da cevada?. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.19, n.3, 2020. <<https://doi.org/10.5965/223811711932020373>>.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**. v.196, p.3-14, 2015. <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>>.

DUFFUS, C.; SLAUGHTER, C. **Seeds and their uses**.1980.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cevada BRS Cauê**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/179/cevada---brs-caue>. Acesso em: 01 de Maio de 2021.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cevada BRS Cauê**. Embrapa Trigo, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/842959/1/FD0346.pdf>. Acesso em: 02 de Maio de 2021.

FLORIANO, E.P. **Armazenamento de sementes florestais**. Caderno Didático n.1, 1ª edição. Santa Rosa, 2004, 10p.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, C. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, Documentos n.406, 2018. 108p.

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; HENNING, I. L. F. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82p. il. – (**Documentos / Embrapa Soja, n.380**).

FRANDOLOSO, D. C. L.; RODRIGUES, D. B.; ROSA, T. D.; ALMEIDA, A. S.; SOARES, V. N.; BRUNES, A. P.; TUNES, L. V. M. Qualidade de sementes de alface avaliada pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.4, p.703-713, 2017.

GARCIA, C.; H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. **Circular técnica nº.171**, 1989.

GARCIA-CELA, E., KIAITSI, E., SULTYOK, M., KRSKA, R., MEDINA, A., DAMICO, I.P., MAGAN, N. Influence of storage environment on maize grain: CO<sub>2</sub> production, dry matter losses and aflatoxins contamination. **Food Additives & Contaminants**, v.36, n.1, p.1944-1957, 2019.

GOMES, J. P.; OLIVEIRA, L. M.; FERREIRA, P. I.; BATISTA, F. F. Substratos e temperaturas para teste de germinação em sementes de Myrtaceae. **Ciência Florestal**, v.26, n.4, p.285-293, 2016. <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509821120>>.

GOMEZ MUÑOZ, B.; LEKFELDT, J. D. S.; MAGID, J.; JENSEN, L. S.; NEERGAARD A. Seed treatment with *Penicillium* sp. or Mn/Zn can alleviate the negative effects of cold stress in maize grown in soils dependent on soil fertility. **Journal of Agronomy and Crop Science**, p.1–10, 2018. <<https://dx.doi.org/10.1111/jac.12288>>.

GOUVÊA, L. F. C.; MAIA, G. D. **Avaliação do poder germinativo e teor de proteína para sementes de cevada brasileira com vistas ao processo de malteação**. In: X

Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica. São Paulo: Blucher, p.760-764, 2014.

GRANELLA, S. J., BECHLIN, T. R., CHRIST, D., MACHADO COELHO, S. R. Kinetic and physicochemical properties of drying-ozonation process on wheat grain. **Journal of Food Processing Preservation**, v.43, n.9, p.1-9, 2019. <<https://dx.doi.org/10.1111/jfpp.14057>>.

GRZYBOWSKI, C. R. S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Testes de estresse na avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.3, p.590-596, 2015. <<https://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150042>>.

GUARESCHI, D. G.; LANZARINI, A. C.; LAZAROTTO, M.; MACIEL, C. G.; BARBIERI, G. Envelhecimento acelerado de sementes e qualidade de plântulas de Bauhinia forficata Link em diferentes substratos e tamanhos de tubetes. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.9, n.1, p.65-71, 2015. <<http://dx.doi.org/10.5327/Z1982-8470201500012175>>.

GUOLLO, K.; POSSENTI, J.C.; FELIPPI, M.; QUIQUI, E.M.D.; LOIOLA, T.M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica. **Colloquium Agrariae**, v.13, n.1, Jan-Abr. 2017, p.86-92. DOI: 10.5747/ca.2017.v13.n1.a153.

HAESBAERT, F. M.; LOPES, S. J.; MERTZ, L. M.; LÚCIO, A. D.; HUTH, C. Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. **Bragantia**, v.76, n.1, 2017.

INTERNATIONAL GRAINS COUNCIL. **Barley**. Disponível em: <https://www.igc.int/es/markets/marketinfo-sd.aspx>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

ISTA - **INTERNATIONAL RULES FOR SEED TESTING**. Basseldorf, Switzerland, International Seed Testing Association, 2014. 303p.

ISTA - International Seed Testing Association. **International Rules for Seed Testing**, Zurich, 2014. Available in: <https://www.seedtest.org/en/home.html>. Accessed on: Apr. 2019

KAMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: CURI, N.; MARQUES, J.G.S.M.; GUILHERME, L.R.G; LIMA, J.M., LOPES, A.S.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (eds) **Temas em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2003. p.1-54.

KOLLING, D. F.; SANGOI, L; SOUZA, C. A.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M. Tratamento de sementes com bioestimulante ao milho submetido a diferentes variabilidades na distribuição espacial das plantas. **Ciência Rural**, v.46, n.2, 2016. < <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150504>>.

Kryzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LEMES, E. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; OLIVEIRA, S.; BOHN, A.; CASTELLANOS, C. I. S.; MENEGHELLO, G. E. Aplicación de nutrientes vía foliar y tratamiento de semillas: efecto sobre el rendimiento y la calidad fisiológica de semillas de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.1, p.205-212, 2017a. <<https://doi.org/10.19084/RCA15105>>.

LEMES, E. S.; MENDONÇA, A. O.; DIAS, L. W.; BRUNES, A. P.; OLIVEIRA, S.; FIN, S.S.; MENEGHELLO, G. E. Tratamento de sementes de soja com zinco: efeito na qualidade fisiológica e produtividade. **Colloquium Agrariae**, v.13, n.2, p.76-86, 2017b, <DOI: 10.5747/ca.2017.v13.n2.a162>.

LEMES, E. S.; OLIVEIRA, S.; RODRIGUES, R. R.; ALMEIDA, A.S.; MENEGHELLO, G, E.; TUNES, L. V. M. Avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de aveia preta por meio do teste de condutividade elétrica. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**. João Pessoa, v.9, n.2, p.5-10, 2015.

LIMA, J. J. P.; FREITAS, M. N.; GUIMARÃES, R. M.; VIEIRA, A. R.; ÁVILA, M. A. B. Accelerated aging and electrical conductivity tests in crambe seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.1, p.7-14, 2015. <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000100001>>.

LIMBERGER, V. M.; FRANCISCO, A.; BORGES, M. R.; ORO, T.; OGLIARI, P. J.; SCHEUER, P. M.; NORONHA, C. M. Extração de  $\beta$ -glucanas de cevada e caracterização parcial do amido residual. **Ciência Rural**, v.41, n.12, p.2217-2223, 2011.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. Interceptação e distribuição da energia radiante em comunidades terrestres. In: LOPES, N. F.; LIMA, M.G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 117-144p.

LUCHESI, A. V.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; LUCHESE, E. B.; BRACCINI, M. do C. L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1949-1952, 2004. <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600044>>.

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. **Sistema de análise estatística para Windows**. WinStat. Versão 2.0. Pelotas: UFPel, 2003. (Programa Computacional).

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

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**, v.33, n.2, p.241-250, 2011.

MARCOS FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo ABRATES**, v.23, n.1, p.21-23, 2013.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. IN: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (ED.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. LONDRINA: ABRATES, 1999B. P.3.1-3.24.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: Importância e Utilização. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇANETO, J. B. ABRATES, 1999.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**, 2. ed., Londrina: ABRATES, 2015, 660p.

MARTINS, D. C.; BORGES, I. D.; CRUZ J. C.; MARTINS NETTO, D. A. Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes fertilizantes líquidos e *azospirillum sp*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p. 217-228, 2016.

MATHIAS, V.; PEREIRA, T.; MANTOVANI, A.; ZÍLIO, M.; MIOTTO, P.; COELHO, C. M. M. Implicações da época de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.11, n.3, p.223-231, 2017. <<http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i3.3894>>.

MELO, P. A. F. R.; MARTINS, C. C.; ALVES, E. U.; VIEIRA, R. D. Development of methodology to test the electrical conductivity of Marandú grass seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v.50, n.1, p.107-113, 2019. <<http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20190013>>.

MENEGAES, J. F.; BARBIERI, G. F.; BELLÉ, R. A.; NUNES, U. R.; FERNANDES, T. S.; SANTOS, R. G. dos. Accelerated aging of *Celosia argentea* and *Celosia cristata* seeds. **Ornamental Horticulture**, v.24, n.4, p.459-465, 2018. <<http://dx.doi.org/10.14295/oh.v24i4.1231>>.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987, 687p.

MINELLA, E. (Ed). **Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras de 2015 e 2016**. 1. ed. Embrapa Trigo: Passo Fundo, 2015.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.1-24.

NASCIMENTO, M. G. R.; SILVA, M. L. M.; ALVES, E. U.; RODRIGUES, C. M.; SILVA, M. J. Vigor tests in seeds creole of phaseolus lunatus L. **Bioscience Journal**, v.35, n.5, p.1463-1469, 2019. <<http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v35n5a2019-42309>>.

NERLING, D.; COELHO, C. M. M.; NODARI, R. O. Genetic diversity for physiological quality of seeds from corn (*Zea mays* L.) intervartietal crossbreeds. **Journal of Seed Science**, v.35, n.4, p.449-456, 2013. <<https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000400006>>.

NOGUEIRA, J. L.; SILVA, B. A.; CARVALHO, T. C.; PANOBIANCO, M. Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de aveia preta. **Revista Ceres**, v.60, n.6, p.896-901, 2013.

OHLSON, O. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CAIEIRO, J. T.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.118-124, 2010. <<https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000400013>>.

OHSE, S.; CUBIS, J. G.; REZENDE, B. L. A.; CORTEZ, M. G.; OTTO, R. F. Vigor e viabilidade de sementes de trigo tratadas com zinco. **Biotemas**, v.25, n.4, p.49-58, dezembro de 2012. <<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n4p49>>.

OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. D. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Interscienceplace**, v.1, n.4, 2009.

OLIVEIRA, E. A. de P.; ZUCARELI, C.; PRETE, C. E. C.; ZAMUNER, D. Potencial osmótico do substrato na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.4, p.477-482, 2014.

OLIVEIRA, R. H.; SOUZA, M. J. L.; MORAIS, O. M.; GUIMARÃES, B. V. C.; PEREIRA JÚNIOR, H. A. Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.4, p.701-707, 2010.

OLIVEIRA, S.; MENDONÇA, A. O.; LEMES, E. S.; RITTER, R.; AISENBERG, G. R.; MENEGHELLO, G. E. Manejo nutricional com cobalto e molibdênio em trigo: efeito na produtividade e na qualidade fisiológica das sementes. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.8, n.5, p.13-17, dez. 2014.

PADILHA, M. S.; OLIVEIRA, A. S. M.; SOBRAL, L. S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. **Revista Thema**, v.15, n.3, p.1115-1122, 2018.

PÁDUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANÇA NETO, J.B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.9-16, 2010.

PÁDUA, G.P.; VIEIRA, R.D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.255-262, 2001.

PEDÓ, T.; SEGALIN, S. R.; SILVA, T. A.; MARTINAZZO, E. G.; GAZOLLA NETO, A.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Vigor de sementes e desempenho inicial de plântulas de feijoeiro em diferentes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.59-64, 2014.

PELÚZIO, J. M.; RAMO, L. N.; FIDELIS, R. R.; AFFÉRI, F. S.; CASTRO NETO, M. D.; CORREIA, M. A. R. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v.24, n.2, p.77-82, 2008.

PEREIRA, L. M. A.; VIEIRA, R. D.; PANIZZI, R. de C.; GOTARDO, M.; Tratamento fungicida de sementes de milho e metodologias para a condução do teste de frio. **Revista Ceres**, v.55, n.3, p.210-217, 2008.

PEREIRA, M. D.; MARTINS FILHO, S.; LAVIOLA, B. G. Envelhecimento acelerado em sementes de pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.1, p.119-123, 2012. <<https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000100017>>.

PEREIRA, R. C.; PEREIRA, L. C.; BRACCINI, A. L.; SILVA, B. G.; PELLOSO, M. F.; CORREIA, L. V.; GONZAGA, D. E. R.; CRUZ, R. M. S.; COPPO, C.; RIZZO, N. M.; BORGES, Y. M. Potencial fisiológico de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial com bioestimulante antes e após armazenamento. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.4, p.40078-40093, 2021. <<http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n4-461>>.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed., Pelotas: Editora e Gráfica da UFPel, 2012, 573p.

PESKE, S.T.; VILLELA, F. A. Secagem de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. (Ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPEL, 2012. cap.5, p.371-419.

PESSOA, A. C. S.; LUCHESE, E. B.; LUCHESE, A. V. Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho, em resposta ao tratamento de sementes com boro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.939-945, 2000.

PIMENTEL-GOMES, **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba-SP. ESALQ/USP, 1985.

PLETSCH, A.; SILVA, V. N.; BEUTLER, A. N. Tratamento de sementes de canola com zinco. **Revista de Ciências Agrárias**, v.37, n.2, p.241-247, 2014.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

RADKE, A. K.; REIS, B. B.; GEWEHR, É.; ALMEIDA, A. S.; TUNES, L. M.; VILLELA, F. A. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. **Ciência Rural**, v.46, n.1, p.95-99, 2016. <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140188>>.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991, 343p.

ROCHA, J.A.G.; NEDEL, J. L.; BAIER, A. C. Teste de envelhecimento precoce para sementes de triticale (*Triticosecale Wittmack*). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.4, n.3, p.206-210, 1998.

ROSA, T. D.; NADAL, A. P.; MALDANER, H. R.; SOARES, V. N.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A. Electrical conductivity and accelerated aging in amaranth (*Amaranthus crueentus* L.) seeds. **Journal of Seed Science**, v.40, n.1, p.044-051, 2018. <<http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n1183116>>.

SAEED, M. S.; SAEED, A. Barley Products - An Overview. **Current Research Agriculture and Farm**. v.1, n.3, p1-4, 2020. <<http://dx.doi.org/10.18782/2582-7146.113>>.

SANCHES, F. M.; CUNHA, F. F.; SANTOS, O. F.; SOUZA, E. J.; LEAL, A. J. F.; THEODORO, G. F. Desempenho agrônômico de cultivares de cevada cervejeira sob diferentes lâminas de irrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.89-102, 2015. <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p8>>.

SANCHES, F. M.; CUNHA, F. F.; SANTOS, O. F.; SOUZA, E. J.; LEAL, A. J. F.; THEODORO, G. F. Desempenho agrônômico de cultivares de cevada cervejeira sob diferentes lâminas de irrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.89-102, 2015.

SANTOS, F. L. S.; MELO, W. R. F.; COELHO, P. H. M.; BENETT, C. G. S.; Dotto, M. C. Crescimento inicial de espécies de *Urochloa* em função da profundidade de semeadura. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.2, n.4, p.1-6, 2015.

SANTOS, L. P.; BARBACENA, D. R.; GONÇALVES, R. C.; NASCIMENTO A. C.; CARVALHO, F. L. C.; FRANÇA, L. C.; ADORIAN, G. C. Aplicação de bioestimulante e complexo de nutrientes no tratamento de sementes de soja. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v.6, 2020.

SCHONS, A.; SILVA, C. M.; PAVAN, B. E.; SILVA, A. V.; MIELEZRSKI, F. Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.1, p.109-121, 2018.

SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, D. S. de. Vigor de sementes de milho cv. 'Sertanejo' por testes baseados no desempenho de plântulas. **Ciência Rural**, v.45, n.11, p.1910-1916, 2015.

SHIMAKURA, S.E. **Interpretação do coeficiente de correlação**. 2006. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>>. Acesso em: 02/02/2021.

SILVA, C. B.; PIVETTA, K. F. L.; OLIVEIRA, C. A. V. M.; RODRIGUES, M. A.; VIEIRA, R. D. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de grama-bermuda. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.2, p.102-107, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000200012>>.

SILVA, J. N.; SILVA, M. A. D.; RODRIGUES, M. H. B. S.; ALVES, R. M. Testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica para sementes de espécies florestais nativas: Uma breve revisão. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.1, n.2, p.024-030, 2019.

SILVA, L.J., DIAS, D.C.F.S., SEKITA, M.C., FINGER, F.L. Lipid peroxidation and antioxidant enzymes of *Jatropha curcas* L. seeds stored at different maturity stages. **Acta Scientiarum Agronomy**, n.40, 2018. <<https://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34978>>.



SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.446–453, 2014.

SMIDERLE, O. J.; MIGUEL, M. H.; CARVALHO, M. V.; CÍCERO, S. M. Tratamento de sementes de feijão com micronutrientes: embebição e qualidade fisiológica. **Agro@mbiente On-line**, v.2, n.1, p.22-27, 2008.

SOCOLOWSKI, F.; VIEIRA, D. C. M.; TAKAKI, MASSANORI. Massa das sementes de *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (Bignoniaceae): efeitos na emergência e desenvolvimento de suas plântulas no sol e na sombra. **Biota Neotropica**, v.11, n.2, p.171-178, 2011.

SOUSA, D.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; TORRES, S. B.; ANDRADE, A. P. Viabilidade e vigor de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz pelo teste de tetrazólio. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.2, p.381-388, 2017. <<https://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170044>>.

SPONCHIADO, J. C.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, p.2405-2414, 2014.

STIPP, S. R.; CASARIN, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, n.129, 2010.

STRELEC, I.; POPOVIĆ, R.; IVANIŠIĆ, I.; JURKOVIĆ, V.; JURKOVIĆ, Z.; UGARČIĆ-HARDI, Ž.; SABO, M. Influence of temperature and relative humidity on grain moisture, germination and vigour of three wheat cultivars during one year storage. **Poljoprivreda**, v.16, n.2, p.20-24, 2010.

TAHER, H.I., URCOLA, H.A., CENDOYA, M.G., BARTOSIK, R.E. Predicting soybean losses using carbon dioxide monitoring during storage in silo bags. **Journal of Stored Products Research**, v.82, p.1-8, 2019. <<https://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2019.03.002>>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª edição, Porto Alegre: ARTMED Editora, 2013. 918p.

TAVARES, T. M., SIEBENEICHLER, S. C., LEAL, T. C. A. DE B., TERRA, T. G. R., ROTILI, E., RAHMEIER, W. Análise de crescimento em plântulas de arroz em função do tratamento de sementes com nutrientes minerais. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n.4, p.344-351, 2013. <<https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v4n4.tavares>>.

TORRES, S. B.; PAIVA, E. P.; ALMEIDA, J. P. N.; BENEDITO, C. P.; CARVALHO, S. M. C. Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de coentro. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.3, p.622-629, 2015. <<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150046>>.

TUNES, L. M.; BARROS, A. C. S. A.; BADINELLI, P. G.; GARCIA, D. C. Armazenabilidade de sementes de cevada colhidas em diferentes épocas. **Biosciense Journal**, v.26, n.3, p.403-412, 2010.

TUNES, L. M.; BARROS, A. C. S. A.; BADINELLI, P. G.; OLIVO, F. Testes de vigor em função de diferentes épocas de colheita de sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.3, n.4, p.321-326, 2008.

TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; BADINELLI, P. G.; TAVARES, L. C.; RUFINO, C. de A.; BARROS, A. C. S. A.; MUNIZ, M. F. B. Envelhecimento acelerado em sementes de aveia com e sem solução salina e saturada. **Ciência Rural**, v.41, n.1, p.33-37, 2011.

TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; GADOTTI, G. I.; MUNIZ, M. F. B.; BARROS, A. C. S. A.; VILLELA, F. A. Accelerated aging to assess parsley seed vigor. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, 2013. <<https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000300018>>.

TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; TAVARES, L. C.; BARBIERI, A. P. P.; BARROS, A. C. S. A.; MUNIZ, M. F. B. 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. <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000700001>>.

VIEIRA, E. H. N.; YOKOYAMA, M. Colheita, processamento e armazenamento. In: VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. **Sementes de feijão-produção e tecnologia**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p.233-248.

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

WALTER, L. S.; GABIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C. Envelhecimento acelerado em sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v.16, n.39, p.51-57, 2019. <<https://doi.org/10.18845/v17i40.4907>>.

WILKINSON, R. E.; OHKI, K. Influence of manganese deficiency and toxicity on isoprenoid syntheses. **Plant Physiology, Rockville**, v.87, p.841-846, 1988.

ZIMMER, P. D. Produção de Sementes. In: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2ªed. Ver. E ampl. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2006. 470p.

ZORATO, M. F.; HENNING, A. A. Influência de tratamentos fungicidas antecipados, aplicados em diferentes épocas de armazenamento, sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.236-244, 2001. <<https://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222004000200013>>.

ZUCARELI, C., BAZZO, J. H. B.; SILVA, J. B.; COSTA, D. S.; FONSECA, I. C. B. Nitrogen rates and side-dressing timing on sweet corn seed production and

physiological potential. **Revista Caatinga**, v.31, n.2, p.344-351, 2018. <<https://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n210rc>>.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; GUISCHEM, J. M.; HENNING, F. A.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de milho doce classificadas pela espessura e largura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.1, p.71-78, 2014.