

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ATRIBUTOS DE QUALIDADE EM SEMENTES DE  
TRIGO RECOBERTAS COM ZINCO DURANTE E  
APÓS ARMAZENAMENTO**

**TESE DE DOUTORADO**

**Lilian Vanussa Madruga de Tunes**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

**ATRIBUTOS DE QUALIDADE EM SEMENTES DE TRIGO  
RECOBERTAS COM ZINCO DURANTE E APÓS  
ARMAZENAMENTO**

**Lilian Vanussa Madruga de Tunes**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Agronomia.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr. Marlove Fátima Brião Muniz**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**ATRIBUTOS DE QUALIDADE EM SEMENTES DE TRIGO  
RECOBERTAS COM ZINCO DURANTE E APÓS ARMAZENAMENTO**

elaborada por  
**Lilian Vanussa Madruga de Tunes**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Marlove Fátima Brião Muniz, Dr<sup>a</sup>.**  
(Presidente/Orientadora)

---

**Géri Eduardo Meneghello, Dr.** (UFPEL)

---

**Lia Rejane Silveira Reiniger, Dr<sup>a</sup>.** (UFSM)

---

**Ubirajara Russi Nunes, Dr.** (UFSM)

---

**Francisco Amaral Villela, Dr.** (UFPEL)

Santa Maria, 21 de novembro de 2011.

À *DEUS* por me proporcionar força e coragem em todos os momentos da minha vida,  
segurando em suas mãos com seu infinito amor.

Aos meus pais *ELANHA* e *MARI TUNES*, minha avó *CIDA* e meu irmão *JOSÉ VINÍCIUS*  
pelo amor, apoio, incentivo, força, ensinamentos, diálogo, exemplo de vida e por estarem  
sempre presentes. *AMO VOCÊS.*

*DEDICO*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar o curso de doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de Doutorado.

A professora orientadora e amiga Marlove Fátima Brião Muniz pela orientação, paciência, amizade, exemplo profissional durante a realização do curso.

Ao professor co-orientador e amigo Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros pelo carinho, incentivo, exemplo profissional e constante disponibilidade em ajudar sempre que foi preciso.

Aos professores Francisco Amaral Villela, Lia Rejane Silveira Reiniger e Nilson Lemos de Menezes pela colaboração e amizade.

À colega Daniele Cardoso Pedroso pela convivência, amizade e dedicação. Verdadeira e sólida amizade, obrigada minha amiga e irmã de coração.

Aos amigos Géri Eduardo Meneghello, Nilson Mattioni e Lizandro Ciciliano Tavares pelo auxílio incondicional, dedicação e amizade.

As amigas Ireni Carvalho, Verônica Brasil Duarte, Maria Alice da Silva de Castro e Alessandra Gomes, Laboratório de Sementes e Bio-sementes - UFPel, pelo apoio e auxílio na condução das análises.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes da UFSM, pela amizade e auxílio durante a condução do trabalho.

Aos amigos do Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes da UFSM: Ana Paula, Gerusa, Josiane e Vinicius.

À amiga Carine Cocco pela convivência e companheirismo.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, e não estão nominalmente citados.

***MUITO OBRIGADA!***

**CRESCER É.....**

*Ser cada dia um pouco mais nós mesmos. ...*  
*Dar espontaneamente sem cobrar inconscientemente. ...*  
*Aprender a ser feliz de dentro para fora. ...*  
*Buscar no próximo um meio de nos prolongarmos. ...*  
*Sentir a vida na natureza. ...*  
*Entender a morte como natural da vida. ...*  
*Conseguir a calma na hora do caos. ...*  
*Ter sempre uma arma para lutar e uma razão para ir em frente. ...*  
*Saber a hora exata de parar e buscar um algo novo. ...*  
*Não devanear sobre o passado, mas trabalhar em cima dele para o futuro...*  
*Reconhecer nossos erros e valorizar nossas virtudes. ...*  
*Conseguir a liberdade com equilíbrio para não sermos libertinos. ...*  
*Exigir dos outros, apenas o que nós damos a eles. ...*  
*Realizar sempre algo edificante. ...*  
*Ser responsável por nossos atos e por suas conseqüências. ...*  
*Entender que temos o espaço de uma vida inteira para crescer. ...*  
*Nos amarmos para que possamos amar os outros como nós mesmos..*  
*Assumir que nunca seremos grandes,*  
*mas que o importante é estar sempre em crescimento.*

**(Autor Desconhecido)**

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ATRIBUTOS DE QUALIDADE EM SEMENTES DE TRIGO RECOBERTAS COM ZINCO DURANTE E APÓS ARMAZENAMENTO**

AUTORA: LILIAN VANUSSA MADRUGA DE TUNES  
ORIENTADORA: MARLOVE FÁTMA BRIÃO MUNIZ  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 21 novembro de 2011.

O recobrimento de sementes está entre os tratamentos mais interessantes e potencialmente benéficos para realçar o desempenho das mesmas. Fato esse, que contribui ao produtor melhorar o desempenho e desenvolvimento das plântulas, com possibilidade da utilização de micronutrientes como o zinco, nas sementes. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito do recobrimento de sementes de trigo com zinco, através da qualidade fisiológica, enzimática e sanitária durante o armazenamento e, analisar o efeito desse micronutriente sobre a nutrição e o crescimento inicial das plântulas e sobre os componentes de rendimento após armazenagem. Foram testados níveis de 0; 1; 2; 3 e 4 mL de  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{kg}^{-1}$  de semente, de maior e menor qualidade, para a qualidade fisiológica, enzimática e sanitária das sementes durante seis meses de armazenamento. Após o período de armazenamento, foram avaliados a massa seca, teor e acúmulo de zinco na parte aérea e raiz de plantas de trigo. Foram analisadas também, a eficiência de absorção, transporte e utilização de zinco, além da verificação dos componentes de rendimento. Conclui-se que o  $\text{ZnSO}_4$  auxilia na máxima expressão da qualidade das sementes. Há variações no padrão de expressão das enzimas EST, GOT e GTDH. O micronutriente zinco, associado com fungicida e polímero, apresentou menor incidência de fungos ao longo do período de armazenamento. A aplicação de  $\text{ZnSO}_4$  nas sementes, ocasiona uma maior massa seca e teor de zinco nas raízes. O zinco aplicado às sementes de trigo acumula-se principalmente nas raízes. A aplicação de  $\text{ZnSO}_4$  em sementes, resultou em maior eficiência de absorção e menor eficiência de transporte e utilização de Zn, à medida que aumentam as doses do nutriente. Considerando os resultados dos componentes de rendimento, número de grãos por espiguetas e peso de grãos por planta, pode-se dizer que o recobrimento das sementes de trigo com zinco propicia um aumento de produtividade superior a 30%.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L.. Sanidade. Isoenzimas. Micronutriente. Nutrição Mineral.

## ABSTRACT

Doctoral Thesis  
Graduation Program in Agronomy  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

### ATTRIBUTES OF QUALITY SEEDS OF WHEAT ZINC COATED DURING AND AFTER STORAGE

AUTHOR: LILIAN VANUSSA MADRUGA DE TUNES  
ADVISER: MARLOVE FÁTIMA BRIÃO MUNIZ  
Defense Place and Date: Santa Maria, November 21<sup>nd</sup>, 2011.

Seed coating treatments are among the most interesting and potentially beneficial for enhancing the performance of the same. This fact, which helps the producer to improve the performance and development of seedlings, with the possibility the use of micronutrients such as zinc, in the seeds. Our objectives were to evaluate the effect of wheat seed coating with zinc through the physiological, sanitary and enzyme quality, during storage and analyze the effect of this nutrient, on nutrition early growth of seedlings and on the components of income after storage. Were tested for levels 0, 1, 2, 3 and 4 mL ZnSO<sub>4</sub>.kg<sup>-1</sup> seed, high and low quality, for the seed quality physiological, sanitary and enzyme, six months of storage. After the storage period, we assessed the dry mass, zinc content and accumulation in shoots and roots of wheat plants. We also evaluate the efficiency of absorption, transport and use of zinc in addition to verification of the yield components. We conclude that the ZnSO<sub>4</sub> assists in maximum expression of seed quality. There are variations in the pattern of expression of the enzymes EST, GOT and GTDH. The micronutrient zinc, associated with fungicide and polymer, showed a lower incidence of fungi during the storage period. The application of ZnSO<sub>4</sub> in seeds causes a higher dry matter and zinc content in the roots. Zinc applied to wheat seeds accumulate mainly in roots. The application of ZnSO<sub>4</sub> in seeds resulting in higher absorption efficiency and lower transport efficiency and use of Zn, as we increase the doses of the nutrient. Considering the results of the yield components, number of grains per spikelet and grain weight per plant, it can be said that the wheat seed coating with zinc provides a productivity increase of more than 30%.

**Key words:** *Triticum aestivum* L.. Health. Isoenzymes. Micronutrient. Mineral Nutrition.



## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO I – Atributos fisiológicos, enzimáticos e sanitários de sementes de trigo recobertas com zinco durante o armazenamento ..... 14**

- Figura 1 – Vista das sementes recobertas com micronutriente zinco, fungicida, polímero e água. UFSM, Santa Maria, RS, 2011 ..... 30
- Figura 2 – Germinação de sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011 ..... 34
- Figura 3 – Primeira contagem da germinação de sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.UFSM, Santa Maria, RS, 2011 ... 35
- Figura 4 – Comprimento da parte aérea de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria-RS, 2011. 37
- Figura 5 – Comprimento da raiz de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.UFSM, Santa Maria, RS, 2011 ..... 38
- Figura 6 – Massa seca da parte aérea de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria-RS, 2011. .... 40
- Figura 7 – Massa seca da raiz de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria-RS, 2011. .... 41
- Figura 8 – Emergência de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.UFSM, Santa Maria, RS, 2011 ..... 43
- Figura 9 – Índice de velocidade de emergência de plântulas de trigo, lote maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. .... 44
- Figura 10 – Teste de tetrazólio em trigo: sementes viáveis (A) e não viáveis (B). UFSM, Santa Maria, RS, 2011 ..... 44
- Figura 11 – Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático esterase (EST) em lotes maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011..... 47
- Figura 12 – Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático glutamato oxalacetato desidrogenase (GOT) em lotes de maior e menor qualidade, após recobrimento

com diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg <sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. ....	49
Figura 13 – Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático glutamato desidrogenase (GTDH) em lotes de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg <sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. ....	51
Figura 14 – Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático malato desidrogenase (MDH) em lotes de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg <sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. ....	53
Figura 15 – Teste de sanidade em sementes de trigo, lote de maior qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg <sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. ....	55
Figura 16 – Teste de sanidade em sementes de trigo, lote de menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg <sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. ....	57

**CAPÍTULO II – Crescimento inicial de plântulas e componentes de rendimento de trigo após o armazenamento.....66**

Figura 1 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, na produção de massa seca da parte aérea. UFPel, Pelotas, RS, 2011. ....	79
Figura 2 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, na produção de massa seca da raiz. UFPel, Pelotas, RS, 2011. ....	80
Figura 3 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, na produção de massa seca da planta inteira. UFPel, Pelotas, RS, 2011. ....	81
Figura 4 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, no teor de Zn na parte aérea. UFPel, Pelotas, RS, 2011. ....	83
Figura 5 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, no teor de Zn na raiz. UFPel, Pelotas, RS, 2011.. ....	85
Figura 6 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, no acúmulo de Zn na parte aérea. UFPel, Pelotas, RS, 2011. ....	86
Figura 7 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, no acúmulo de Zn na raiz. UFPel, Pelotas, RS, 2011. ....	87

Figura 8 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, no acúmulo de Zn na planta inteira. UFPel, Pelotas, RS, 2011 .....	88
Figura 9 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, na eficiência de absorção de Zn. UFPel, Pelotas, RS, 2011.....	89
Figura 10 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, na eficiência de transporte de Zn. UFPel, Pelotas, RS, 2011.....	90
Figura 11 – Efeito das diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> em sementes de trigo após seis meses de armazenamento, lote de maior e menor qualidade, na eficiência de utilização de Zn. UFPel, Pelotas, RS, 2011.....	91
Figura 12 – Número de espiguetas por planta de trigo recobertas com diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg <sup>-1</sup> de semente, armazenadas por seis meses. Campo de produção de sementes de trigo, Arroio Grande, RS, 2011. ....	92
Figura 13 – Número de grãos por espiguetas por planta de trigo recobertas com diferentes ZnSO <sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg <sup>-1</sup> de semente, armazenadas por seis meses. Campo de produção de sementes de trigo, Arroio Grande, RS, 2011 .....	93
Figura 14 – Peso de grãos por planta de trigo recobertas com diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg <sup>-1</sup> de semente, armazenadas por seis meses. Campo de produção de sementes de trigo, Arroio Grande, RS, 2011. ....	94
Figura 15 – Teor de Zn nas sementes de trigo, recobertas com diferentes doses de ZnSO <sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg <sup>-1</sup> de semente, armazenadas por seis meses. Campo de produção de sementes de trigo. Arroio Grande, RS, 2011.....	95

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO I – Atributos fisiológicos, enzimáticos e sanitários de sementes de trigo recobertas com zinco durante o armazenamento. .... 14**

Tabela 1 – Teor de água das sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + 3,0 mL de fungicida (carboxim + thiram) + 0,8 mL de polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011..... 31

Tabela 2 – Peso hectolítrico das sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + 3,0 mL de fungicida (carboxim + thiram) + 0,8 mL de polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011..... 32

Tabela 3 – Teste de tetrazólio em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de sulfato de zinco + 3,0 mL de fungicida (carboxim + thiram) + 0,8 mL de polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. ... 45

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I – ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS, ENZIMÁTICOS E SANITÁRIOS DE SEMENTES DE TRIGO RECOBERTAS COM ZINCO DURANTE O ARMAZENAMENTO .....</b>	<b>14</b>
2.1 RESUMO .....	15
2.2 ABSTRACT.....	16
2.3 INTRODUÇÃO .....	17
2.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	26
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
2.5.1 Qualidade fisiológica.....	30
2.5.2 Atributos enzimáticos.....	45
2.5.3 Qualidade sanitária.....	54
2.6 CONCLUSÕES .....	58
2.7 REFERÊNCIAS.....	58
<b>CAPÍTULO II – CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS E COMPONENTES DE RENDIMENTO DE TRIGO APÓS O ARMAZENAMENTO.....</b>	<b>66</b>
3.1 RESUMO .....	67
3.2 ABSTRACT.....	68
3.3 INTRODUÇÃO .....	69
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	75
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
3.5.1 Resposta das plântulas de trigo à aplicação de ZnSO <sub>4</sub> .....	78
3.5.2 Efeito das doses de ZnSO <sub>4</sub> sobre a eficiência nutricional.....	91
3.5.3 Avaliação dos componentes de rendimento .....	92
3.6 CONCLUSÕES .....	95
3.7 REFERÊNCIAS.....	96

## INTRODUÇÃO GERAL

O incentivo à triticultura no Brasil, por meio de medidas de apoio à produção, fomento e comercialização, está contribuindo para que o país consolide o desenvolvimento e a estabilidade da cultura, diminuindo a dependência externa do produto e tornando-o mais competitivo mundialmente.

O tratamento de sementes com micronutrientes vem ganhando cada vez mais adeptos, em função dos benefícios que proporciona às culturas. Dentre os micronutrientes, a diminuição de zinco é um dos fatores que limita a produção de trigo. Ao se aplicar zinco nas sementes, a uniformidade de aplicação é favorecida e o elemento entra em contato imediato com as primeiras raízes emitidas.

Neste contexto, a avaliação do potencial fisiológico, enzimático e sanitário durante o armazenamento de sementes é um componente essencial dos programas de controle de qualidade adotados por instituições produtoras, pois permite a adoção de práticas de manejo destinadas à garantia de nível satisfatório de desempenho das sementes.

Diante disto, é cada vez maior a necessidade do aprimoramento dos testes destinados à avaliação da qualidade das sementes, com a finalidade de fornecer informações consistentes e complementares às obtidas no teste de germinação.

A necessidade de manutenção da qualidade, durante e após o período de armazenamento, é essencial para sementes de culturas anuais que necessitam ser armazenadas de uma safra para outra. Dessa forma, avaliar o efeito do recobrimento de sementes após o período de armazenamento facilitaria detectar a qualidade final das sementes antes da semeadura.

A elucidação dos efeitos de diversos fatores que possam comprometer, diretamente, a qualidade das sementes, depende da eficiência das técnicas utilizadas para determiná-los, bem como da obtenção de resultados confiáveis e reproduzíveis. Essas avaliações poderiam ser feitas pela massa seca da planta, teor e acúmulo do micronutriente na parte aérea e raiz, assim detectando a maior percentagem de absorção e translocação do zinco na planta.

Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito do recobrimento de sementes de trigo com zinco, através dos atributos fisiológicos, enzimáticos e sanitários durante o armazenamento e analisar o efeito desse micronutriente sobre a nutrição, o crescimento inicial das plântulas e os componentes de rendimento após armazenagem.

## **CAPITULO I**

# **ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS, ENZIMÁTICOS E SANITÁRIOS DE SEMENTES DE TRIGO RECOBERTAS COM ZINCO DURANTE O ARMAZENAMENTO**

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS, ENZIMÁTICOS E SANITÁRIOS DE SEMENTES DE TRIGO RECOBERTAS COM ZINCO DURANTE O ARMAZENAMENTO**

AUTORA: LILIAN VANUSSA MADRUGA DE TUNES  
ORIENTADORA: MARLOVE FÁTIMA BRIÃO MUNIZ  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 21 novembro de 2011.

Sabe-se que os micronutrientes, como o zinco, são importantes ativadores metabólicos que podem trazer benefícios à germinação e ao vigor das sementes quando incorporados ao tratamento, bem como aumentar o potencial de armazenamento das sementes. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do recobrimento de sementes de trigo com zinco, por meio de atributos fisiológicos, enzimáticos e sanitários durante o armazenamento. Foram utilizados dois lotes de sementes, de maior e menor qualidade. Para o tratamento de sementes, utilizou-se produto comercial Quimifol Seed 78, com fonte de zinco na forma de  $ZnSO_4$ , juntamente com fungicida e polímero. Foram testados níveis de 0; 1; 2; 3 e 4 mL de  $ZnSO_4.kg^{-1}$  de semente. A avaliação da qualidade fisiológica, durante o período de armazenamento foi analisada pelos testes: teor de água, peso hectolítrico, germinação, primeira contagem da germinação, comprimento da parte aérea e raiz, massa seca da parte aérea e raiz, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência e teste de tetrazólio. Para diferenciação isoenzimática, as isoenzimas analisadas foram: esterase (EST – EC 3.1.1.1), glutamato oxalacetato transaminase (GOT – EC 2.6.1.1), glutamato desidrogenase (GTDH – EC 1.4.1.2) e malato desidrogenase (MDH – EC 1.1.1.37). O teste de sanidade foi realizado pelo método do papel filtro. Concluiu-se que as doses de 3 e 4 mL de  $ZnSO_4$  auxiliam na maximização da expressão da qualidade fisiológica das sementes de maior e menor qualidade, respectivamente. Há variações no padrão de expressão das enzimas EST, GOT e GTDH entre sementes e plântulas, nas diferentes doses de sulfato de zinco, durante o armazenamento. Os fungos com maior incidência nas sementes de trigo foram *Fusarium* sp., *Alternaria* sp, *Penicillium* sp. e *Aspergillus* sp. O micronutriente zinco associado com fungicida e polímero apresentaram menor incidência de fungos ao longo do período de armazenamento.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L.. Vigor de sementes. Tratamento de sementes.



## ABSTRACT

Doctoral Thesis  
Graduation Program in Agronomy  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

### PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES, SEED SANITY ENZYMATIC AND WHEAT COATING WITH ZINC DURING STORAGE

AUTHOR: LILIAN VANUSSA MADRUGA DE TUNES  
ADVISER: MARLOVE FÁTIMA BRIÃO MUNIZ  
Defense Place and Date: Santa Maria, November 21<sup>nd</sup>, 2011.

The micronutrients such as zinc are important metabolic activators that can bring benefits to the germination and vigor when incorporated into the treatment and thereby increase the potential for plant growth during storage. The objective was to evaluate the effect of wheat seed coating with zinc, attributes physiological, sanitary and enzyme quality, during storage. We used two batches of seed, high and low quality. For seed treatment, we used commercial product Quimifol Seed 78, with a source of zinc in the form of  $ZnSO_4$ , along with fungicide and polymer. Were tested for levels 0, 1, 2, 3 and 4 mL  $ZnSO_4.kg^{-1}$  seed. The physiological quality, during the storage period, was analyzed by the tests: moisture, test weight, germination, first count germination, shoot and root length, dry weight of shoot and root, emergence, index emergence rate and tetrazolium. For differentiation of isozymes, the isozymes were analyzed: esterase (EST - EC 3.1.1.1), glutamate oxaloacetate transaminase (GOT - EC 2.6.1.1), glutamate dehydrogenase (GTDH - EC 1.4.1.2) and malate dehydrogenase (MDH - EC 1.1. 1.37) for all treatments. The sanity test was performed using the blotter test. It was concluded that the doses 3 mL of  $ZnSO_4$  and 4 mL of  $ZnSO_4$  to assist in the ultimate expression of the seeds physiological quality, of high and low quality, respectively. There are variations in the pattern of expression enzymes EST, GOT and GTDH between seeds and seedlings at different doses of zinc sulfate during storage. Fungi with higher incidence in wheat seeds were *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. and *Aspergillus* sp. The micronutrient zinc associated with fungicide and polymer had a lower incidence of fungi during the storage period.

**Key words:** *Triticum aestivum* L.. Vigour seeds. Seed treatment.

## 2.3 INTRODUÇÃO

Todas as espécies de trigo, selvagens ou cultivadas, são gramíneas originalmente de clima frio e pertencem ao gênero *Triticum*, da família Poaceae. Suas flores são envoltas em brácteas, as quais são agrupadas em estruturas características conhecidas como espiguetas. Estas, por sua vez, são encontradas anexadas diretamente a uma haste central, relativamente adensadas, formando uma cabeça ou espiga (PETERSON, 1965).

O *Triticum aestivum* L., originário do sudoeste asiático, foi introduzido na Índia, China e Europa onde existem relatos datando o cultivo desta espécie desde 5.000 a.C. Atualmente, é possível encontrar plantações desta poácea no mundo todo, desde o Equador até regiões próximas aos pólos, devido à seleção natural e também pelo desenvolvimento de novas variedades, adaptadas a condições ambientais específicas de cada região (JUNIOR GARCIA, 2006).

O trigo dentre as diversas culturas, destaca-se como um dos alimentos mais importantes da humanidade, sendo cultivado em todo o mundo e possuindo uma grande relevância econômica e social.

Os maiores produtores mundiais de trigo são a China, a Índia e a Rússia. O Brasil possui uma área de cultivo aproxima de 2,5 milhões de ha, produtividade em torno de 2.600 kg.ha<sup>-1</sup> e produção total ao redor de 6,0 milhões de toneladas (CONAB, 2010). A produção concentra-se no Sul e no Centro-Sul do País tendo como principais produtores os Estados do Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo. A região Sul é responsável por mais de 90% da produção nacional. No entanto, esta produção responde com apenas 50% da demanda nacional, o que torna o país um grande importador de trigo, do Argentino principalmente.

A reduzida produção nacional está vinculada ao uso de sementes de baixa qualidade, a qual se deve ao baixo investimento na cultura, devido à mesma ser de importância secundária para o agricultor.

Dentre os inúmeros aspectos que merecem atenção para suprir a demanda da cultura do trigo e permitir o melhor aproveitamento do potencial produtivo, destaca-se a utilização de sementes de alta qualidade.

Sementes de alta qualidade possuem capacidade para produzir, de forma consistente e rápida, uma população adequada e uniforme de plantas, vigorosas e saudáveis, em condições variáveis de solo e clima. Por isto, possuem potencial para resultarem em colheitas abundantes e rentáveis.

O termo, qualidade de sementes, envolve aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, que avaliados de maneira integrada, propiciam o conhecimento do valor real e do potencial de utilização de sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

O contínuo crescimento demográfico tem demonstrado a necessidade de se melhorar a tecnologia aplicada aos diversos ramos de produção de alimentos. O uso de nutrientes minerais e sementes de qualidade constituem prática expressiva para o aumento de produtividade. Logo, o uso de tecnologias para o aumento da produtividade, a adequada nutrição das plantas, entre eles a utilização de micronutrientes como o zinco, através do recobrimento de sementes, vem contribuindo para a sustentabilidade do atual sistema de produção.

Neste contexto, a incorporação de novas tecnologias vem proporcionando incrementos de produtividade, estando as mais recentes relacionadas à indústria de sementes. O tratamento de sementes, em particular, vem ganhando cada vez mais adeptos, em função dos benefícios que proporciona segundo Goulart e Melo Filho (2002).

De acordo com a atual legislação brasileira, é denominado “tratamento de sementes” o processo de revestimento que emprega a aplicação de agrotóxicos, corantes e outros aditivos, sem que ocorra aumento significativo do tamanho e peso, ou alteração de formato das sementes (BRASIL, 2005). Para designar esta tecnologia que permite adicionar agroquímicos às sementes, sem promover a mudança no seu tamanho e formato, são comumente utilizados como sinônimos os termos: “revestimento”, “recobrimento” ou “peliculização”.

No recobrimento, seja com fungicidas, inseticidas ou nutrientes, é importante que a qualidade fisiológica das sementes e a eficiência dos produtos não sejam prejudicadas. Neste sentido, experimentos envolvendo sementes de grandes culturas indicam que tal técnica apresenta resultados positivos. Henning (1990) demonstrou a eficácia do recobrimento utilizando polímeros como barreiras contra a umidade para manter a viabilidade das sementes de soja durante o armazenamento. Da mesma forma, Arsego et al. (2006) comprovaram que o polímero proporcionou a obtenção de sementes de arroz adequadamente recobertas e com boa aparência.

A utilização de polímeros, juntamente com tratamento químico, vem sendo estudada por diversos pesquisadores. Na cultura do algodão, Lima et al. (2003) verificaram a interação entre filmes de revestimento e tratamento químico e concluíram que os filmes não prejudicam a qualidade fisiológica das mesmas, bem como propiciam melhor aderência dos produtos químicos. Na cultura do feijão, Alves et al. (2003) avaliaram a técnica de recobrimento associada a fungicidas e observaram que a associação com o fungicida não interferiu na

qualidade fisiológica das sementes. Da mesma forma, Pires et al. (2004) e Barros et al. (2005) ao estudarem o efeito do armazenamento na qualidade de sementes de feijão revestidas com polímeros, fungicidas e micronutrientes, concluíram que o revestimento com polímeros não prejudicou a eficiência dos produtos, ao longo de quatro meses de armazenamento.

Diversos métodos e tratamentos foram desenvolvidos e disponibilizados para a melhoria da porcentagem, velocidade e uniformidade da germinação e o desenvolvimento inicial da cultura, e assim, aumentar a faixa de condições favoráveis à germinação. O uso do tratamento ou recobrimento de sementes com materiais artificiais pode facilitar a obtenção destes conjuntos de características necessárias ao estabelecimento das plântulas, uniformizando assim os estádios iniciais da produção de sementes (SAMPAIO et al., 1995).

Segundo Delouche (2005), o recobrimento está entre os tratamentos mais interessantes e potencialmente benéficos para realçar o desempenho das sementes. Fato esse, que contribui com o produtor para melhorar o desempenho e desenvolvimento das plântulas, com possibilidade da utilização de micronutrientes como o zinco, nas sementes.

Os micronutrientes são elementos químicos essenciais para o crescimento das plantas, exigidos em quantidades reduzidas. Embora a participação desses micronutrientes seja pequena, a falta de qualquer um deles pode resultar em reduções significativas de produção.

Dentre os micronutrientes, o zinco é o que mais freqüentemente se mostra deficiente em solos brasileiros (RIBEIRO e SANTOS, 1996). Sua deficiência é especialmente ressaltada caso sejam efetuadas pesadas adubações fosfatadas (BARBOSA FILHO et al., 1994).

O zinco, micronutriente ativador de enzimas, participa no controle da concentração endógena do ácido indol-acético, principal fitohormônio auxínico responsável pelo crescimento longitudinal das células vegetais. Portanto, na deficiência desse micronutriente, os principais sintomas são: plantas com tamanho reduzido, áreas verde claras entre as nervuras das folhas novas, folhas menores e internódios curtos (OLIVEIRA et al., 2003).

De acordo com Ribeiro e Santos (1996), a mobilização deste micronutriente ocorre durante o processo de germinação, e sementes carentes em zinco originam plantas deficientes em zinco. O suprimento deste micronutriente se dá por translocação das reservas das sementes ou absorção pelas raízes.

O solo é a principal fonte de zinco para as plantas, porém vários fatores podem afetar sua disponibilidade, sendo conveniente sua reposição. Vários experimentos mostram diferentes respostas em relação à aplicação do micronutriente entre cultivares, espécies e

forma de aplicação (OHSE et al., 2000; FAGERIA e BALIGAR, 2001, OLIVEIRA et al., 2003).

Em pesquisas com leguminosas e gramíneas de Santos (1981) e Ohse et al. (2000), respectivamente, afirmam que o fornecimento do micronutriente zinco através do recobrimento de sementes é a melhor forma de aplicação, em virtude das pequenas quantidades exigidas pelas plantas, melhor uniformidade de distribuição e menor custo de aplicação. No tratamento de zinco em sementes de arroz, Rozane et al. (2008) notaram aumento no crescimento da parte aérea e raiz e comportamento distinto à medida que variavam as doses. Schöffel e Lúcio (2001) também verificaram, em arroz, incremento da produção de matéria seca em função da absorção de zinco. Esse efeito do zinco no crescimento das plantas, ocorre em função da participação do nutriente na rota metabólica do triptofano para ácido indolacético (AIA), principal auxina de crescimento (FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 1993).

A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica na época de formação das sementes, quando consideráveis quantidades de nutrientes são para elas translocadas. Essa maior exigência se deve ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A disponibilidade de nutrientes influencia a formação do embrião com resultados eficazes sobre o vigor e a qualidade fisiológica das sementes.

Segundo Fonseca et al. (2008), estudou com a cultura do trigo, estudos envolvendo a aplicação de zinco em sementes são incipientes no Brasil. Sendo assim, a aplicação de zinco via semente na cultura do trigo pode vir a ser uma forma adequada e promissora de utilização de micronutrientes.

A aplicação e doses adequadas de zinco nas sementes proporcionam substancial aumento do teor deste nutriente. A planta bem nutrida com este micronutriente poderá apresentar aumento no desenvolvimento inicial, em condições adversas e em solos carentes de zinco. Além disso, poderá ser evitada a adubação no solo e via foliar, conseqüentemente ocorrendo redução nos custos de produção.

Neste sentido, a utilização do recobrimento de sementes com produtos à base de zinco tem sido vista como uma alternativa, de fornecer este micronutriente com maior eficiência agrônômica e econômica vindo ao encontro das necessidades atuais dos produtores, favorecendo o início do desenvolvimento e enraizamento de plântulas de trigo, permitindo uma melhoria no processo de nutrição e de produção das plantas e, conseqüentemente, uma

maior produtividade da cultura. Além disso, o recobrimento de sementes, associado às demais práticas de manejo, tem contribuído para reduzir custos, melhorar a qualidade do produto final, reduzir danos ao ambiente e oferecer uma boa proteção às sementes no campo e durante o armazenamento.

O conhecimento prévio do potencial de armazenagem de um lote de sementes é muito importante para a indústria de sementes. Dentre as inúmeras etapas que as sementes passam após a colheita, o armazenamento constitui na etapa obrigatória de um programa de produção, assumindo um importante papel, principalmente no Brasil, devido às condições climáticas. É nessa fase que os agricultores necessitam ter cuidados especiais visando à preservação da qualidade, diminuindo a velocidade do processo deteriorativo e o problema de descarte de lotes (MACEDO et al., 1998).

A conservação de sementes, por períodos mais longos pode ser possível pelo adequado armazenamento. As técnicas modernas de conservação permitem apenas prolongar a vida útil das sementes durante o armazenamento, entretanto, o processo de deterioração será mais acelerado se as sementes armazenadas apresentarem qualidade inicial baixa, explicado pelo fato das sementes pertencerem à categoria de produtos deterioráveis, mas não perecíveis.

Na produção de sementes, as diferentes etapas não devem ser consideradas de forma isoladas, pois é o conjunto de práticas ou a associação de etapas que determinam a obtenção de sementes de alta qualidade (VILLELA e PERES, 2004).

O armazenamento depende das etapas anteriores, pois somente o material produzido de maneira correta e de boa qualidade deve ser armazenado, assim como a semeadura depende do adequado armazenamento, onde a qualidade das sementes é preservada (SUR et al., 1990).

O armazenamento de sementes constitui-se em um conjunto de procedimentos voltados à preservação de sua qualidade, no intuito de proporcionar um ambiente no qual as mudanças fisiológicas, bioquímicas e sanitárias sejam mantidas em um nível aceitável. No entanto, vale ressaltar que o processo de deterioração das sementes é inevitável, mesmo quando colocadas em ambientes adequados a sua preservação. A qualidade das sementes não melhora durante o armazenamento, portanto, sua qualidade inicial é de fundamental importância para manutenção da germinação e do vigor. Como a longevidade é uma característica genética inerente à espécie, somente a qualidade inicial das sementes e as condições do ambiente de armazenamento podem ser manipuladas (AGRINOVA, 2000).

No que se refere às condições de armazenamento, a umidade e a temperatura são os fatores que mais afetam a manutenção da qualidade das sementes, podendo até mesmo

promover decréscimo da qualidade ao longo do período de armazenamento. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), as melhores condições para a manutenção de qualidade são, baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura, pelo fato de manterem o embrião com baixa atividade metabólica.

Segundo Pádua e Vieira (2001), lotes de sementes com porcentagens de germinação semelhantes, mas com diferentes níveis de vigor, podem apresentar comportamentos diferenciados em relação à deterioração, dependendo do período de armazenamento.

Utilizando diferentes períodos de armazenamento para sementes de algodão em condições de ambiente não controlado, Gomes (1992) verificou que após seis meses de armazenamento, a germinação decresceu significativamente.

Já Santos et al. (2005) na cultura do feijão verificaram tendência de redução de emergência das sementes das cultivares ao longo do armazenamento, sendo mais intensa para as sementes das cultivares menos vigorosas.

De acordo com Germani et al. (1998), produtos como o trigo e a cevada geralmente necessitam ser armazenados por períodos de seis a sete meses. Para que as sementes se preservem com um mínimo de deterioração, é necessário que haja um adequado controle para o sistema de armazenamento, como uso de recobrimento de sementes, e que este seja devidamente monitorado pelo potencial fisiológico, enzimático e sanitário.

No sistema de produção de sementes, a avaliação da qualidade é um fator fundamental para a tomada de decisões quanto ao aproveitamento, como material de propagação e das operações subsequentes à que devem ser submetidas. A qualidade das sementes durante o armazenamento é um dos aspectos mais pesquisados nos últimos anos, em decorrência das sementes estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas de origem fisiológica, bioquímica, sanitária e física após sua maturação e que estão associados à redução do vigor (MARCOS FILHO, 2002).

Apesar de os mecanismos que levam à deterioração da semente ainda não estarem completamente elucidados, sabe-se que a redução na qualidade fisiológica das sementes está relacionada a alterações bioquímicas que conduzem ao comprometimento de suas atividades metabólicas. Dentre essas alterações, destacam-se as mudanças na atividade enzimática nos processos de síntese, nos compostos de reserva e nas membranas celulares (McDONALD, 1999).

O estudo dos processos enzimáticos é uma das formas de se avaliar a qualidade das sementes. Os marcadores isoenzimáticos têm sido empregados em estudos de viabilidade,

pois são eficientes para o conhecimento dos eventos importantes do tempo de vida, das mudanças deteriorativas e da morte das sementes.

A pesquisa na área de marcadores bioquímicos associada ao controle de qualidade, recobrimento de sementes e armazenamento tem evoluído rapidamente e, novas técnicas têm-se mostrado úteis na obtenção de classes distintas de marcadores moleculares que auxiliam na elucidação dos fatores que afetam a qualidade, na manipulação e identificação do material genético, assim como na preservação desses materiais. Tais técnicas permitem o monitoramento durante todo o processo produtivo, eliminando custos e garantindo a qualidade.

As enzimas relacionadas à qualidade fisiológica das sementes mais pesquisadas são as atuantes no processo respiratório, como a malato desidrogenase, as envolvidas no metabolismo de ligação nitrogênio-carbono, como a glutamato desidrogenase, as que possuem funções específicas no metabolismo dos lipídios, a exemplo das esterases e as relacionadas à desestruturação do sistema de membranas, como a esterase (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A malato desidrogenase é uma enzima ativada principalmente durante o processo de respiração celular, regenerando uma molécula de oxalacetato a partir da oxidação de uma molécula de malato, mantendo ativo o fluxo oxidativo durante o ciclo do ácido cítrico (ciclo de Krebs), característico de uma das etapas do processo respiratório. Durante a germinação de sementes, essa enzima também atua no processo de gliconeogênese, responsável pela geração de sacarose a partir de triacilgliceróis presentes no interior dos oleossomos, nos tecidos de reserva da semente.

Estudando variação eletroforética de proteínas e enzimas, em soja e cevada, em relação à qualidade das sementes, Chauhan et al. (1985) observaram que bandas de proteínas e enzimas (esterases) funcionam como marcadores moleculares na avaliação da qualidade. Também Vieira (1996) considerou promissores os indicadores do estado de deterioração de sementes de algodoeiro que causaram variações eletroforéticas das enzimas esterase e glutamato desidrogenase. Com base nessas mudanças que ocorrem nas células e no metabolismo básico das sementes, como redução de vigor e viabilidade, vêm sendo realizados diversos trabalhos para identificar os possíveis marcadores indicativos da deterioração.

A perda da viabilidade das sementes no processo de deterioração é precedida por redução na capacidade de sintetizar proteínas, devido ao declínio de componentes como ribossomos, RNA mensageiro e alterações em nível de transcrição e tradução, com o envelhecimento das sementes (VIEIRA et al., 2003). A integridade e o metabolismo celular dependem da diversidade de enzimas e proteínas estruturais de cada espécie. Dessa forma, os



testes mais sensíveis para determinar o estágio de deterioração são aqueles que medem a atividade de certas enzimas associadas com a quebra das reservas ou com a biossíntese de tecidos novos (PINHO et al., 2000).

A participação mais importante do zinco nos processos metabólicos das plantas é como componente de várias enzimas: desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfolipolases. Lindsay (1972) relata que uma função básica do zinco está relacionada ao metabolismo de carboidratos e proteínas, de fosfatos e também na formação de auxinas, RNA e ribossomos. Existem evidências de que o zinco tem influência na permeabilidade de membranas na estabilização de componentes celulares. Além disso, auxilia na síntese de substâncias que atuam no crescimento e nos sistemas enzimáticos, sendo essencial para a ativação de certas reações metabólicas.

Os perfis eletroforéticos de proteínas mostram grande número de polipeptídeos possíveis de serem analisados, permitindo a identificação de grupos característicos e suas alterações com o envelhecimento e eventos fisiológicos em sementes. A eletroforese, através da detecção de alterações na composição protéica e de enzimas específicas pode ser uma eficiente ferramenta para o acompanhamento da qualidade das sementes durante o armazenamento (CARRARO, 1990).

Outro fator importante que deve ser analisado durante o período de armazenamento é a qualidade sanitária das sementes de trigo, mesmo estas terem sido recobertas com a utilização de defensivos agrícolas.

A incidência de microrganismos em sementes é, de acordo com Lima (2004), responsável pela morte em pré-emergência, de plântulas no campo, perda de vigor e poder germinativo no armazenamento, com conseqüente diminuição do estande final no campo.

Segundo Catellani et al. (1996), a presença de fungos pode reduzir a capacidade germinativa de um lote de sementes, além de causar problemas na interpretação dos resultados dos testes de germinação, conduzidos em condições de laboratório.

Microrganismos patogênicos, segundo Dhingra (1985), podem estar na superfície da semente, no seu interior, ou simplesmente acompanhando o lote, localizados nos materiais inertes ou como estruturas de resistência, com potencial para introduzir e acumular inóculo de patógenos em áreas de cultivo. Assim, as sementes constituem-se em importantes e eficientes veículos de disseminação de patógenos, os quais podem causar doenças nas mais diferentes culturas (MACHADO, 1986). Muitos fungos provocam danos indiretos nas plantações, devido à introdução rápida em novas áreas, onde anteriormente não existia a doença,

comprometendo a qualidade das sementes colhidas e armazenadas (NÓBREGA e SUASSUNA, 2004).

A sobrevivência dos fungos de campo nas sementes depende da habilidade em se manterem viáveis nas condições de temperatura e umidade relativa do armazenamento (MERONUCK, 1987), do grau de infecção e do teor de água das sementes (DHINGRA, 1985). Por outro lado, os fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, considerando fungos de armazenamento, estão presentes nas sementes recém-colhidas, em porcentagens muito baixas e são capazes de sobreviver em ambientes com baixa umidade, proliferando-se em sucessão aos fungos de campo e causando a deterioração das sementes, culminando com a perda da viabilidade e do valor comercial das sementes (WETZEL, 1987; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Embora esses fungos de armazenamento se caracterizem por se desenvolverem sem água livre, os mesmos costumam apresentar maior incidência em sementes colhidas em anos mais úmidos (MILLS e WALLACE, 1992). Além disso, estes fungos não se desenvolvem em sementes amiláceas com teores de água em equilíbrio com umidades relativas do ar inferiores a 68%; portanto, não podem ser responsabilizados pela deterioração que ocorre em sementes com teor de água inferior a 13% (BEWLEY e BLACK, 1994).

Vários patógenos podem estar associados às sementes de trigo, sendo a maioria deles de origem fúngica (FORCELINI, 1995; PATRÍCIO et al., 1995 e REIS e CASA, 1998). Dentre os fungos mais importantes, merecem destaque os gêneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*, *Drechslera*, *Septoria*, *Tilletia* e *Ustilago* (NASSER, 1987; GOULART et al., 1995 e REIS e CASA, 1998), que invadem as sementes ainda no campo, e necessitam para o seu crescimento de umidade relativa em torno de 90 a 95% que, de acordo com DHINGRA (1985), representa um teor de água de 25% nas sementes amiláceas, como as de trigo. Se há redução neste teor de água, ocorre paralisação no desenvolvimento desses fungos e não ocorrem novas invasões (DHINGRA, 1985 e MILLS e WALLACE, 1992).

A ocorrência de doenças é um dos maiores fatores de restrição à produção. A planta de trigo, em qualquer fase de desenvolvimento, está sujeita á doenças que reduzem tanto a qualidade da semente, quanto a quantidade final do produto. Entre os prejuízos diretos, causados pelas doenças em trigo, incluem-se a redução do estande plantas, grãos manchados, menor número e/ou tamanho de grão e redução geral na eficiência produtiva dessas plantas (MIURA, 2002).

Diante do exposto, é necessário pesquisar sobre métodos que auxiliem na maximização da qualidade de sementes de trigo. As crescentes exigências de qualidade do

mercado têm levado à opção por um monitoramento nas sementes, relacionando tratamento de sementes com micronutrientes (suprimento de alguma deficiência), armazenamento como método de qualidade, controle rápido e eficaz através das avaliações com isoenzimas e sanidade. Assim, a pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito do recobrimento de sementes de trigo com zinco, através atributos fisiológicos, enzimáticos e sanitários durante o armazenamento.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório Didático de Análise de Sementes, pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Defesa Fitossanitária da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e no Laboratório Didático de Análise de Sementes e Bio-Sementes do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (UFPEL).

As sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) utilizadas, da safra 2009/10, foram provenientes da empresa Sementes Roos & CIA LTDA, localizada no município de Não-Me-Toque/RS, Brasil.

Foram utilizados dois lotes de sementes de trigo, um de maior e outro de menor qualidade. Utilizou-se o produto comercial Quimifol Seed 78, com fonte de zinco na forma de sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ), no qual cada 100 mL desta solução fornece 78 g de zinco. Foram testados níveis de 0, 1, 2, 3 e 4 mL  $ZnSO_4.kg^{-1}$  de semente, adicionaram-se também 3 mL de fungicida (carboxim + thiram); 0,8 mL de polímero Poly Seed CF<sup>®</sup> (lote alta qualidade) ou polímero Collor Seed (lote de menor qualidade) e água em quantidade suficiente para completar o volume de calda de 15 mL para um kg de semente. A utilização de diferentes polímeros foi somente para realizar a diferenciação dos lotes pela coloração. O recobrimento das sementes visou feito manualmente, utilizando 0,3 kg de sementes por unidade experimental, com a mistura de produtos realizados em sacos plásticos e após a adição das sementes. A agitação das sementes ocorreu até a completa distribuição dos produtos e cobertura das sementes. Em seguida, as sementes recobertas foram colocadas para secar em temperatura ambiente, durante 24 horas e após foram armazenadas em ambiente não controlado por um período de 6 meses.

Foram realizados testes para a avaliação dos atributos fisiológicos, enzimáticos e sanitários das sementes de trigo recobertas com zinco, durante o período de seis meses de armazenamento, em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa do ar. As

avaliações foram realizadas imediatamente após o recobrimento (análise inicial) e a cada três meses de armazenamento.

A qualidade durante o período de armazenamento foi avaliada pelos testes: teor de água, peso hectolítrico, germinação, primeira contagem da germinação, comprimento da parte aérea e raiz, massa seca da parte aérea e raiz, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência e teste de tetrazólio.

Teor de água (TA): determinado pelo método de estufa à  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas, em estufa com circulação forçada de ar, utilizando-se quatro repetições de cinco gramas de sementes por tratamento, conforme Regras para Análise de Sementes-RAS (BRASIL, 2009).

Peso hectolítrico (PH): foi verificado através da pesagem de quatro subamostras em balança hectolétrica, com capacidade de um quarto de litro de sementes e os resultados expressos em quilogramas por cem litros ( $\text{kg} \cdot 100\text{L}^{-1}$ ), baseados nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Germinação (G): realizada com quatro repetições de 100 sementes por lote, semeadas em rolos de papel toalha, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram colocados no interior de sacos plásticos e mantidos em germinador, regulado a  $20^{\circ}\text{C}$ . A avaliação foi realizada aos oito dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

Primeira contagem da germinação (PCG): foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as porcentagens médias de plântulas normais, após quatro dias da instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento médio da parte aérea (CPA) e raiz (CR): realizado aos quatro dias após a montagem do teste de germinação, sendo as plântulas escolhidas aleatoriamente, obtidas a partir da semeadura de quatro repetições de 30 sementes, no terço superior da folha de papel toalha, conforme determinações descritas por Nakagawa (1999). Determinaram-se os comprimentos da parte aérea e de raiz das plântulas, com auxílio de régua graduada em milímetros. Os comprimentos médios, da parte aérea e da raiz, foram obtidos somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais, com os resultados expressos em centímetros.

Massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR): após a mensuração, as plântulas foram seccionadas, separando-se a parte aérea do sistema radicular, sendo a parte aérea e raízes imediatamente pesadas. Em seguida, o material foi colocado em cápsulas de alumínio, mantido em estufa com convecção forçada, regulada a  $65^{\circ}\text{C}$ , durante 96h. Posteriormente, foi

avaliada a massa seca, utilizando-se balança de precisão (0,0001g) e os resultados expressos em mg.plântula<sup>-1</sup>, conforme recomendações de Nakagawa (1994).

Emergência de plântulas (EP): foram avaliadas quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, semeadas em bandejas de plástico, contendo areia na profundidade de 2,0 cm e mantidas a uma temperatura de 25°C, em ambiente controlado. Foram realizadas irrigações sempre que necessário, e a avaliação ocorreu aos 15 dias após a semeadura, quando a emergência das plântulas tornou-se constante, computando-se a porcentagem de plântulas emergidas (NAKAGAWA, 1999).

Índice de velocidade de emergência (IVE): realizado conjuntamente com o teste de emergência de plântulas, através de contagens diárias do número de plântulas emergidas (comprimento de plântula de 1,0 cm acima do solo) até o décimo quinto dia (até a estabilização do número de plântulas emergidas). Para cada repetição, foi calculado o índice de velocidade de emergência, somando-se o número de plântulas emergidas a cada dia, dividido pelo respectivo número de dias transcorridos a partir da semeadura, conforme Maguire (1962), pela fórmula:

$$IVE = (E_1 \div N_1) + (E_2 \div N_2) + \dots + (E_n \div N_n)$$

Sendo: IVE = índice de velocidade de emergência; E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>n</sub> = número de plântulas emergidas, computadas na primeira, na segunda e na última contagem; N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>n</sub> = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem.

Teste de tetrazólio (TZ): as sementes foram embebidas em água destilada por 18 horas e temperatura de 20 °C antes de serem submetidas a cortes longitudinais. Após o seccionamento, as sementes foram colocadas no escuro, em beakers de 25 mL, contendo solução de 2,3,5 trifrenil cloreto de tetrazólio a 1%, por 3 horas (BRASIL, 2009). Após a coloração, a solução foi drenada e as sementes lavadas em água corrente. A avaliação foi baseada nos critérios propostos por ISTA (2008), para determinação do percentual de sementes viáveis.

Para diferenciação isoenzimática, as isoenzimas analisadas foram: esterase (EST – EC 3.1.1.1), glutamato oxalacetato transaminase (GOT – EC 2.6.1.1), glutamato desidrogenase (GTDH – EC 1.4.1.2) e malato desidrogenase (MDH – EC 1.1.1.37), para todos os tratamentos. As sementes foram colocadas para germinar e as plântulas, aos quatro dias, foram usadas para a extração. Também foi realizada análise com sementes secas, não germinadas, retiradas do armazenamento e levadas para a extração.

Foram analisadas dez sementes e plântulas coletadas aleatoriamente e maceradas em gral de porcelana, para cada tratamento e repetição. De cada uma das amostras, 200 mg do extrato vegetal foram colocados em tubos *eppendorf*, acrescidos de solução extratora (tampão do gel + 0,15% de 2-mercaptoetanol), na proporção 1:2 (p/v). A eletroforese foi realizada em géis de poli(acrilamida) 7%, colocando-se 20 µL de cada amostra, em orifícios feitos com o auxílio de um pente de acrílico. Três aplicações (repetições) para cada uma das amostras foram realizadas.

Os padrões enzimáticos foram analisados pelo sistema de tampões, descrito por Scandalios (1969). Os géis foram colocados em cubas eletroforéticas verticais, mantidas em câmara fria, com temperatura entre 4 e 6 °C. As migrações eletroforéticas foram realizadas com uma diferença de potencial de 10 V.cm<sup>-1</sup>, até que a linha frontal, formada pelo azul de bromofenol, atingisse 9 cm do ponto de aplicação. Os géis foram revelados conforme Scandalios (1969) e Alfenas (1998). Os géis de eletroforese foram fixados em solução 5-5-1, de água destilada: metanol: ácido acético.

Avaliação da qualidade sanitária das sementes de trigo - Realizada através do teste de sanidade, pelo método do papel filtro ou "Blotter Test". Utilizaram 200 sementes de cada tratamento, dividida em quatro subamostras de 50, colocadas em caixas plásticas do tipo "gerbox", previamente desinfestadas com álcool e hipoclorito (1%) por um minuto, sob duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada e esterilizada. As sementes foram incubadas a 25°C, com 12 horas de regime de luz, durante 24 horas. Em seguida, para a inibição da germinação, as sementes foram submetidas ao método do congelamento por 24 horas. Após esse procedimento, foram então incubadas a 25°C por sete dias, com 12 horas de regime de luz conforme metodologia proposta por Brasil (2009). As análises foram realizadas com o auxílio de lupa e microscópio óptico para observação das estruturas morfológicas dos fungos, os quais foram identificados em nível de gênero, com o auxílio da bibliografia especializada de Barnett; Hunter (1998), determinando-se a porcentagem de sementes contaminadas por fungos.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. As médias obtidas foram submetidas à análise de variância e de regressão. A análise estatística foi realizada com auxílio do pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000). A interpretação dos resultados das isoenzimas foi baseada na análise visual dos géis de eletroforese, levando-se em consideração a presença/ausência, bem como a intensidade de cada uma das bandas eletroforéticas, em cada sistema isoenzimático avaliado.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da qualidade do recobrimento foi feita utilizando uma escala de avaliação visual que varia de 0 (semente nua) a 10 (excelente recobrimento), verificando uniformidade do recobrimento e a aparência das sementes, utilizando 50 sementes por unidade experimental. As sementes de trigo recobertas (Figura 1) obtiveram nota 9 na coloração rosa claro (maior qualidade) e nota 8 na coloração rosa forte (menor qualidade), apresentando uma boa aderência do polímero.

A análise dos dados apresentou associação entre os tratamentos de sementes com polímeros, em que o recobrimento das sementes apresentou boa aparência, coloração, distribuição e aderência dos produtos à superfície das mesmas (Figura 1).

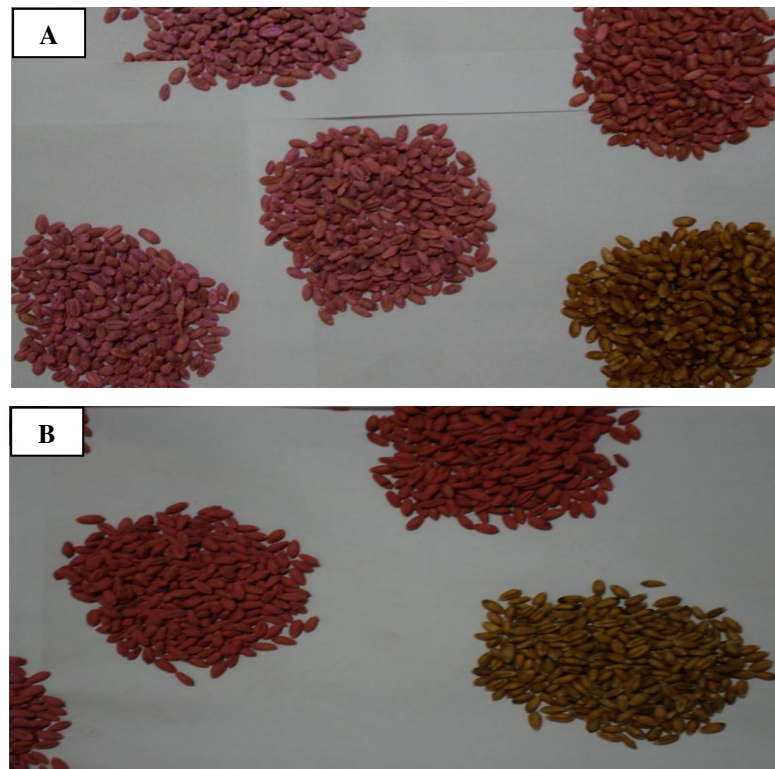


Figura 1 - Vista das sementes recobertas com zinco, fungicida, polímero e água. A) Lote maior qualidade e B) Lote menor qualidade. UFSM, Santa Maria, RS, 2011.

### 2.5.1 Qualidade fisiológica

Na avaliação da qualidade de sementes, o teor de água, peso hectolítrico e a germinação são fatores importantes, assim como o crescimento e desenvolvimento das plântulas e a viabilidade da semente (AOSA, 1983; BRASIL, 2009).

Na Tabela 1 constam os dados de teor de água das sementes, obtidos nas análises iniciais e no armazenamento por três e seis meses em ambiente não controlado.

Observa-se que o teor de água das sementes não foi influenciado pela aplicação do  $ZnSO_4$  durante os períodos de armazenamento. No lote de maior qualidade, as sementes apresentaram teor de água, no início do armazenamento, entre 12,4 a 12,7%. Os tratamentos do lote de menor qualidade apresentaram teor de água, no início do armazenamento, entre 12,9 a 13,2%. Após três e seis meses de armazenamento, os teores de água dos diferentes tratamentos, de ambos os lotes, mantiveram-se semelhantes, revelando uniformidade em razão do equilíbrio higroscópico com o ambiente não controlado. O aumento de umidade no ambiente ocorre devido a higroscopicidade das sementes, que proporciona um processo dinâmico de troca de umidade com o ar circundante, até que seja atingido o ponto de equilíbrio higroscópico. A presença do polímero no recobrimento das sementes pode ser considerada como uma proteção para que não ocorram variações bruscas de absorção de água pelas sementes, em períodos com umidade relativa do ar alta e temperatura baixa.

Tabela 1 – Teor de água das sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + 3,0 mL de fungicida (carboxim + thiram) + 0,8 mL de polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011.

Doses de $ZnSO_4$ (mL)	Lotes	Teor de água		
		0 meses	3 meses	6 meses
			%	
0	Maior qualidade	12,4	12,5	12,6
1		12,6	12,8	12,9
2		12,6	12,8	12,7
3		12,6	12,7	12,7
4		12,7	12,7	13,1
0	Menor qualidade	12,9	12,9	12,5
1		13,1	13,2	13,3
2		13,0	13,0	13,1
3		13,1	13,1	13,2
4		12,9	13,1	12,8

Analisando os dados do peso hectolítrico, verifica-se que as sementes de ambos os lotes recobertas com diferentes doses de  $ZnSO_4$  durante seis meses de armazenamento, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2).



O peso hectolítrico é uma característica varietal que, dentre uma série de fatores externos, pode ser influenciado pelo teor de água das sementes e pelo tratamento químico a que estas são submetidas. Pelos resultados observados é possível inferir ainda, que alguns produtos podem não influenciar essa característica de acordo com a natureza do material utilizado no recobrimento.

O peso hectolítrico (PH) é um índice referente ao rendimento, assim, será mais elevado quanto maior for o valor obtido. O fato de um tratamento apresentar maior valor de PH não assegura que seja de melhor qualidade. Assim, Guarienti (1996) explicou que essa relação somente será significativa quando comparar tratamentos com valores de PH diferenciados, pois muitos fatores são causas de erros na determinação desse índice, como por exemplo, os espaços vazios entre as sementes, o teor de água e o tipo e a quantidade de impurezas presentes na amostra.

Vale ressaltar que, em média, o lote de maior qualidade apresentou PH com 5g a mais do que o lote de menor qualidade, ou seja 6% superior.

Tabela 2 – Peso hectolítrico das sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + 3,0 mL de fungicida (carboxim + thiram) + 0,8 mL de polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011.

Doses de $ZnSO_4$ (mL)	Lotes	PH		
		0 meses	3 meses	6 meses
		(kg/100L)		
0	Maior qualidade	77,31	77,28	77,35
1		77,08	77,15	77,26
2		77,20	77,18	77,23
3		77,03	77,15	77,11
4		77,10	77,19	77,17
	Teste F	0,96 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>
0	Menor qualidade	72,18	72,26	72,33
1		71,92	72,00	72,21
2		72,07	72,22	72,30
3		72,11	72,18	72,27
4		72,01	72,15	72,25
	Teste F	1,23 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>

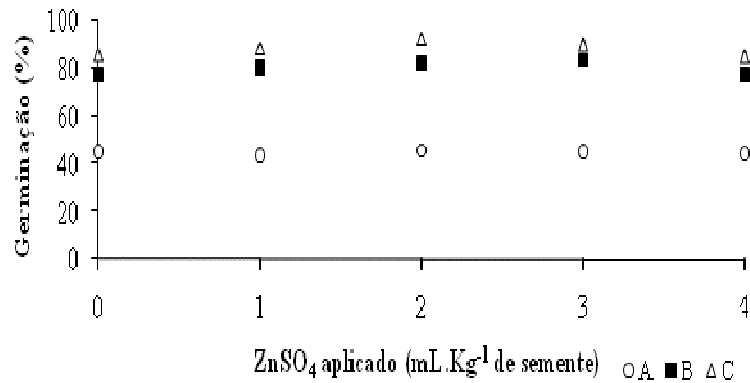
\* e <sup>ns</sup> – significativo a 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Na Figura 2 estão apresentados os dados da germinação inicial e o período de três e seis meses de armazenamento. O lote de maior qualidade não apresentou diferença significativa do potencial germinativo entre as doses de sulfato de zinco testadas durante todo

o período de armazenamento (Figura 2a). Tais resultados estão de acordo com os verificados por Ohse et al. (2000), ao concluírem que o recobrimento de sementes de arroz com zinco não promoveu diferença sobre a germinação. Da mesma forma, Vieira e Moreira (2005) não verificaram diferenças na germinação em sementes de arroz recobertas com zinco. Também Fungueto (2006) analisando recobrimento de sementes em arroz com fonte de zinco, fungicida e polímero não verificou diferença na germinação. No entanto, em sementes de sorgo tratadas com zinco, Yagi et al., (2006) constataram diminuição da percentagem de germinação. O mesmo foi verificado por Pereira et al., (2005) em sementes peliculizadas de milho, registrando redução de 2 pontos percentuais no potencial germinativo. Em soja, Trentini et al. (2005), não detectaram diferenças significativas sobre a germinação de sementes recobertas com película de AGL 205 e fungicida.

A germinação das sementes do lote de menor qualidade (Figura 2b) não apresentou diferença nos dados iniciais de avaliação. No entanto, nos períodos de três e seis meses de armazenamento, o potencial germinativo das sementes cresceu à medida que aumentam as doses de  $ZnSO_4$  nas sementes. As sementes expressaram seu máximo potencial na dose de 4 mL de  $ZnSO_4$  no período de três e seis meses de armazenamento.

**a) Lote de maior qualidade**



**b) Lote de menor qualidade**

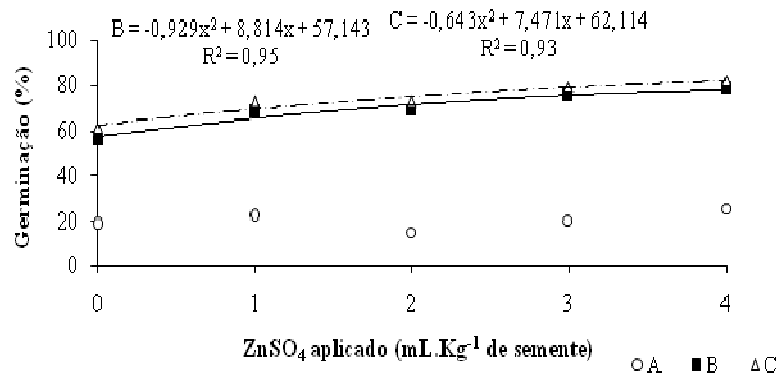


Figura 2 – Germinação de sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \*A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.

O teste da primeira contagem do teste de germinação para as sementes dos lotes de maior e menor qualidade estão representados na Figura 3. Os dados iniciais de avaliação, para os dois lotes analisados, não apresentaram diferença no percentual germinativo (Figura 3a e 3b). No entanto, o período de três meses de armazenamento apresentou variação.

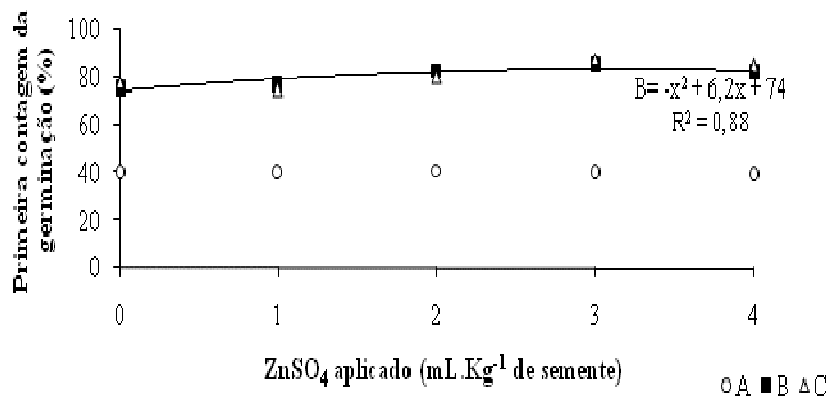
No armazenamento de três meses, as sementes do lote maior qualidade, apresentaram resultados mais expressivos na dose de 3 mL de ZnSO<sub>4</sub>, quando comparada as demais doses testadas e a testemunha. No entanto, para as sementes do lote de menor qualidade, à medida que aumenta a dose de zinco no recobrimento das sementes, melhora o desenvolvimento inicial das plântulas, ou seja, a dose de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub> foi considerada a melhor, em ambos os períodos de armazenamento analisados. Nas sementes, a maior parte do Zn é encontrada em corpos protéicos, principalmente na forma de sais de ácido fítico que, no processo de

germinação, são rapidamente hidrolisados e, assim, disponibilizados às plântulas (REZENDE et al., 2009).

O uso de recobrimento de sementes, com materiais artificiais (polímero), favorece uma uniformidade de aplicação e possibilita o contato do Zn com as primeiras raízes emitidas. Dessa forma, supre a necessidade deste micronutriente para um melhor desenvolvimento inicial e melhorias no processo germinativo (BARROS et al., 2005). Além disso, torna-se um “protetor” das sementes durante o período de armazenamento, em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa do ar.

De acordo com Pereira et al. (2007), os polímeros não afetam a qualidade fisiológica das sementes e promovem melhor aderência dos defensivos agrícolas, sem alterar os efeitos dos mesmos.

#### a) Lote de maior qualidade



#### b) Lote de menor qualidade

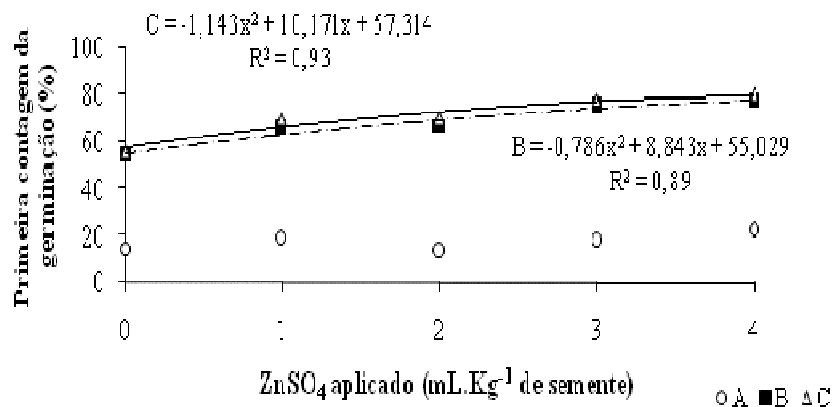


Figura 3 – Primeira contagem da germinação de sementes de trigo, lote maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.

De acordo com os resultados obtidos (Figuras 4 e 5), constatou-se que houve efeito significativo das doses de sulfato de zinco para as variáveis comprimento da parte aérea e comprimento da raiz, exceto para os dados iniciais de avaliação.

Para o comprimento da parte aérea (Figura 4), nos períodos de três e seis meses de armazenamento, as doses de sulfato de zinco apresentaram respostas diferenciadas. Para o lote de maior qualidade de sementes de trigo (Figura 4a), as maiores médias foram obtidas com a dose de 3 mL de  $ZnSO_4$ , as quais foram superiores a dose de 4 mL e à dose zero. Por sua vez, o aumento no comprimento da parte aérea de plântulas foi de 1,6% para a dose de 1 mL de  $ZnSO_4$ , 32,8% para a dose de 2 mL de  $ZnSO_4$ , 47,5% para a dose de 3 mL de  $ZnSO_4$  e 17,6% para a dose de 4 mL de  $ZnSO_4$  comparados a dose zero. O aumento representativo do comprimento da parte aérea na dose de 3 mL de  $ZnSO_4$  também ocorreu no armazenamento de seis meses, representando 30% a mais comparativamente à testemunha.

Para as plântulas oriundas do lote de menor qualidade em relação ao comprimento da parte aérea nos períodos de três e seis meses de armazenamento (Figura 4b), também ocorreu crescimento expressivo com o aumento das doses de sulfato de zinco. O aumento no comprimento da parte aérea de plântulas foi de 9,8% para a dose de 1 mL de  $ZnSO_4$ , 52,5% para a dose de 2 mL de  $ZnSO_4$ , 75,4% na dose de 3 mL de  $ZnSO_4$  e 77,1% na dose de 4 mL de  $ZnSO_4$  comparativamente a testemunha no armazenamento de três meses. Esse aumento gradativo do comprimento da parte aérea, ao seu relacionado a maiores doses de sulfato de zinco, também foi verificado no período de seis meses de armazenamento. Em trabalho com sementes de arroz irrigado, Ohse et al. (1999) obtiveram aumento de 6,2% na parte aérea, ao utilizarem solução concentrada de zinco ( $0,150\text{mg.L}^{-1}$ ), aplicada no substrato.

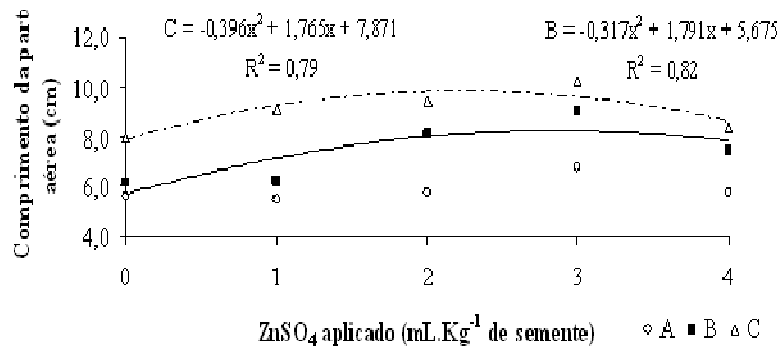
Para o comprimento de raiz (Figura 5), as avaliações iniciais não apresentaram diferença entre as doses testadas para os dois lotes analisados, possivelmente, pela mesma razão de não ter aumentado o comprimento da parte aérea. Para os dois lotes analisados, o comprimento da raiz foi similar ao comprimento da parte aérea nos períodos de armazenamento. Na Figura 5a, as plântulas do lote de maior qualidade apresentaram o sistema radicular mais desenvolvido com a dose de 3 mL de  $ZnSO_4$ , apresentaram aumento de 20% no armazenamento de três meses e de 49,5% do período de seis meses em relação à dose zero. No entanto, na Figura 5b (lote de menor qualidade) verificou-se que ocorreu aumento progressivo com o aumento das doses de sulfato de zinco no processo de recobrimento com o micronutriente, ou seja, a dose de 4 mL de  $ZnSO_4$  obteve um aumento de 57,5% no armazenamento de três meses e de 75,3% no de seis meses relativamente à dose zero.

Comparando tratamentos com os micronutrientes zinco, boro e cobre, Ohse et al. (2000) concluíram que os maiores comprimentos da parte aérea e da raiz de plântulas de arroz irrigado foram obtidos com zinco, sendo, o comprimento da parte aérea foi elevado em 9,3% e o da raiz, em 5,1%. Para Oliveira et al. (2003), também houve resposta significativa de duas cultivares de arroz, às doses de zinco. Barbosa Filho et al. (1994) e Leão (1990). Estudando os efeitos da aplicação de zinco nas sementes, concluíram que a altura de plântulas foi significativamente maior com o fornecimento de zinco através do tratamento das sementes.

O zinco é considerado como um elemento acelerador do crescimento da radícula em estudos envolvendo sementes de arroz (OHSE et al., 2000), milho (ROSELEM e FRANCO, 2000), sorgo (YAGI et al., 2006), feijão (MARTINEZ et al., 2005) e trigo (PRADO et al., 2007). No entanto, na pesquisa de Fungueto et al. (2010), não ocorreu diferença no desenvolvimento da parte aérea com a utilização de diferentes doses de zinco, porém, houve redução no sistema radicular à medida que aumentava à dose do micronutriente.

Tais respostas podem estar relacionadas à diferença na eficiência de utilização de nutrientes pelos lotes (alta e baixa qualidade) conforme sugerido por Oliveira et al. (2003).

#### a) Lote de maior qualidade



#### b) Lote de menor qualidade

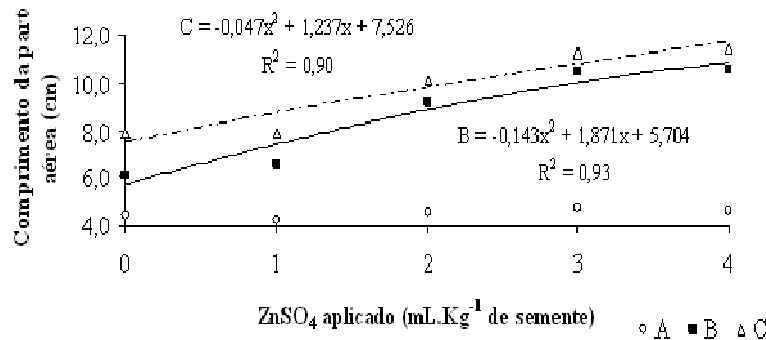
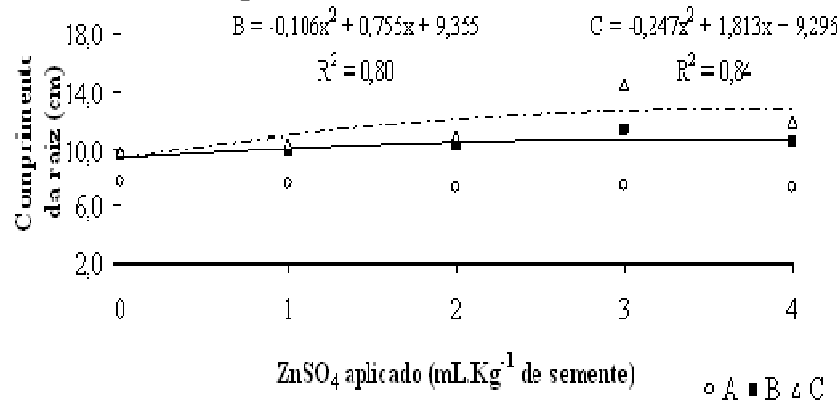


Figura 4 – Comprimento da parte aérea de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água. $kg^{-1}$  de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.

a) Lote de maior qualidade



b) Lote de menor qualidade

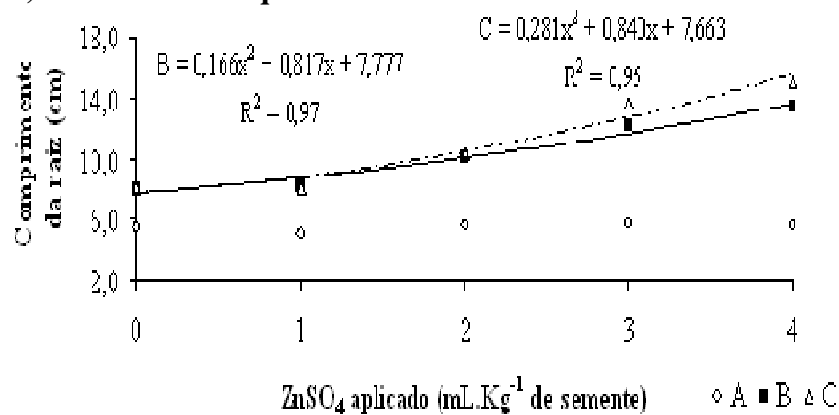


Figura 5 – Comprimento da raiz de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.

A produção de massa seca da parte aérea e da raiz está representada nas Figuras 6 e 7. Observou-se que a maior produção de massa seca, da parte aérea e da raiz, está associada às respectivas variáveis de comprimento. Assim, o lote de maior qualidade apresentou maior produção de massa seca da parte aérea, na dose de 3 mL de  $ZnSO_4$  em relação às demais doses analisadas, em comparação à dose zero, nos dados iniciais de avaliação e no período de seis meses de armazenamento (Figura 6a). No entanto, as plântulas do lote de menor qualidade, à medida que se aumentou a dose de sulfato de zinco nas sementes, aumentou, de forma linear, a produção de massa seca da parte aérea (Figura 6b). Na cultura do arroz, Fageria e Baligar (2005), constataram influência significativa dos níveis de Zn e genótipos sobre a massa seca da parte aérea. Contrastando as observações destes autores, Leal et al. (2007) relataram que não houve diferença significativa das doses de Zn sobre a massa seca da parte aérea de plântulas de milho.

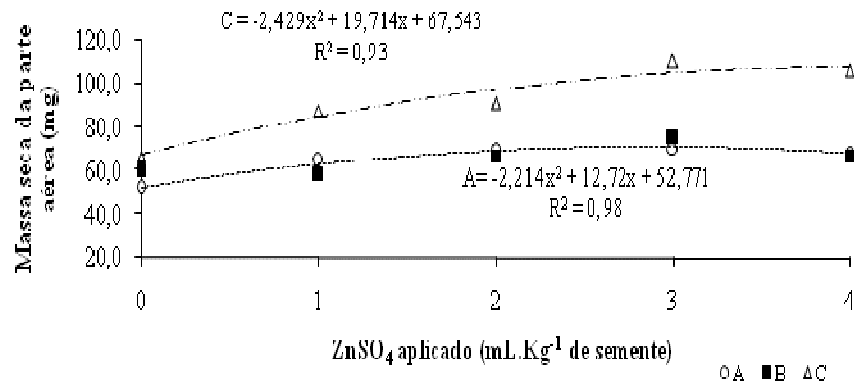
A massa seca da raiz (Figura 7a), durante todo o armazenamento apresentou maior valor na dose de 3 mL de  $ZnSO_4$ . No período de seis meses de armazenamento, essa variável teve aumento de 55,6% na dose de 3mL de  $ZnSO_4$ , em relação à dose zero. A menor produção de massa seca da raiz de trigo, no tratamento que recebeu a dose de 4mL de  $ZnSO_4$  nas sementes, pode ser atribuída à possível toxicidade de zinco, que se caracteriza por uma inibição do alongamento radicular e, conseqüentemente, menor produção de massa seca em sementes de arroz (FUNGUETO et al., 2010).

Para o lote de menor qualidade (Figura 7b), ocorreu um aumento linear na massa seca das raízes para todos os períodos de armazenamento. No período de seis meses de armazenamento, a maior produção de matéria seca do sistema radicular, em comparação à dose zero, foi de 23,94% na dose de 4 mL de  $ZnSO_4$ . Acredita-se que, no caso de se usar sementes de menor qualidade, o efeito do zinco possa ser melhor evidenciado com doses mais elevadas, pois o processo de absorção pelas raízes é mais lento e, dessa forma, necessita o contato com o produto em maior quantidade e um período de tempo mais elevado, como ocorreu nesta pesquisa.

Segundo Fungueto et al. (2010), esta resposta positiva no aumento da massa seca se deve ao fato do micronutriente zinco ter um importante papel como promotor do crescimento, estando envolvido em diversas rotas metabólicas responsáveis pelo crescimento das plântulas, provocando um acréscimo na área fotossintetizante ativa, proporcionando um aumento na biomassa seca de plântulas.



a) Lote de maior qualidade



b) Lote de menor qualidade

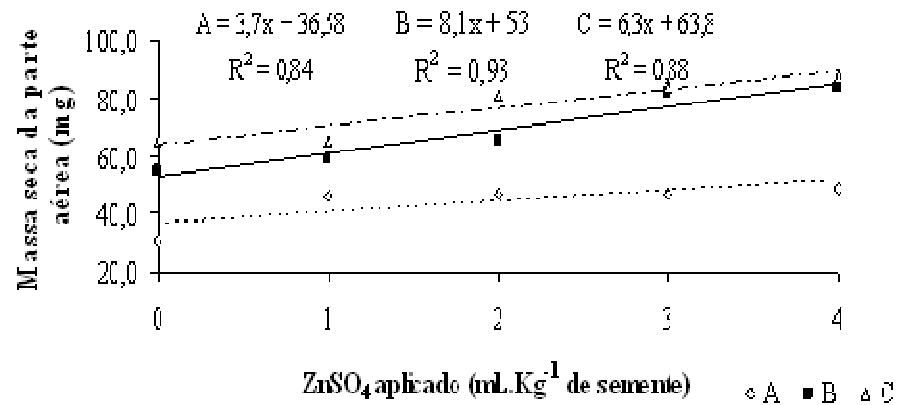


Figura 6 – Massa seca da parte aérea de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011.

\* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.

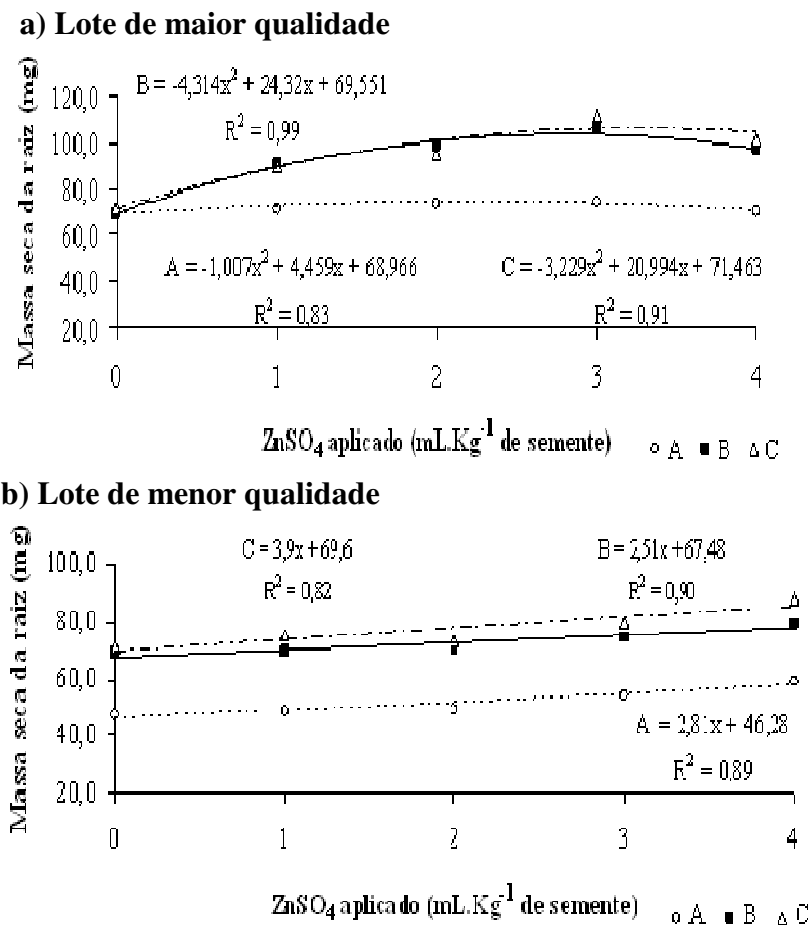


Figura 7 – Massa seca da raiz de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $\text{ZnSO}_4$  + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água. $\text{kg}^{-1}$  de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.

Nas Figuras 8 e 9 estão apresentados os dados de emergência de plântulas aos 15 dias após a semeadura e índice de velocidade de emergência. Para a emergência (Figura 8a), nos dados iniciais e no período de três meses de armazenamento, para o lote maior qualidade, obteve-se melhor desempenho das sementes recobertas com a dose de 3 mL de  $\text{ZnSO}_4$ . O lote de menor qualidade obteve aumento gradativo na porcentagem de plântulas emergidas, ao longo do período de armazenamento e, a dose de 4mL de  $\text{ZnSO}_4$ , foi a que apresentou resultados mais expressivo. Segundo Albuquerque et al. (2010), o zinco aplicado nas sementes pode ser integralmente absorvido pelas plântulas, especialmente em cultivo em areia que não apresenta perdas do nutriente.

Para o índice de velocidade de emergência (Figura 9a), apenas nos dados iniciais as sementes do lote de maior qualidade não apresentaram diferença entre as doses testadas de sulfato de zinco e a dose zero. Porém, para as sementes do lote de menor qualidade, foi

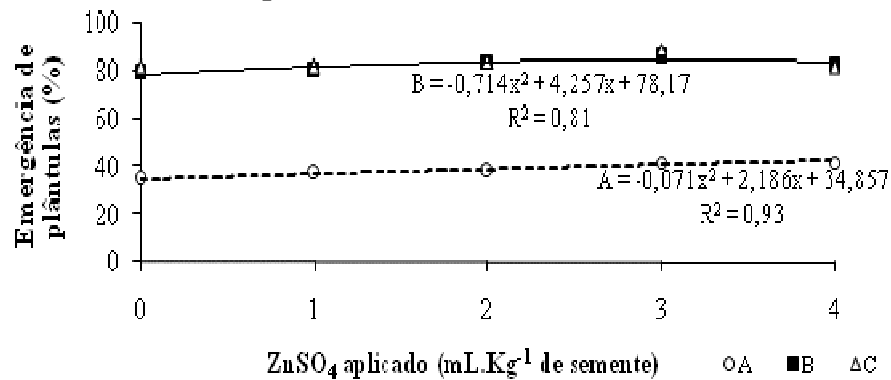
verificada variação durante todo o processo de armazenamento (Figura 9b). O mesmo foi verificado por Zorato e Henning (1999), em sementes de soja tratadas com zinco e fungicida, para as quais ocorreu efeito positivo do tratamento sobre a qualidade das sementes, durante e no final do período de armazenamento.

De forma geral, pode-se inferir que a aplicação de zinco nas sementes influenciou a emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência do trigo. Além disso, a diferença encontrada ao comparar à dose zero e as demais doses explicada pelo fato das primeiras raízes das sementes, enriquecidas com zinco, estarem em contato direto com o nutriente (PRADO et al., 2007), melhorando a germinação e o vigor (RIBEIRO e SANTOS, 1996). Aumento do desempenho inicial de plântulas de trigo após o tratamento de sementes com  $ZnSO_4$ , também foi verificado por Prado et al. (2007).

Também foi verificado, para as duas variáveis (EP e IVE), que a dose de 3 mL de  $ZnSO_4$  foi a que teve maior resposta à aplicação de zinco, via sementes, para o lote de menor qualidade. O zinco, apesar de ser um micronutriente essencial, pode afetar o crescimento e metabolismo normal de espécies vegetais, presente em níveis excedentes no ambiente, causando um efeito fitotóxico (ALBUQUERQUE et al., 2010). O mesmo foi constatado para as sementes do lote de menor qualidade, as quais apresentaram resultados mais expressivos na dose de 4 mL de  $ZnSO_4$ . Assim, esses teores de Zn não foram suficientes para provocar prejuízo no crescimento das plântulas ou sintomas de toxicidade. Conforme Ribeiro et al. (1996), o aumento do teor de  $ZnSO_4$  nas sementes em cerca de 18 vezes, não foi tóxico para sementes de milho, possibilitando maior fornecimento de Zn para o início do crescimento das plântulas.

Acredita-se que, no caso de se usar sementes de menor qualidade, o efeito positivo do zinco possa ser melhor evidenciado, como constatou Dalmolin (1992). No entanto, pequenos aumentos na germinação e no vigor, ao usar sementes de boa qualidade, poderão se refletir em maior velocidade de emergência, em planta mais vigorosa, maior população e maior homogeneidade de plantas no campo, podendo, com isso, aumentar a produtividade e a qualidade de grãos e sementes.

a) Lote de maior qualidade



b) Lote de menor qualidade

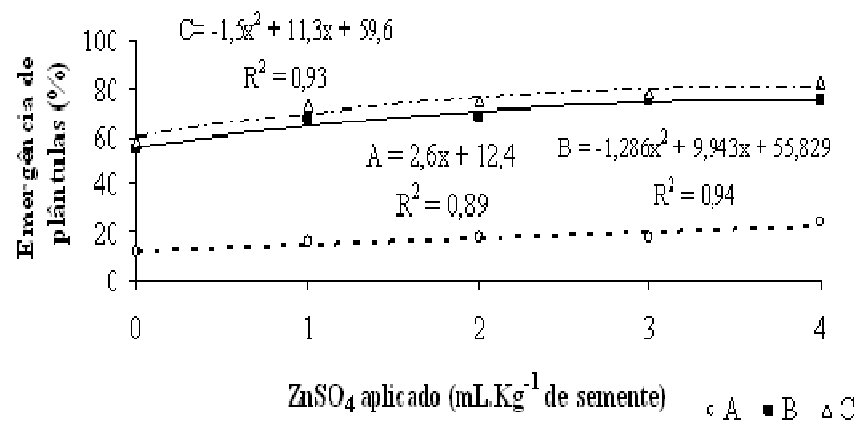
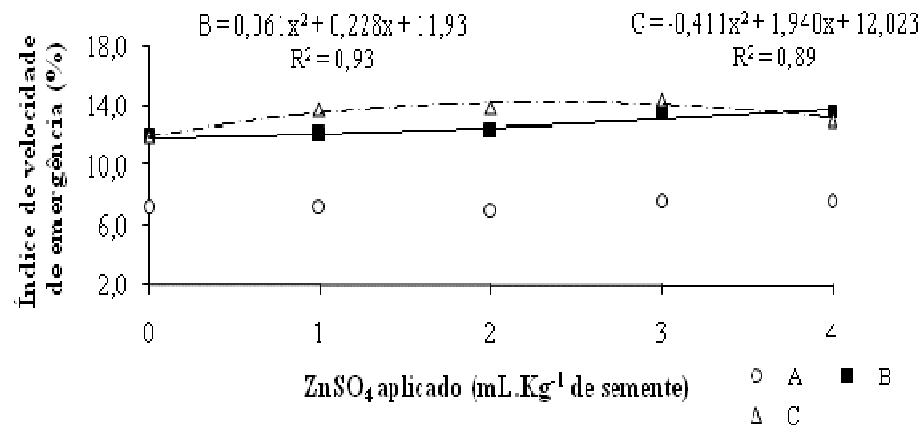


Figura 8 – Emergência de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.

a) Lote de maior qualidade



b) Lote de menor qualidade

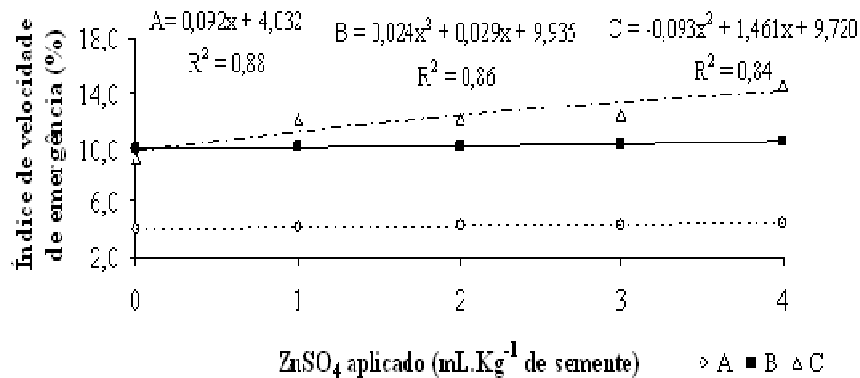


Figura 9 – Índice de velocidade de emergência de plântulas de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.

A avaliação do teste de tetrazólio foi realizada, de acordo com a comparação visual na figura 10.

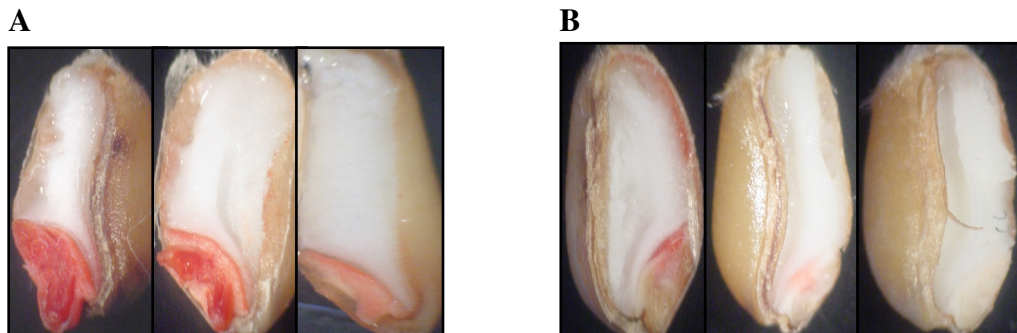


Figura 10 - Teste de tetrazólio em trigo: sementes viáveis (A) e não viáveis (B). UFSM, Santa Maria, RS, 2011.

No teste de tetrazólio (Tabela 3), os dois lotes de sementes de trigo analisadas não apresentaram diferença significativa entre as doses testadas de  $ZnSO_4$ , durante todo o período armazenamento, em ambiente com condições não controladas de temperatura e umidade relativa do ar.

Tabela 3 – Teste de tetrazólio em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + 3,0 mL de fungicida (carboxim + thiram) + 0,8 mL de polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011.

Doses de $ZnSO_4$ (mL)	Lotes	Tetrazólio (dados iniciais)	Tetrazólio	Tetrazólio
			armazenamento 3 meses	armazenamento 6 meses
% de sementes viáveis				
0	Maior qualidade	90	90	91
1		91	91	92
2		91	91	93
3		90	90	92
4		93	91	94
Teste F		0,55 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>
0	Menor qualidade	82	82	83
1		82	82	84
2		83	83	83
3		84	84	84
4		82	83	85
Teste F		1,03 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>

\* e<sup>ns</sup> – significativo a 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste F, respectivamente.

### 2.5.2 Atributos enzimáticos

O estudo dos processos enzimáticos é uma das formas de se avaliar a qualidade das sementes. Os marcadores isoenzimáticos têm sido empregados em estudos de viabilidade, pois são eficientes para o conhecimento de eventos importantes do tempo de vida, das mudanças deteriorativas e da morte das sementes.

A partir da análise dos quatro sistemas enzimáticos utilizados, foi possível verificar que houve variação significativa na intensidade da expressão isoenzimática, conforme as doses de sulfato de zinco aplicadas às sementes e durante o armazenamento (Figuras 11 a 14). Os padrões dos quatro sistemas isoenzimáticos analisados apresentaram variações na expressão, em função disso, cada sistema foi abordado e analisado individualmente.

Ao se observar o padrão da enzima esterase (EST) nas sementes, durante o armazenamento, nota-se que não houve variação de sua expressão nas doses testadas de

sulfato de zinco nas sementes, em ambos os lotes (Figuras 11Aa, Ba, Ca, Ab, Bb e Cb). No entanto, para as plântulas, essa enzima apresentou bandas mais intensas na dose de 4 mL de  $ZnSO_4$  no tratamento de sementes de trigo, no período de três e seis meses de armazenamento para o lote de maior qualidade (Figuras 11Ba e Ca). Estes resultados concordam com os encontrados por Diniz et al. (2009), que verificaram aumento da intensidade das bandas em sementes de alface revestidas com zinco ao longo do armazenamento e por Tunes et al. (2009), que analisaram o avanço na expressão de bandas desta enzima, em sementes de cevada durante o armazenamento por seis meses.

Para o lote de sementes de menor qualidade, a intensidade das bandas oriundas das plântulas foi diminuindo à medida que aumenta a concentração do micronutriente zinco (Figuras 11Bb e Cb). Em sementes de tomate, aumento na sua atividade pode significar redução de qualidade, pois, segundo Santos et al. (2004), a esterase é uma enzima envolvida em reações de hidrólise de ésteres, estando diretamente ligada ao metabolismo de lipídios e ao processo degenerativo de membranas.

Segundo Vieira et al. (2006), as esterases possuem funções específicas no metabolismo de lipídios e podem ser usadas como marcadores do processo de deterioração das sementes. Desse modo, assume importância o uso de marcadores moleculares para avaliação da qualidade das sementes. O mesmo foi verificado por Silva et al. (2008) em plântulas de milho tratadas com zinco. O zinco auxilia na síntese de substâncias que atuam no crescimento e nos sistemas enzimáticos, sendo essencial para a ativação de certas reações metabólicas. Na presença do zinco, a enzima esterase catalisa a síntese de lipídios, substância de reserva das sementes (FAVARIN e MARINI, 2000).

A esterase é uma enzima responsável pelo metabolismo de lipídios de membrana durante a germinação da semente; assim, por esses resultados, observa-se que houve efeito positivo do produto aplicado.

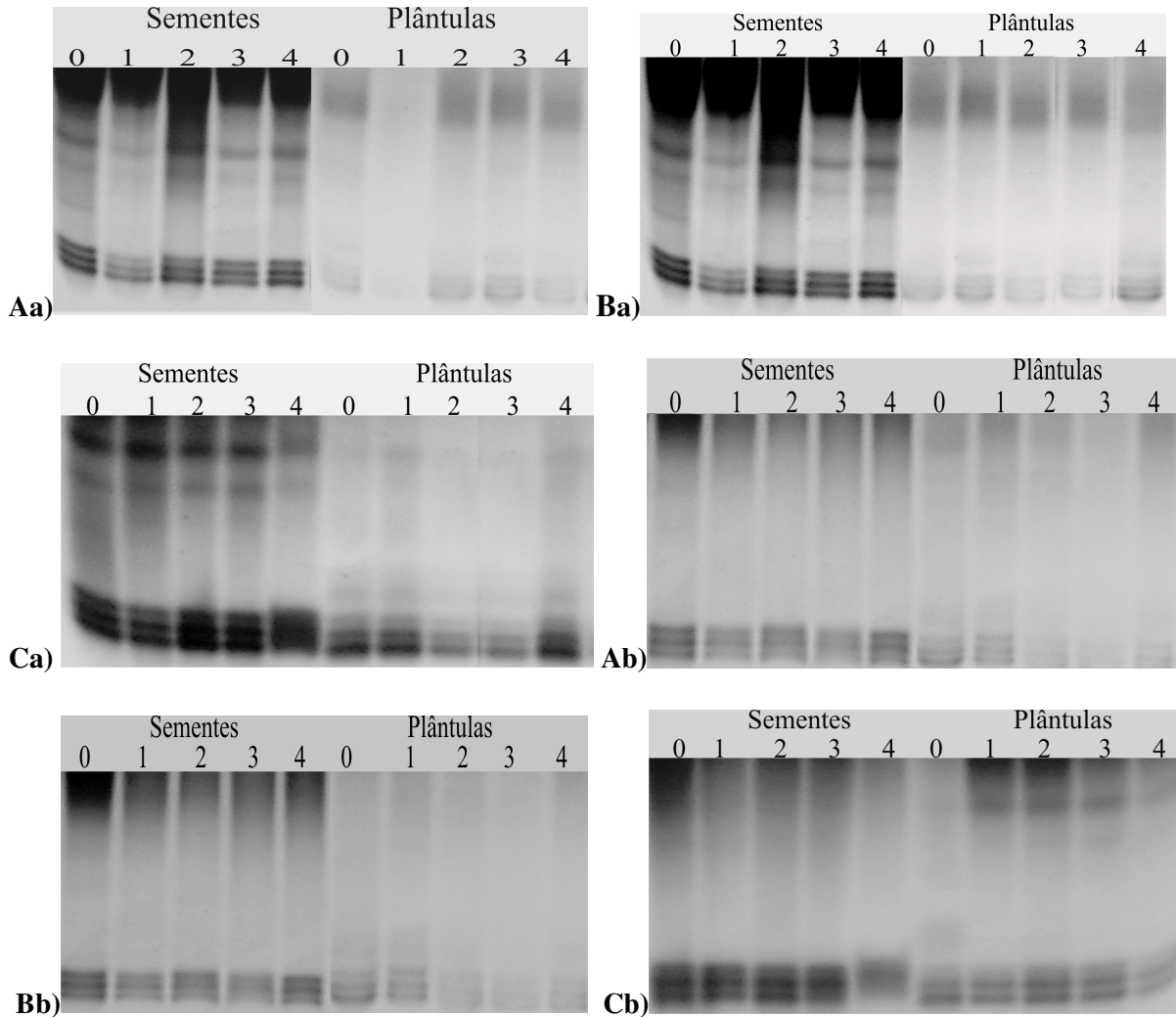


Figura 11 – Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático esterase (EST) em lotes de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.  $kg^{-1}$  de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento. a) lote de maior qualidade; b) lote de menor qualidade.

Analisando os géis do sistema glutamato oxalacetato transaminase (GOT), foi observada variação da intensidade de bandas nos dados iniciais de avaliação das sementes do lote de maior qualidade (Figura 12Aa). Para as sementes do lote de menor qualidade, ocorreu intensidade da primeira banda (dose zero), ao longo do período de armazenamento, comparativamente as diferentes doses de sulfato de zinco aplicado às sementes de trigo (Figuras 12Ab, Bb e Cb).

Para as plântulas do lote de maior qualidade, foi verificada uma maior expressão da GOT à medida que aumenta a concentração de zinco e durante o armazenamento (Figuras 12Aa, Ba e Ca). Também, as plântulas do lote de menor qualidade apresentaram uma maior



intensidade das bandas na dose mais elevada de ZnSO<sub>4</sub> nos dados iniciais de avaliação e após seis meses de armazenamento (Figuras 12Bb e Cb). No período de três meses de armazenamento não se observou variação visual da expressão dessa enzima (Figura 12 Bb) .

Esta enzima é responsável pela oxidação de aminoácidos, fornecendo energia para o ciclo de Krebs ou redução do  $\alpha$ -cetogluturato para a síntese de novos aminoácidos, como fonte de energia ao embrião em desenvolvimento. Chauhan et al. (1985) e Tunes et al. (2010) constataram incremento de bandas para a enzima GOT com a deterioração das sementes. Segundo os autores, essas mudanças na expressão das bandas são devidas ao aumento na atividade metabólica com o processo deteriorativo.

De acordo com Brandão Junior et al. (1999), essa enzima participa no processo de degradação e síntese de aminoácidos apresentando importante papel na germinação de sementes, o que vem confirmar os resultados obtidos neste trabalho. Em função de esta enzima estar diretamente envolvida no metabolismo do nitrogênio, é possível que variações ocorram à medida que a síntese e degradação de aminoácidos, durante o processo de germinação e armazenamento. A enzima GOT tem uma participação fundamental no metabolismo protéico, não somente durante a germinação, mas, durante todo o ciclo de vida da planta.

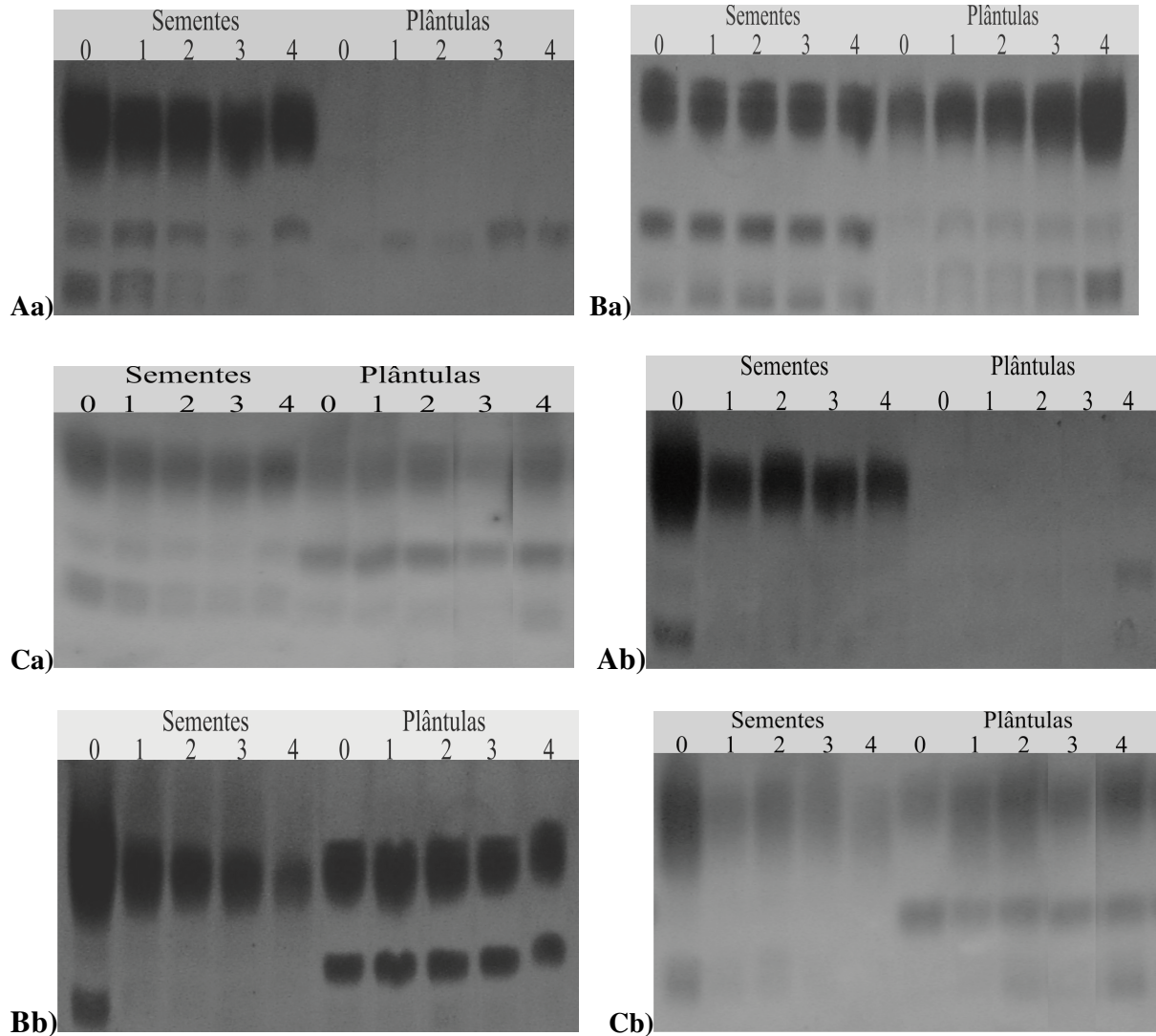


Figura 12 – Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático glutamato oxalacetato desidrogenase (GOT) em lotes de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento. a) lote de maior qualidade; b) lote de menor qualidade.

A expressão da enzima glutamato desidrogenase (GTDH), nos diferentes tratamentos com  $ZnSO_4$  e durante o armazenamento, pode ser observada na Figura 13. Foram detectadas bandas de GTDH, nas sementes do lote de maior qualidade, em todos os tratamentos. No entanto, foi observada maior intensidade nas sementes submetidas à dose zero, em todo o período de armazenamento (Figuras 13Aa, 13Ba e 13Ca). Segundo Santos et al. (2004), essa maior expressão demonstra que a atividade respiratória das sementes de trigo, sem recobrimento com  $ZnSO_4$ , estava mais elevada, caracterizando um processo deteriorativo mais avançado. Para as plântulas, não foi verificada variação na intensidade da enzima em todos os tratamentos e também durante o armazenamento (Figuras 13Aa, 13Ba e 13Ca).

Para as sementes do lote de menor qualidade, não houve variação para os dados iniciais de avaliação (Figura 13Ab). No período de três e seis meses de armazenamento, foi verificado decréscimo na intensidade e número de bandas à medida que aumentou a concentração de zinco nas sementes (Figura 13Bb e Cb). Para as plântulas, não foi verificada variação na intensidade da enzima em todos os tratamentos e também durante o armazenamento (Figuras 13Ab, Bb e Cb).

Esta enzima atua na oxidação de aminoácidos (proteínas de reserva), fornecendo energia para as células (ciclo de Krebs) e/ou na redução do  $\alpha$ -cetoglutarato para síntese de aminoácidos, e provavelmente desempenha importante papel na germinação de sementes, fornecendo energia para o processo, ou aminoácidos para o desenvolvimento do embrião. Segundo Brandão Junior et al. (1999), esta enzima apresenta uma alta correlação entre redução da atividade e a redução de qualidade fisiológica das sementes, fato que foi detectado na presente pesquisa nas sementes do lote de menor qualidade, as quais apresentaram dados de germinação, primeira contagem da germinação, comprimento e massa seca da raiz e comprimento da parte aérea de plântulas semelhantes.

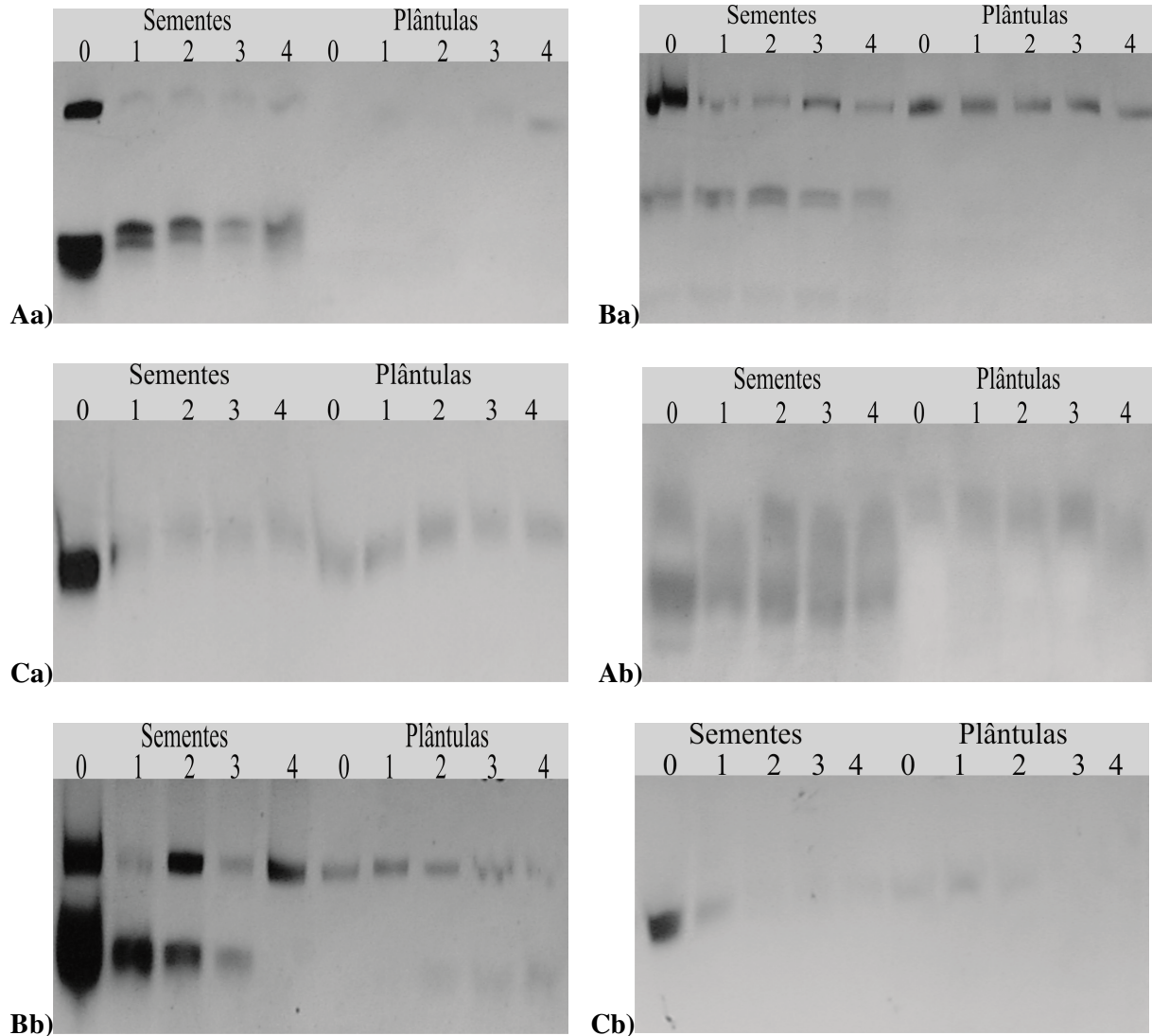


Figura 13 – Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático glutamato desidrogenase (GTDH) em lotes de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento. a) lote de maior qualidade; b) lote de menor qualidade.

Para malato desidrogenase (MDH). Observa-se, pela análise dos padrões enzimáticos de sementes e plântulas de trigo, maior expressão da enzima nas sementes (Figura 14). Assim, nas plântulas, a enzima MDH apresentou-se com menor número e intensidade de bandas, em ambos os lotes, indicando menor atividade respiratória nessa condição. A avaliação nas sementes dos dois lotes de diferentes qualidades, não apresentou variação entre as doses testadas de  $ZnSO_4$  durante todo o período de armazenamento (Figura 14).

Para as plântulas do lote de maior qualidade, obteve-se uma maior expressão das bandas à medida que aumentaram as doses de zinco nas sementes, no período de três e seis

meses de armazenamento (Figuras 14Ba e 14Ca). No lote de menor qualidade, a enzima MDH, nas plântulas, não sofreu alteração na sua intensidade, nos dados iniciais de avaliação e no período de três meses de armazenamento (Figuras 14Ab e 14 Bb). No armazenamento de seis meses, os tratamentos com  $ZnSO_4$  apresentaram intensidade das bandas superior à dose zero (Figura 14Cb). De acordo com Tunes et al. (2011), a maior intensidade pode ter ocorrido devido ao aumento da respiração nas sementes que se encontravam em processo deteriorativo no armazenamento, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar. Assim sendo, que as enzimas envolvidas no processo de respiração podem ser ativadas em sementes de menor qualidade.

A enzima MDH catalisa a conversão de malato a oxaloacetato, tendo importante função de produção de NADH para o Ciclo de Krebs e geração de oxaloacetato, para biossínteses de aminoácidos. Segundo Satters et al. (1994), por se tratar de uma enzima importante durante o processo respiratório celular, o aumento da sua atividade pode ser devido ao aumento da expressão desta enzima, em diferentes compartimentos celulares, ou à indução da atividade da enzima, expressa pela maior intensidade das bandas.

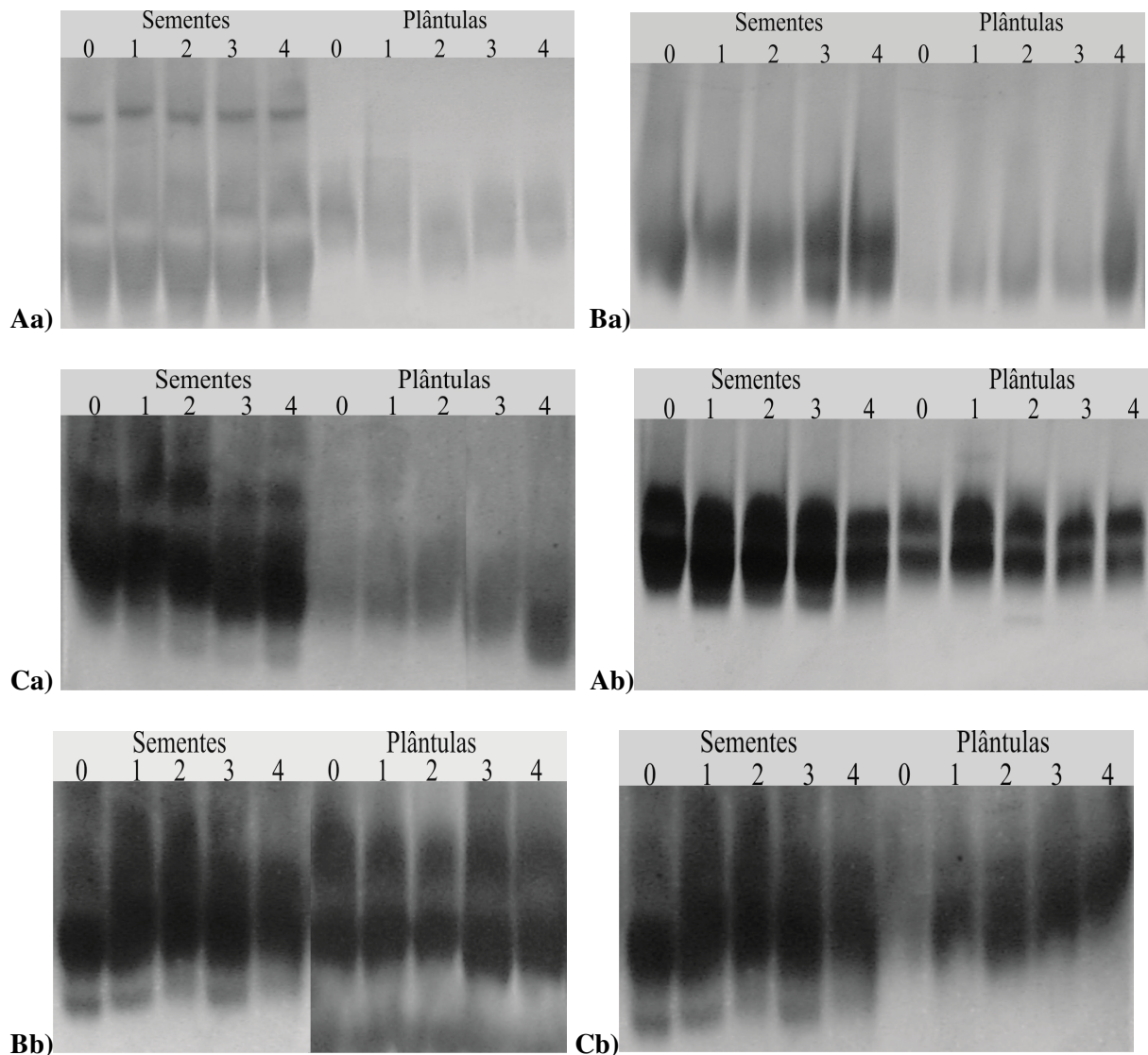


Figura 14 – Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático malato desidrogenase (MDH) em lotes de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento. a) lote de maior qualidade; b) lote de menor qualidade.

Os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que, dependendo do sistema enzimático utilizado, existe diferenciação de proteínas. Em função disso, a análise conjunta de vários sistemas isoenzimáticos é recomendável por permitir verificar modificações que ocorrem no interior das sementes, submetidas a algum tipo de tratamento que influenciam na qualidade. Trabalhos realizados anteriormente também já destacaram a potencialidade de determinados sistemas isoenzimáticos na indicação de controle de qualidade de sementes de algumas espécies, como algodão (VIEIRA, 1996), milho (SPINOLA et al., 2000), feijão

(SANTOS et al., 2004 e 2005), e cevada (TUNES et al., 2010), auxiliando na avaliação do potencial fisiológico das sementes.

Todavia, a ampliação do uso de marcadores bioquímicos para avaliação do potencial fisiológico de sementes, ainda requer estudos adicionais até que seja estabelecido como uma ferramenta em programas de controle de qualidade de sementes.

### 2.5.3 Qualidade sanitária

Entre os fatores que se apresentam limitantes para o cultivo de trigo no Brasil, estão sem dúvidas as doenças. Uma semente de elevada qualidade fisiológica e sanitária é extremamente importante para o estabelecimento e desenvolvimento da cultura no campo. A qualidade sanitária ainda é negligenciada, apesar da transmissão de patógenos, via semente, causar sérios danos à cultura subsequente (FRARE et al., 2002). Assim, a análise de sementes, voltada à qualidade sanitária de uma amostra, representa uma ferramenta de grande importância em certificação de sementes, melhoramento e na diagnose de rotina em laboratórios de análises.

Na Figura 15, estão apresentados os dados referentes à sanidade das sementes durante o período de armazenamento para o lote de maior qualidade. Os fungos detectados nas sementes de trigo, durante os seis meses de armazenamento, foram: *Fusarium* sp., *Alternaria* sp. e *Penicillium* sp.

Nos dados iniciais, as sementes submetidas à dose zero apresentaram 45% de *Fusarium* sp. Em contraste, à dose de 3 mL de ZnSO<sub>4</sub> (fungicida + polímero e água) foi a que teve menor percentagem de incidência desse patógeno, na qual também se observou maior massa seca das raízes e parte aérea, e também emergência de plântulas, o que sugere interferência do referido fungo no metabolismo das sementes, proporcionando maior alteração na qualidade (Figura 15).

Aos três meses de armazenamento, as sementes não tratadas tiveram uma redução na incidência de *Fusarium* sp. de 66,7% e, apresentaram uma percentagem de incidência de 12% para *Penicillium* sp. e 15% para *Alternaria* sp. No entanto, *Alternaria* sp. se manteve presente em todas as doses, porém, com redução de incidência 46,5% para as doses de 1, 2 e 4 mL de ZnSO<sub>4</sub> e, de 66,7% para a dose de 3 mL de ZnSO<sub>4</sub>. No período de seis meses de armazenamento, não foi detectada diferença entre as diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub>, tanto para os fungos de campo como de armazenamento (Figura 15).

Todos os tratamentos foram eficientes no controle do *Penicillium* sp, *Fusarium* sp. e *Alternaria* sp., sendo possível a eliminação desses fungos nas sementes ao final do armazenamento, mostrando assim, a eficiência do tratamento com zinco + fungicida + polímero e água, além de confirmar que o recobrimento das sementes não afetou a eficiência do tratamento com fungicida. Provavelmente, a adição do polímero tenha promovido um efeito fungitóxico ou a formação de uma barreira mecânica, que pode ter dificultado o desenvolvimento dos fungos e facilitado o contato direto dos produtos (fungicida + zinco) com as sementes. Ao testarem a aplicação de polímeros no tratamento químico de sementes de soja, Reis et al. (2005) verificaram que sua adição permite uma melhor distribuição e aderência dos produtos químicos sobre a semente, o que tornou o tratamento mais eficiente e possibilitou a redução dos patógenos das sementes. No entanto, de acordo com Henning et al. (2003), os polímeros só devem ser empregados em conjunto com fungicidas, já que os mesmos não protegem as sementes no solo, resultando em baixa emergência de plântulas.

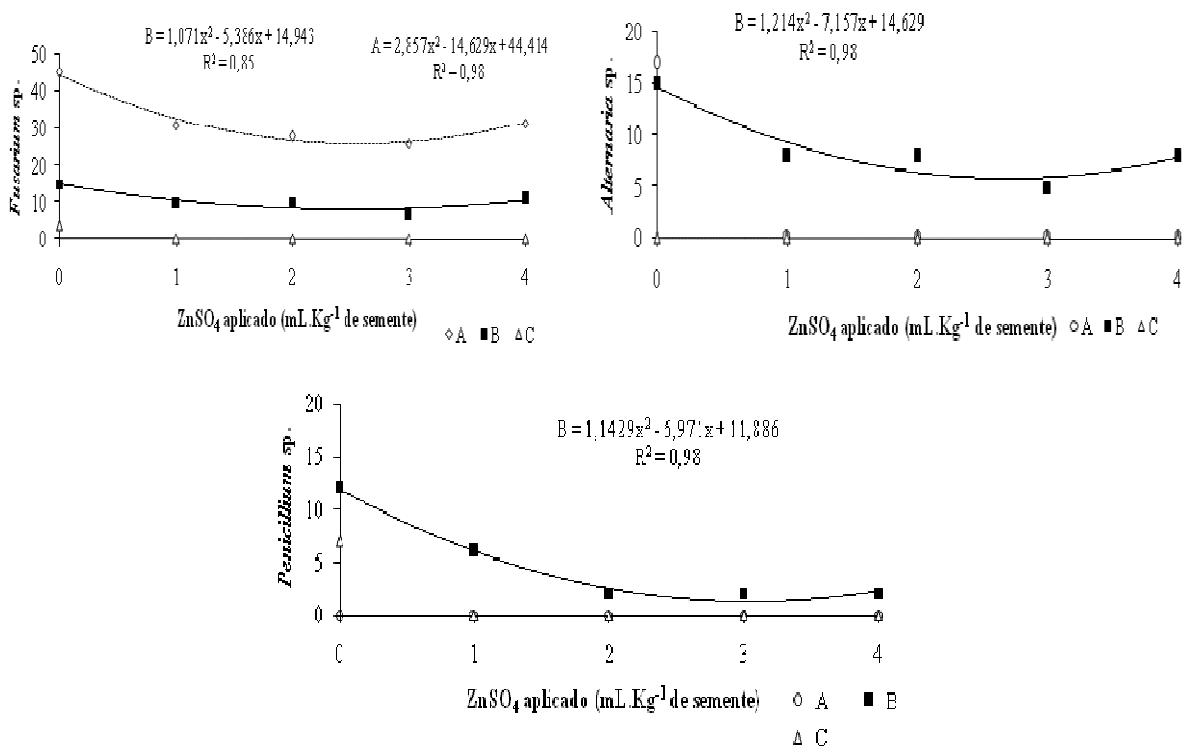


Figura 15 – Teste de sanidade em sementes de trigo, lote de maior qualidade, após recobrimento com diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.



Os fungos detectados nas sementes de trigo, para o lote de menor qualidade, durante os seis meses de armazenamento, foram *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp e *Aspergillus* sp.

Na avaliação inicial das sementes do lote de menor qualidade (Figura 16), vale ressaltar que o número de sementes contaminadas por *Penicillium* sp. (29%) foi superior à incidência pelos fungos (*Aspergillus* sp. (18%) e *Fusarium* sp. (12%)), o que parece ter causado efeito negativo mais intenso sobre o metabolismo das sementes. É frequente encontrar os níveis de incidência verificados na presente pesquisa, em lotes de sementes de trigo comercializadas, na colheita com alta umidade. À medida que aumentaram as doses de ZnSO<sub>4</sub>, diminuí a incidência de todos os fungos citados anteriormente.

No período de três meses de armazenamento, os três fungos já encontrados na análise inicial, permaneceram nas sementes não tratadas, porém, com incidência menor: *Penicillium* sp. (10%) e *Aspergillus* sp. (12%). Neste lote também foi encontrado no período de três meses de armazenamento, *Alternaria* sp., que não tinha sido detectado anteriormente, com incidência de 6% nas sementes não tratadas. *Alternaria* sp. também foi encontrado com incidência de 6% nas doses de 1 e 2 mL, 4% na dose de 3 mL e 2% na dose de 4 mL.

No período de seis meses de armazenamento não foi encontrado diferença na incidência dos fungos *Fusarium* sp, *Alternaria*, *Penicillium* sp. e *Aspergillus* sp. entre as diferentes doses de sulfato de zinco aplicados às sementes de trigo.

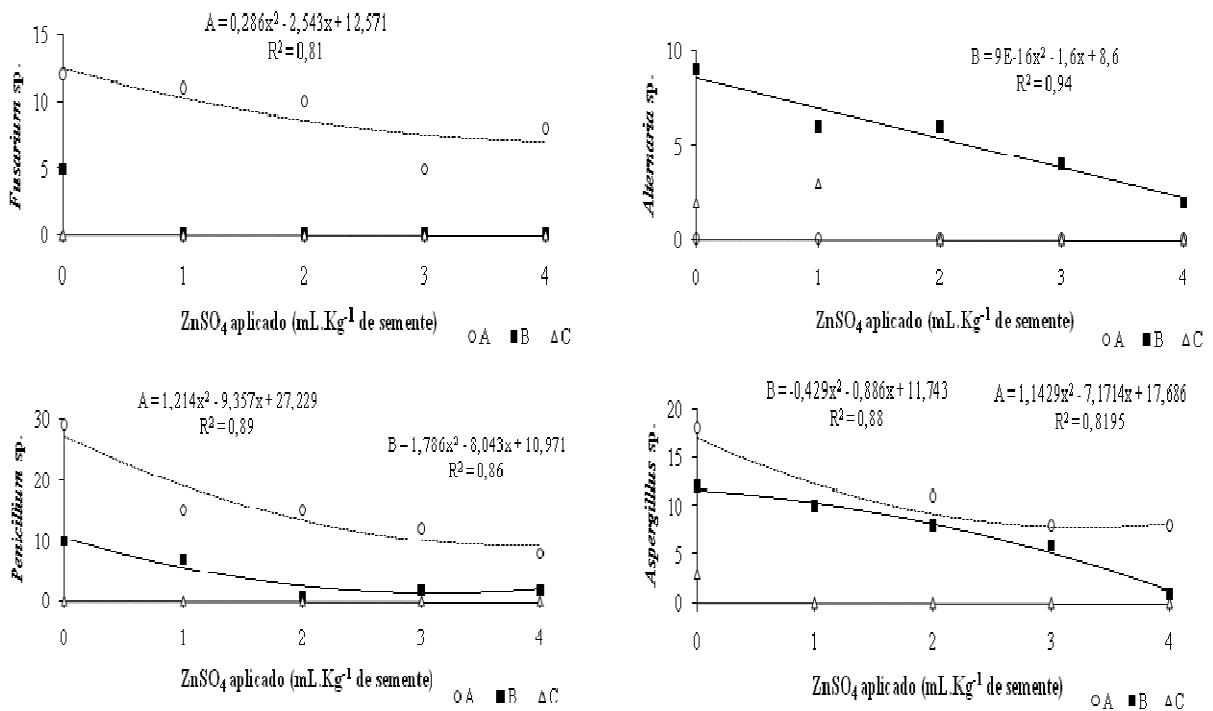


Figura 16 – Teste de sanidade em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após recobrimento com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + fungicida (carboxim + thiram) + polímero + água. $kg^{-1}$  de semente. UFSM, Santa Maria, RS, 2011. \* A) dados iniciais da germinação; B) período de três meses de armazenamento; C) período de seis meses de armazenamento.

Um adequado recobrimento de sementes inclui a seleção do polímero apropriado, da formulação, da intensidade de mistura apropriada e de um adequado balanceamento entre as partes do sistema: qualidade das sementes, combinação de agroquímicos, método de trabalho, tempo de secagem e duração do produto. Fato esse, que ocorreu na presente pesquisa, na qual, no final do período de armazenamento obteve-se redução de todos os patógenos.

A nutrição mineral, como fator ambiental, pode ser manipulada com relativa facilidade para o controle de doenças. Entretanto, é necessário um conhecimento detalhado de como os nutrientes minerais aumentam ou diminuem a resistência das plantas (MARSCHNER, 1995). Segundo Ribeiro et al. (1994), o incremento da expressão da germinação de sementes de trigo, pode ser decorrente de melhorias na sanidade, em respostas ao tratamento de sementes com fonte de zinco. No entanto, Lima et al. (2010) não observaram diferenças com adição de diferentes doses de zinco para a redução de patógenos na cultura da soja.

Níveis baixos de zinco na semente resultam na impossibilidade de os tecidos crescerem normalmente, as folhas podem se tornar tortas e necróticas, o florescimento e o enchimento dos grãos podem ser muito reduzidos. Essa deficiência também pode ser

detectada em nível celular, por meio da malformação de organelas como cloroplastos e mitocôndrias e ocasionar ainda problemas na divisão celular e raízes retorcidas com pontas alargadas (MALAVOLTA, 2006) e, conseqüentemente, tornar-se suscetível a patógenos.

A redução de patógenos nas sementes, devido ao efeito do zinco, é resultado, geralmente, da influência de formas específicas desse nutriente em diferentes rotas metabólicas, alterando assim os constituintes da planta.

## 2.6 CONCLUSÕES

Doses de 3 mL a 4 mL de ZnSO<sub>4</sub> auxiliam na máxima expressão da qualidade fisiológica das sementes de trigo.

O recobrimento das sementes de trigo com sulfato de zinco é eficiente durante o período de seis meses de armazenamento.

Há variações no padrão de expressão das enzimas esterase, glutamato oxalacetato transaminase e glutamato desidrogenase entre as sementes e as plântulas de trigo, nas diferentes doses de sulfato de zinco durante o armazenamento.

No recobrimento de sementes, doses mais elevadas de zinco, promovem menor redução na viabilidade das sementes de trigo.

O micronutriente zinco, associado com fungicida e polímero, resulta em menor incidência de fungos nas sementes ao longo do período de armazenamento.

## 2.7 REFERÊNCIAS

AGRINOVA. Grãos e Fibras: Recorde a caminho. **Revista Agrinova**, n.1, p.42- 51. 2000.

ALBUQUERQUE, K.A.D. et al. Armazenamento e qualidade de sementes de tomate enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. **Ciência agrotecnologia**, v.34, n.1, p.20-28, 2010.

ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 574p.

ALVES, M. C. S. et al. Germinação e vigor de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) peliculizadas e tratadas com fungicida. In: XIII Congresso Brasileiro de Sementes. **Informativo ABRATES**, Gramado, v. 13, n. 3. p. 219, 2003.

AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed Vigour Testing Handbook**. 1983. 93p.

- ARSEGO, O. et al. Recobrimento de sementes de arroz irrigado com ácido giberélico, fungicidas e polímeros. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 201-206, 2006.
- BALDIGAR, V.C.; FAGEIRA, N.K.; HE, Z.L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.32, p. 921-950, 2001.
- BARBOSA FILHO, M. P.; DYNIA, J. F.; FAGERIA, N. K. **Zinco e ferro na cultura do arroz**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994, 71p.
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. St Paul, Minnesota: APS Press, 1998. 218p.
- BARROS, R.G.; BARRIGOSI, J.A.; COSTA, J.L.S. Efeito do armazenamento na compatibilidade de fungicidas e inseticidas, associados ou não a um polímero no tratamento de sementes de feijão. **Bragantia**, v. 64, n.3, p. 459-465, 2005.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994, 2 ed., 445p.
- BRANDÃO-JUNIOR, D.S. et al. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, p. 114-121, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2005. **Produção e comércio de sementes**. Anexo VII (Instrução Normativa, Nº 25 de 16/12/2005).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.
- CARRARO, D.M. **Variação e herança dos padrões eletroforéticos em órgãos e estágios de desenvolvimento em milho (*Zea mays* L.)**. 1990. 121f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 1990.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 4. ed., 2000, 588p.
- CASTELLANI, E.E. et al. Influência do tratamento químico na população de fungos e na germinação de sementes de *Bauhinia variegata* L. var. variegata. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.1, p.41- 44, 1996.
- CATELLANI, E. D. et al. Influência do tratamento químico de fungos e na germinação de sementes de *Bauhinia variegata* L. var. Variegata. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18,n.1, p.41-44. 1996.
- CHAUHAN, K.P.S.; GOPINATHAN, M.C.; BABU, C.R. Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality. **Seed Science and Technology**, v.13, p. 629-41, 1985.
- CONAB. **Central de Informações Agropecuárias: safra de grãos 2010/2011**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra>>. Acesso em 18 de maio de 2011.

- DALMOLIN, R.S.D. **Fontes de zinco aplicadas nas sementes de milho cultivado em solução nutritiva com diferentes doses de zinco**. 1992. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 1992.
- DELOUCHE, J. C.; Os três componentes do desempenho das sementes. **Revista Seed News**, v.8, n.5, p. 46, 2004.
- DHINGRA, O. D. Prejuízos causados por microorganismos durante o armazenamento de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 7, n.1, p.139-145, 1985.
- DINIZ, K.A. et al. Qualidade de sementes de alface enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n. 1, p. 228-238, 2009.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas**. Traduzido por Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2006. 86 p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Growth components and zinc recovery efficiency of upland rice genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.12, p.1211- 1215, 2005.
- FAVARIN, J.L.; MARINI, J.P. **Importância dos micronutrientes para a produção de grãos**. In: Sociedade Nacional da Agricultura, 2000.
- FERREIRA, D.F. 2000. **Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0**. (ed.) Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45., São Carlos. Anais. São Carlos: UFSCAR. 225-258p.
- FORCELINI, C.A. Tratamento de sementes de trigo no Brasil. In: MENTEN, J.O. M. (ed.). **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. São Paulo, Ciba Agro, 1995, p.247-264.
- FONSECA, I.M. et al. Fontes e doses de zinco aplicado em sementes na produção de matéria seca de arroz cultivar BRS-Soberana. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Florianópolis, 2008. **Anais...** 12p. 2008.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: Funep, 1993. v. 1, 221 p.
- FUNGUETO, C.I. **Recobrimento de sementes de arroz irrigado com zinco**. 2006. 35f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. 2006.
- FUNGUETO, C.I.; PINTO, J.F.; BAUDET, L.; PESKE, S.T. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 117-123, 2010.
- GARCIA JUNIOR, D. **Fusarium graminearum em sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.): detecção, efeitos e controle**. 2006. 78f. Teses (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, SP. 2006.

GERMANI, R.; WATANABE, E.; CARVALHO, J. L. V de; BENASSI, V. de T. **Curso de controle de qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo**. Rio de Janeiro: CTAA/EMBRAPA, 1998. 66p.

GOMES, J. P. **Comportamento da germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo em diferentes tipos de embalagem e condições de conservação durante a sua armazenagem**. 1992. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, 1992.

GOULART, A. C. P.; MELO FILHO, G. A. Tratamento de Sementes – Vale a pena tratar? **Revista Cultivar**, v.4, n. 44, p. 11-13, 2002.

GOULART, A.C.P., PAIVA, F.A.; ANDRADE, P.J.M. Qualidade sanitária de sementes de trigo produzidas no Mato grosso do Sul, safras 1987 a 1992. **Summa Phytopathologica**, v. 21, n. 3-4, p. 235-38, 1995.

GUARIENTI, E. **Qualidade industrial de trigo**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1996. 36p.

HENNING, A. **Polymeric coatings to improve the storage life of soybean seeds**. 1990. 96f. (Ph.D. Dissertation) - University of Florida, Gainesville, FL, USA. 1990.

HENNING, A.A. et al. Avaliação de corantes, polímeros, pigmentos e fungicidas para o tratamento de sementes de soja. In: XIII Congresso Brasileiro de Sementes, 2003, Londrina. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 13, n. 3, p. 234, 2003.

ISTA – **International seed testing association**. **Biochemical test for viability: the topographical tetrazolium test**. (ed.) International rules for seed testing. ed. 2008. Bassersdorf, 2008. cap.6, p.6.1-6.30.

LEAL, R. M. L. et al. Efeito da aplicação de zinco em sementes sobre a nutrição e a produção de massa seca de plantas de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29 n. 4, p. 491-496, 2007.

LEÃO, R.M.A. **Efeitos do fósforo e do zinco no comportamento do arroz de sequeiro em Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado**. 1990. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 1990.

LIMA, L. B. et al. Peliculização e tratamento de sementes de algodão. In: XIII Congresso Brasileiro de Sementes. **Informativo ABRATES**, Gramado, v. 13, n. 3. p. 250, 2003.

LIMA, L. B. de **Peliculização e tratamento químico de sementes de algodoeiro**. 2004. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

LIMA, L.M et al. Quantificação da ferrugem asiática e aspectos nutricionais de soja suprida com silício em solução nutritiva. **Summa Phytopathology**, v. 36, n. 1, p. 51-56, 2010.

LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.41-57.

- LOPES, J.C. et al. Associação entre germinação, vigor e sanidade em sementes de milho precoce e normal, produzidos na área experimental do Centro Agropecuário da UFES. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.4, 1991, 55p.
- MACEDO, E.C.; GROTH, D.; SOAVE, J. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.2, p. 454-461, 1998.
- MACHADO, J.C. **Tratamento de semente de feijão**. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 2. Resumos Campinas: Fundação Cargill, 1986. 64p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: ESALQ, 2002. p. 12.
- MARCHESAN, E. et al. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.969-972, 2001.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academy Press, 1995. 887 p.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Translocação e compartimentalização de Zn em função de doses aplicadas em feijoeiro e cafeeiro via radicular. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 491- 497, 2005.
- MERONUCK, R.A. The significance of fungi in cereal grains. **Plant Disease**, v.71, n. 3, p.287-291, 1987.
- McDONALD JR., M.B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v. 27, n.1, p.177-237, 1999.
- MILLS, J. T.; WALLACE, H. A. H. Microflora and condition of cereal seeds after a wet harvest. **Canadian Journal of Plant Science**, v.59, n.3, p.645- 651,1992.
- MIURA, L. Doenças. in: EPAGRI **Arroz irrigado: Sistema pré-germinado**. Florianópolis, Epagri/ GMC, 2002. p. 203-227.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, p. 49-85.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseado do desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C; VIEIRA, R.D; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes**. Conceitos e Teses. Londrina, 1999. p. 2-1/2-24.
- NASSER, L. C. B. Teste de sanidade de sementes de trigo. In: SOAVE, J.; WETZEL, M. M. V. S. **Patologia de sementes**. Campinas, Fundação Cargill, 1987, p.469-480.

- NÓBREGA, F.V.A.; SUASSUNA, N.D. Análise sanitária de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) armazenadas em algumas áreas do estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, 2004.
- OHSE, S. et al. Efeito do tratamento de sementes de arroz irrigado com zinco em relação a aplicação no substrato. **Revista Faculdade Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 5/6, n. 1, p.35-41, 1998/99.
- OHSE, S. et al. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista Faculdade Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 7, n. 1, p.73-79. 2000.
- OLIVEIRA, S. C. et al. Resposta de duas cultivares de arroz a doses de zinco aplicado como oxissulfato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p.387-396, 2003.
- 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.
- PATRICIO, F.R.A. et al. Patógenos associados a sementes que reduzem a germinação e vigor. In: MENTEN, J.O. M. (ed.). **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. São Paulo, Ciba Agro, 1995, p.137-160.
- PEREIRA, C.E. et al. Desempenho de sementes de soja tratadas com fungicidas e peliculizadas durante o armazenamento. **Ciência agrotecnologia**, v.31, n.3, p. 656-665, 2007.
- PEREIRA, C. P.; OLIVEIRA, J. A.; EVANGELISTA, J. R. E. Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas associadas a polímeros durante o armazenamento. **Ciência Agrotecnologia**, v. 29, n. 6, p.1201-1208, 2005.
- PETERSON, R.F. **Wheat botany, cultivation and utilization**. New York: Interscience, 1965, 422p.
- PINHO, V.R.E.; VIEIRA, C.G.G.M.; CARVALHO, M.L.M. Técnicas moleculares em sementes. **Biotechnology Ciência e Desenvolvimento**, v. 4, p. 44-47, 2000.
- PIRES, L. L.; BRAGANTINI, C.; COSTA, L. S. Armazenamento de sementes de feijão revestidas com polímeros e tratadas com fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 709-715, 2004.
- PRADO, R.M. et al. Crescimento inicial e estado nutricional do trigo submetido à aplicação de zinco via semente. **Journal Soil Nutrition**, v.7, n.2, p. 22-31, 2007.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. **Patologia de sementes de cereais de inverno**. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora, 1998. 88p.
- REIS, E. M.; BENIN, F. J.; MEGGIOLARO, E.; FANTINI, S. Uso de polímeros no tratamento de sementes. In: **Anuário ABRASEM 2005**. Associação Brasileira de Sementes e Mudas, Pelotas, p.38-39, 2005.
- REZENDE, B.L.A. et al. Germinação e vigor de sementes de melancia “Crimson sweet” tratadas com zinco. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n.2, p. 1026-1032, 2009.



- RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. dos; MENEZES, N.L. Efeito do tratamento com fontes de zinco e boro na germinação e vigor de sementes de milho. **Scientia Agricola**, v.51, p.481-485, 1994.
- RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.
- ROSOLEM, C.A.; SANTOS, O.S. Translocação de zinco e crescimento radicular em milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p. 807-814, 2000.
- ROZANE, D.E. et al. Resposta de plântulas de arroz CV. BRS – Soberana à aplicação de zinco via semente. **Ciência Agrotécnica**, v.32, n.3, p. 847-854, 2008.
- SAMPAIO, N.V.; SAMPAIO, G.T.; DURÁN, J.M. Avaliação da qualidade de sementes através da condutividade elétrica dos exsudatos de embebição. **Informativo ABRATES**, v. 5, n. 3, 1995, p. 39-52.
- SANTOS, O.S. O zinco na nutrição de plantas leguminosas. **Lavoura Arrozeira**, v. 34, n. 330, p. 26-32, 1981.
- SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.V. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n.1, p. 110-119, 2004.
- SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, 2005.
- SATTERS, J.R. et al. Soybean seed deterioration and response to priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germinating seeds. **Seed Science**, v.4, p. 33-41, 1994.
- SCANDALIOS, J.G. Genetic control of multiple molecular forms of enzymes in plants: a review. **Biochemical Genetics**, v.3, p. 37-39, 1969.
- SCHÖFFEL, E.R.; LÚCIO, A.D.C. Comportamento de variedades de arroz sob diferentes doses de zinco aplicadas no solo. **Revista Faculdade Zootecnia Veterinária e Agronomia de Uruguaiana**, v. 7/8, n. 1, p. 27- 31, 2001.
- SILVA, T.T. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n. 3, p. 840-846, 2008.
- SPINOLA, M.C.M.; CÍCERO, S.M.; MELO, M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo envelhecimento acelerado. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.263-270, 2000.
- SUR, K.; BASU, R.N. Vigour rating of wheat seed. **Seed Science and Technology**, v.18, n.3, p. 661-671, 1990.

TUNES, L.M. et al. Alterações fisiológicas e enzimáticas em sementes de cevada sob diferentes condições de armazenamento. **Magistra**, v.21, n.3, p. 154-164, 2009.

TUNES, L.M. et al. Perfil enzimático em sementes de cevada em resposta a diferentes concentrações salinas. **Interciência**, v.35, n.5, p. 369-373, 2010.

TUNES, L.M. et al. Influência dos diferentes períodos de colheita na expressão de isoenzimas em sementes de cevada. **Revista Ceres**, v.58, n.2, p. 178-184, 2011.

TRENTINI, P. et al. Peliculização: desempenho de sementes de soja no estabelecimento da cultura em campo na região de Alto Garças, MT. **Ciência Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 84-92, 2005.

VIEIRA, E.H.N.; MOREIRA, G.A. **Peletização de sementes de arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005, 2p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 111).

VIEIRA, R.D.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Seed vigor: an important component of seed quality in Brasil. **Ista News Bulletin**, n. 126, p.21-22, 2003.

VIEIRA, M.G.G.C. **Utilização de marcadores moleculares no monitoramento da qualidade sanitária e nível de deterioração de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. 1996. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 1996.

VIEIRA, M.G.G.C.; VON PINHO, E.V.R.; SALGADO, K.C.P.C. Técnicas moleculares em sementes. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 232, p. 88-96, 2006.

VILLELA, F.A.; PERES, W.B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs) **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.226-281.

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

WETZEL, M.M.V.S. Fungos de armazenamento. In: SOAVE, J.; WETZEL, M.M.V.S. **Patologia de sementes**. Campinas. Fundação Cargill, 1987, p.260- 275.

## **CAPITULO II**

### **CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS E COMPONENTES DE RENDIMENTO DE TRIGO APÓS O ARMAZENAMENTO**

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS E COMPONENTES DE RENDIMENTO DE TRIGO APÓS O ARMAZENAMENTO

AUTORA: LILIAN VANUSSA MADRUGA DE TUNES  
ORIENTADORA: MARLOVE FÁTIMA BRIÃO MUNIZ  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 21 novembro de 2011.

O trigo constitui um dos principais cereais que apresenta boa resposta à aplicação de zinco. Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de  $ZnSO_4$ , via semente, sobre a nutrição e o crescimento inicial de plântulas de trigo, proveniente de lotes de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento e, analisar os componentes do rendimento. Foram analisados dois lotes de sementes de trigo, um de maior e outro de menor qualidade, tratados com níveis de 0, 1, 2, 3 e 4 mL de  $ZnSO_4.kg^{-1}$  de semente (fungicida + polímero e água) armazenado por seis meses, em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa do ar. Após 20 dias de semeadura, foram avaliados a massa seca da parte aérea e da raiz e o teor e acúmulo de zinco em plantas de trigo. Foram avaliados também, os efeitos das doses de  $ZnSO_4$  sobre a eficiência nutricional e os componentes de rendimento. Conclui-se que a aplicação de 3 mL de  $ZnSO_4$  nas sementes de maior qualidade, ocasionam uma maior massa seca e teor de zinco nas raízes, entretanto, para o lote de menor qualidade a dose de 4 mL obteve resultados mais expressivos. O zinco aplicado às sementes de trigo acumula-se principalmente nas raízes. A aplicação de  $ZnSO_4$  em sementes, resultou em maior eficiência de absorção e menor eficiência de transporte e utilização de Zn pelas plantas, à medida que aumentam as doses do nutriente. Considerando os resultados dos componentes de rendimento, número de grãos por espiguetas e peso de grãos por planta, pode-se dizer que o recobrimento das sementes de trigo com zinco propicia um aumento de produtividade superior a 30%.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L.. Massa seca. Tratamento de sementes. Nutrição Mineral.

## ABSTRACT

Doctoral Thesis  
Graduation Program in Agronomy  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

### INITIAL GROWTH OF SEEDLINGS AND WHEAT COMPONENTS OF INCOME AFTER STORAGE

AUTHOR: LILIAN VANUSSA MADRUGA DE TUNES  
ADVISER: MARLOVE FÁTIMA BRIÃO MUNIZ  
Defense Place and Date: Santa Maria, November 21<sup>nd</sup>, 2011.

The wheat is a major cereal that responds well to zinc application. The objective of the present study was to evaluate the effect of different ZnSO<sub>4</sub> doses, via seed, on nutrition and early growth of wheat seedlings, from lots of high and low quality, after six months storage, and analysis yield components. We analyzed two seed lots of wheat, one high and one low vigos, levels treated with 0, 1, 2, 3 and 4 mL ZnSO<sub>4</sub>.kg<sup>-1</sup> seed (fungicide + polymer and water) stored for six months, in an environment with no temperature and humidity control. After 20 days of sowing, we evaluated the dry mass of shoot and root and the content and accumulation of zinc in wheat plants. We also evaluated the effects of ZnSO<sub>4</sub> doses on the nutritional efficiency and yield components. It is concluded that the application of 3 ml of ZnSO<sub>4</sub> in the seeds of high quality, result a higher dry matter and zinc content in the roots, however, for a lot of low quality, the dose of 4 mL got bad results. Zinc applied to wheat seeds accumulate mainly in roots. The application of ZnSO<sub>4</sub>, in seeds, resulting in higher absorption efficiency and lower transport efficiency and utilization of Zn by plants, increase the doses of the nutrient. Considering the results of the yield components, number of grains per spikelet and grain weight per plant, it can be said that the wheat seed coating with zinc provides a productivity increase of more than 30%.

**Key words:** *Triticum aestivum* L.. Dry Mass. Seed treatment. Micronutrient. Mineral Nutrition.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O armazenamento é uma etapa crucial no programa de produção e abastecimento de sementes de trigo, pois como para a maioria das culturas propagadas por sementes, a época de colheita não coincide com a época mais adequada à semeadura. Em pesquisas com armazenamento de sementes de trigo, verifica-se que sementes tratadas com micronutrientes, fungicidas e inseticidas podem ter capacidade de manter a qualidade física, fisiológica e sanitária por um período de 4 a 8 meses (PLAZAS et al., 2003)

A manutenção da qualidade das sementes durante o período de armazenamento deve ser considerada dentro do processo produtivo de qualquer cultura, visto que o sucesso da lavoura depende, principalmente, da utilização de sementes com alto padrão de qualidade. A qualidade não pode ser melhorada durante o armazenamento, mas pode ser preservada se as condições de conservação são favoráveis.

Diversos autores como Marcos Filho e Souza (1983), Lucca Filho et al. (1983a), Lucca Filho et al. (1983b), Henning e Zorato (1997), Zorato (1998), Goulart et al. (1999) e Zorato e Henning (2001) demonstraram ser viável o tratamento antecipado com fungicida de sementes de soja, por não ter ocorrido efeito negativo dessa prática na qualidade das sementes durante e após o armazenamento e, de modo geral, houve melhor conservação das sementes tratadas durante a armazenagem em comparação às não tratadas.

Essa possibilidade de armazenamento das sementes, tratadas com zinco, abre novas perspectivas, tendo-se em vista a oportunidade das empresas produtoras de sementes de trigo colocarem no mercado sementes enriquecidas com este micronutriente, com garantia de qualidade, e com o benefício de eliminar possíveis erros na condução da lavoura, pela aplicação de doses e fontes inadequadas desse micronutriente.

Ao reconhecer que vários micronutrientes desempenham papéis importantes na determinação do crescimento das plantas, na colheita, na qualidade do produto e na resistência das culturas ao estresse, o produtor frequentemente se depara com deficiências nutricionais específicas de apenas um nutriente, como por exemplo, o Zn na cultura do trigo.

O zinco foi identificado como um nutriente essencial para as plantas na década de 1970. Assim, o uso do sulfato ou óxido de zinco em fertilizantes tem a principal finalidade de fornecer às plantas a quantidade adequada deste micronutriente para seu melhor desenvolvimento. As formas inorgânicas ( $ZnSO_4$ ) mais econômicas têm-se mostrado muito efetivas para elevar níveis de zinco na planta (HASLETT et al., 2001). Assim, na cultura do arroz sequeiro, observou-se aumento médio de 53% na acumulação de zinco na parte aérea,

pelo tratamento de sementes, em relação à testemunha. No entanto, foi constatado, também, que a utilização de quelato de zinco na semente proporciona maior acumulação de Zn na planta do que o  $ZnSO_4$  (LEÃO, 1990). Isto porque, devido às colheitas sucessivas e intensivas, o zinco vem sendo progressivamente retirado do solo em quantidades superiores à sua reposição natural.

Em estudo conduzido pela Organização de Alimentos e Agricultura (FAO, 2009), da Organização das Nações Unidas, verificou-se que a deficiência em zinco é uma das mais comuns no mundo. No Brasil, são muito comuns solos deficientes em zinco. Além disso, a baixa disponibilidade, que já é pequena devida à pobreza natural dos solos, pode diminuir ainda mais pela aplicação de doses pesadas de calcário. Muitas das moléculas de zinco disponíveis no solo estão associadas à matéria orgânica, com o aumento do pH, o zinco é convertido no solo em formas menos aproveitáveis pelas culturas (SFREDO, 2008). Em trigo, a aplicação de calcário pode aumentar a produtividade, mas também pode reduzir o teor de zinco nas folhas (MASCARENHAS et al., 1998).

Muitas espécies de plantas são afetadas pela deficiência de zinco, entre elas a grande parte das espécies anuais de sementes (trigo, arroz, milho, sorgo, etc.), diversas espécies frutíferas (cítricas, maçã, goiaba, etc.), sementes oleaginosas (nozes, avelãs, etc.), cana de açúcar, café, cenoura, batata e tomate, dentre outros (MALAVOLTA, 2006).

A deficiência de zinco afeta as funções bioquímicas, impedindo que a planta se desenvolva corretamente. Isto resulta em colheitas com menor qualidade de grãos e sementes e menores rendimentos. O zinco é um cofator nas reações enzimáticas e, portanto, participa de diversos ciclos bioquímicos das plantas, incluindo fotossíntese e formação de açúcar, síntese de proteínas, fertilidade e produção de sementes, regulação do crescimento e defesa contra doenças (MALAVOLTA et al., 1997).

Em termos de deficiência nutricional, principalmente em gramíneas é, talvez, o tema mais estudado e sobre o qual mais se escreve. Os motivos são vários: a importância para a vida da planta, do animal e do homem que se alimenta da planta transformada e a frequência com que limita a produção (SANCHEZ e SALINAS, 1981). Segundo Loneragan et al. (1987) em plantas com deficiência de zinco, a mobilidade deste elemento torna-se menor nos tecidos mais jovens.

O teor de zinco na planta de trigo é relativamente baixo, considerando suficientes teores de 30 a 80  $mg.kg^{-1}$  de matéria seca (MARSCHNER, 1995; HASLETT et al., 2001). Em milho os níveis críticos de deficiência de zinco estão na faixa de 15 a 20  $mg.kg^{-1}$  de matéria seca, enquanto as concentrações consideradas tóxicas variam de 100 a 400  $mg.kg^{-1}$  de matéria

seca (ROSELAM e FRANCO, 2000). A reserva inicial de zinco da semente pode ser significativamente aumentada sem prejuízos à germinação e ao vigor. Santos et al. (1986) constataram que quase todo o zinco aplicado é absorvido, aumentando seu teor nas sementes. Doses elevadas (considerada tóxicas) de zinco no tratamento de sementes irão produzir plantas com o sistema radicular e parte aérea menores.

A absorção do zinco aplicado nas sementes se dá quase integralmente, aumentando a reserva da semente. O zinco transloca-se da semente para a planta, durante e após a germinação, chegando, aos 30 dias após a emergência em soja, a 55,5% do total, em feijão a 64% e no trigo 69%(MURAOKA, 1981). Já em sementes de milho, tratadas com as fontes de  $ZnSO_4$  e Zn-Biocrop, na dose de 2,5g Zn/kg de sementes, o teor de zinco aumentou cerca de 18 vezes (de 47 para 900  $\mu\text{g/g}$  e 850  $\mu\text{g/g}$ , respectivamente), mantendo a germinação e o vigor alto (RIBEIRO, 1993). Tais valores não foram tóxicos e possibilitaram maior fornecimento de zinco para o início do crescimento das plântulas. Essa é a essência do tratamento de sementes, torná-las bem supridas do nutriente que será, posteriormente, transferido para as plantas (MELO, 1990; DALMOLIN, 1992).

O fornecimento dos micronutrientes através do tratamento de sementes é uma forma eficiente, em virtude das pequenas quantidades exigidas pelas plantas, melhor uniformidade de distribuição, menor custo de aplicação e também garantia de nutrição da planta no estágio inicial de crescimento, no qual o sistema radicular é pouco desenvolvido, afetando a absorção do nutriente no solo (BONECCARRÉRE et al., 2004).

A aplicação de zinco nas sementes apresenta a vantagem de ser um método preciso e eficaz, pois assegura a disponibilidade e absorção do nutriente nas fases iniciais de crescimento da cultura, já que a plântula não absorve grandes quantidades de elementos do solo, visto que ainda não apresenta sistema radicular desenvolvido, nem parte área suficiente para absorver o nutriente via pulverização. Permite, ainda, melhor uniformidade de distribuição do nutriente sobre as sementes, redução de perdas, menor custo de aplicação e racionalização no uso de reservas naturais não renováveis, por causa das pequenas quantidades utilizadas (BARBOSA-FILHO et al., 1982).

O sistema de enraizamento para fixação das plantas no solo é a primeira necessidade e sementes deficientes de zinco originariam plantas deficientes de zinco.

O tratamento de sementes com zinco tem como princípio, para sua eficiência, a translocação do zinco da semente para a plântula. Assim, a reserva deste micronutriente nas sementes passa a ser importante fonte para a nutrição da planta (RIBEIRO e SANTOS, 1996).



Disponível na fase inicial de crescimento da cultura, principalmente no estágio vegetativo, o elemento zinco, aplicado na semente, tem a função de estimular o desenvolvimento radicular e após, translocar esse elemento via xilema para as demais partes da planta (OHSE et al., 2000).

A absorção de zinco, no tratamento de sementes, pelas raízes é mais rápida do que a absorção e translocação de zinco aplicado via foliar em plantas de trigo, segundo Marengo e Lopes (2005). Os autores observaram ainda, que durante o crescimento vegetativo, o zinco foi translocado principalmente para pontos de crescimento e folhas jovens, enquanto que durante o crescimento reprodutivo, o nutriente foi translocado principalmente para folhas no caule principal e para folhas acompanhadas de órgãos reprodutivos. Os mesmos concluíram, então, que o zinco não foi facilmente remobilizado de folhas velhas, mas pode ser translocado de folhas fotossinteticamente ativas.

O zinco é absorvido pelas raízes das plantas na forma divalente ( $Zn^{+2}$ ), nessa mesma forma é transportado, das raízes para a parte aérea pelo xilema (SILVA, 1979). A maioria dos trabalhos indica que o zinco é absorvido ativamente, portanto, com gasto de energia metabólica. No entanto, não existe um consenso na literatura se a absorção ocorre de forma ativa ou passiva. Hewitt (1966) e Loneragan (1975) estudaram este assunto e sugeriram que a absorção do zinco é metabólica.

Nem todas as raízes são eficientes na absorção de nutrientes. A zona de maior absorção de íons é a zona pilífera, ou seja, as raízes seminais das monocotiledôneas (MALAVOLTA, 2006). Outra questão, é que a velocidade de difusão tende a diminuir exponencialmente com o aumento da distância. Portanto, para uma adequada absorção de nutrientes é necessário que o vegetal tenha um crescimento radicular contínuo.

Quanto à redistribuição do zinco, sabe-se que este apresenta baixa mobilidade no floema e, sua maior ou menor translocação depende de sua disponibilidade na parte vegetativa (MARSCHNER, 1995). A translocação na planta ocorre via xilema, depois de absorvido por transportadores localizados nas membranas das células da raiz (TAIZ e ZEIGER, 1998). Os metais são transportados, via xilema, até os órgãos vegetativos através da via transpiratória, onde podem ser temporariamente estocados no colmo ou tecidos foliares e, posteriormente, mobilizados para as sementes via floema (GRUSAK e DELLAPENNA, 1999; GRUSAK, 2002).

Alguns autores consideram o zinco imóvel, enquanto outros atribuem a ele uma mobilidade intermediária. De fato, se existe um elevado suprimento de zinco, muitas espécies de plantas translocam quantidades apreciáveis do elemento das folhas velhas para órgãos de

crescimento (MALAVOLTA, 2006). Mas, se as mesmas espécies estão sob condições de deficiência, apresentam baixa mobilidade do nutriente das folhas velhas, local onde, comumente, esse elemento se acumula. No entanto, em experimentos com trigo, Marsh et al. (1985) e Loneragan et al. (1987) observaram certa mobilidade de zinco. Nesse mesmo sentido, Pearson e Rengel (1995ab) observaram que em plantas de trigo, com 14 e 42 dias de idade, tiveram cerca de 25% do total de  $^{65}\text{Zn}$  transportado, distribuído para a raiz não-exposta ao zinco marcado, atribuindo esse fato à criação de uma demanda por zinco. Relataram ainda, que o  $^{65}\text{Zn}$  foi translocado das raízes para a parte aérea via transpiração, mas a retranslocação para as outras partes do sistema radicular que não receberam  $^{65}\text{Zn}$  pode ter requerido movimentação dentro do floema. Os mesmos autores observaram também, que as plantas pré-crescidas em condições de deficiência alocaram menos zinco para as raízes não-expostas ao  $^{65}\text{Zn}$  e mais para o caule, em termos percentuais.

Armazenamento temporário de zinco no caule é relatado por Pearson e Rengel (1994) em trigo, podendo ser um evento importante para alguns íons, que parecem ser relativamente imóveis dentro do floema, já que possibilitaria a remobilização via xilema. Os autores também observaram que nenhum zinco foi retirado do caule, em plantas de trigo, nos primeiros 14 dias do desenvolvimento do grão, sendo quantidades substanciais retiradas do caule após esse período, em direção ao amadurecimento do grão.

A reserva de zinco é expressa pelos teores encontrados nas partes constituintes da semente. Esse valor varia entre espécies, cultivares e depende das condições do ambiente em que a semente é produzida.

Os componentes da semente (pericarpo, endosperma e embrião) contribuem com diferentes percentuais no seu peso e conteúdo de zinco. Sementes de 31 linhagens de milho foram analisadas e constatou-se que o embrião, apesar de pouco contribuir no peso total da semente (7,9%), contém maior percentagem média deste elemento na semente (47%). Observou-se, também, grande variação no teor de zinco nos componentes da semente entre as linhagens: no embrião (94,0 a 198,0  $\mu\text{g/g}$ ), no endosperma (61 a 17,7  $\mu\text{g/g}$ ) e no pericarpo (18,0 a 81,0  $\mu\text{g/g}$ ) (MASSEY e LOEFELL, 1967). Esses valores encontrados nas sementes seriam irrelevantes caso não ocorresse a mobilização do zinco para a planta.

O transporte de água e de minerais das raízes para a parte aérea ocorre predominantemente nos vasos do xilema. A importância deste conduto no movimento de água e minerais já havia sido enfatizada por Hales (1969). Este autor constatou a continuidade destes vasos nas raízes, caules e folhas e foi o primeiro a sugerir certa relação entre a transpiração da planta e o movimento ascendente da seiva. A transferência de minerais do

xilema para o floema é de fundamental importância, uma vez que o transporte no xilema é direcional, principalmente para os sítios de maior transpiração, que nem sempre são aqueles de maior demanda nutricional. Isto é verdadeiro especialmente para o zinco, uma vez que este elemento possui baixa a intermediária mobilidade na planta.

Se os nutrientes minerais são classificados como móveis, podem ser transportados da parte aérea para as raízes, mesmo que estes nutrientes estejam sendo supridos às raízes. Assim, as raízes podem atuar como fonte e dreno desses nutrientes minerais. O grau de mobilidade depende, em grande parte, das mobilidades destes íons no floema. Entretanto, deve-se sempre ressaltar que o grau de redistribuição também depende do “status” nutricional do elemento em questão.

Na conclusão de Marchezan et al. (2001) num experimento a campo, durante três anos, observaram resultados divergentes sobre o rendimento de arroz irrigado submetido à aplicação de zinco. No entanto, atribuíram tal resposta ao tipo de solo e aos eventos climáticos ocorridos nos diferentes anos de cultivo.

A semente é o ponto de partida para se ter um estande de plântulas uniforme e uma lavoura com elevado potencial de produtividade (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). O desenvolvimento normal e vigoroso da semente é o ponto chave ao se tratar-se de precisão e eficiência, o qual pode culminar em uma planta com alto desempenho produtivo, ou, se pouco valorizada pelo agricultor, culminar em semente deteriorada no solo. O uso de sementes de baixa qualidade e/ou o manejo inadequado pode prejudicar a germinação e dificultar a emergência das plântulas, reduzindo o estande de plantas, provocando variações no perfilhamento, desuniformidade de maturação e, por consequência, redução na quantidade e qualidade da produção. Estima-se que 10% das lavouras são semeadas devido ao uso de sementes de baixa qualidade (PESKE, 2000). Segundo Fageria et al. (2005), níveis adequados de zinco influenciaram a produção de trigo, arroz, feijão, milho e soja, mas a resposta variou conforme a cultura e qualidade inicial das sementes.

A possibilidade de elevar os componentes de rendimento de uma lavoura com a adição de micronutrientes foi estudada por diversos pesquisadores (PAULA et al., 1991, ANDRADE et al., 1997, REZER et al., 1997, ANDRADE et al., 1998 e DYNIA et al., 1998) que não encontraram incrementos de produtividade. Por outro lado, autores como BARBOSA FILHO et al. (1983), LOPES et al. (1984), BARBOSA FILHO et al. (1990) e PAULA et al. (1991) obtiveram acréscimos de produtividade com a aplicação de zinco em arroz. As exigências nutricionais ao zinco, conforme Gupta (2001) são específicas para cada cultura, porém os cereais são mais responsivos.

Os efeitos dos nutrientes minerais para o crescimento e para a produção são estudados, usualmente, em termos das suas funções no metabolismo das plantas e no seu crescimento. Qualquer alteração no nível e ou equilíbrio destes nutrientes implica na alteração no metabolismo, modificando a morfologia, a anatomia e a composição das sementes.

Vários trabalhos têm sido realizados com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de micronutrientes via tratamento de sementes, principalmente de zinco na produtividade das sementes de milho (REIS JÚNIOR, 2003), algodão (REIS JÚNIOR, 2003) e feijão (CÍCERO et al., 1999). Os resultados encontrados na literatura mostram efeito positivo da aplicação de micronutrientes, principalmente do zinco, no tratamento das sementes, com aumentos significativos na produtividade de diversas culturas.

Apesar de ser promissora a técnica de aplicação de zinco, via semente, existem poucos estudos em trigo, especialmente em relação à nutrição e ao desenvolvimento da cultura. Diante deste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de  $ZnSO_4$ , via semente, sobre a nutrição e o crescimento inicial de plântulas de trigo, proveniente de lotes de sementes de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento e analisar os componentes do rendimento.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Química Analítica, pertencente ao Departamento de Química da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e no campo de produção de sementes de trigo, localizado no município de Arroio Grande, RS, Brasil.

Foram analisados dois lotes de sementes de trigo, um de maior e outro de menor qualidade, tratados com níveis de 0, 1, 2, 3 e 4 mL de  $ZnSO_4.kg^{-1}$  de semente (fungicida + polímero e água) armazenados por seis meses, em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa do ar.

Foi realizada a análise de solo, antes da instalação do experimento, onde indicou: teor de argila: 17%; índice SMP: 6,3; MO: 2,2%; P: 14,3  $mg.dm^{-3}$ ; K: 261,0  $mg.dm^{-3}$ ; Zn: 0,45  $mg.dm^{-3}$ . A adubação foi feita de acordo com o resultado da análise de solo e recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004) e Manual de Informações Técnicas para Trigo e Triticale – safra 2010, exceto para zinco.

Foram utilizadas oito subamostras de 12 sementes para cada tratamento, semeadas em copos plásticos a 2,0 cm de profundidade, contendo solo e mantidas a uma temperatura de 20 °C, em ambiente controlado. Foram realizadas irrigações sempre que necessário. As plântulas foram retiradas dos recipientes aos 20 dias após a semeadura, apresentando em média comprimento da parte aérea entre 10-15 cm. Após, foram lavadas em água corrente e emergidas em solução de EDTA 10g.L<sup>-1</sup> por um período de 15 min (para retirada dos íons aderidos à superfície das plântulas) e, em seguida, lavadas novamente em água corrente por um período de 2 min. As plântulas foram seccionadas, separando-se a parte aérea do sistema radicular. Em seguida, o material foi colocado em sacos de papel, mantido em estufa com convecção forçada, regulada a 65°C durante 96h (NAKAGAWA, 1994).

A obtenção dos extratos foi realizada através da digestão nitroperclórica. Pesaram-se 4 amostras de 0,2 g de matéria seca da parte aérea e de raiz para cada tratamento e, foram transferidos para os tubos de digestão. Adicionaram-se 5 mL de ácido nítrico concentrado super puro (HNO<sub>3</sub>) em cada tubo, homogeneizou e foi deixado em repouso por uma hora. Colocaram-se os tubos no bloco digestor, a uma temperatura constante de 100°C, por um período de 4h e 30 min. Retiraram-se os tubos do bloco digestor e deixou-se esfriar por 30 min. Após adicionou-se 2 mL de ácido perclórico (HClO<sub>4</sub>) e, novamente, foram colocados os tubos no bloco digestor por um período de 6 a 8h, até a completa evaporação da matéria orgânica. A digestão foi finalizada após a solução tornar-se incolor, aparecendo uma fumaça branca e densa do ácido perclórico. Então, foram resfriadas as amostras e os tubos vedados. Como o material vegetal apresentou alta quantidade de fibras, foi necessário filtrar todas as amostras e, só assim, adicionar 10 mL de água destilada, agitando o tubo para a lavagem da parede interna e proceder à determinação dos minerais, pela metodologia adaptada de Bataglia et al. (1983). Após a digestão, com o extrato obtido, realizou-se a determinação de zinco por espectrometria de absorção atômica (MALAVOLTA et al., 1997).

Efeito das doses de ZnSO<sub>4</sub> sobre a Eficiência Nutricional- A partir da matéria seca e do conteúdo dos nutrientes na plântula, foram calculados os índices: (a) Eficiência de Absorção = (conteúdo total do nutriente na plântula) / (matéria seca de raízes), conforme Swiader et al. (1994); (b) Eficiência de Transporte = (conteúdo do nutriente na parte aérea) / (conteúdo total do nutriente na plântula) x 100, de acordo com Li et al. (1991) e (c) Eficiência de Utilização = (matéria seca total produzida)<sup>2</sup> / (conteúdo total do nutriente na plântula) segundo Siddiqi e Glass (1981).

Avaliação dos componentes de rendimento - O experimento foi instalado em campo de produção de sementes de trigo, localizado na cidade de Arroio Grande – RS, situado a 32° 14' 15'' de latitude sul, 53° 05' 13'' de longitude oeste de Greenwich.

O experimento foi conduzido em delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Cada bloco foi constituído por 15 linhas de 2 metros, com espaçamento entre linhas de 0,17 metros totalizando uma de 5,1m<sup>2</sup> de área total. A posição dos tratamentos e lotes de sementes foi distribuída aleatoriamente, através de um sorteio. A semeadura manual foi realizada em solo fértil, preparado convencionalmente no dia 17 de julho de 2010.

Foram semeadas 80 sementes por metro linear, com o auxílio de um gabarito medindo um metro de comprimento, para que as sementes fossem distribuídas uniformemente e com profundidade de semeadura de 3-4 cm. Após a semeadura foi realizada irrigação manual para proporcionar germinação e emergência uniforme. A colheita manual foi realizada dia 19 de novembro, tendo a cultura completado seu ciclo de 135 dias.

Os componentes de rendimento (número de espiguetas por planta, número de grãos por espiguetas e peso de grãos por planta), foram avaliados no momento da colheita. Para obtenção dos resultados, foram tomadas quatro repetições por tratamento, avaliando dez plantas de cada linha experimental. Foi contado o número de espiguetas de cada planta e, em seguida, foram retiradas manualmente as sementes, contadas, armazenadas em embalagens de papel identificadas e posteriormente pesadas. Os resultados referentes à espiguetas e grãos foram expressos em unidades. O peso foi expresso em gramas. A pesagem foi realizada em balança de precisão.

Durante o desenvolvimento da cultura, ocorreram variações bruscas de umidade do solo, ou seja, chuva de 60 mm na área de cultivo. Dessa maneira, as plantas do lote de sementes de menor qualidade não conseguiram completar o ciclo da cultura do trigo. As avaliações dos componentes de rendimento foram realizadas apenas para as plantas provenientes do lote de sementes de maior qualidade. Nessas sementes, foi realizada a quantificação do zinco, conforme metodologia citada e adaptada de Bataglia et al. (1983).

Para cada lote de sementes foi conduzido um experimento em delineamento casualizado com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos pelas cinco doses de ZnSO<sub>4</sub>. Após a análise de variância, foi realizada análise de regressão (FERREIRA, 2000). A análise estatística foi realizada com auxílio do pacote estatístico Sisvar.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

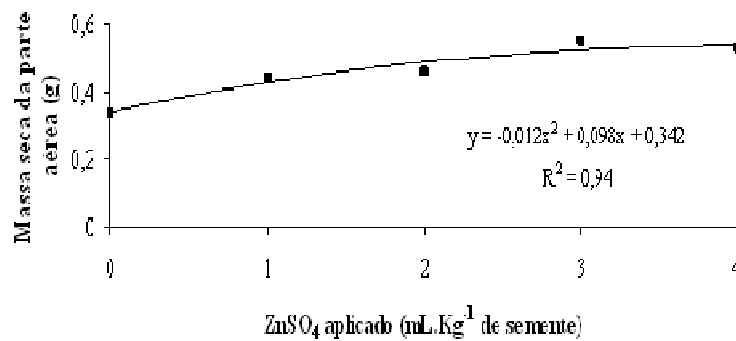
#### 3.5.1 Resposta das plântulas de trigo à aplicação de $\text{ZnSO}_4$

De acordo com os resultados obtidos, constatou-se que houve efeito significativo das doses de  $\text{ZnSO}_4$  para a variável massa seca da parte aérea, para os dois lotes de sementes de qualidade diferenciada (Figura 1). Cheng (1955) também verificou que o tratamento de sementes com  $\text{ZnSO}_4$ , na concentração de  $0,25 \text{ g.L}^{-1}$ , proporcionou incremento de 12% na produção de massa seca da parte aérea de plântulas de trigo. Da mesma forma, Fageria (2000) e Santos e Ribeiro (1994) concluíram que os tratamentos com zinco aumentaram significativamente a produção de massa seca da parte aérea. Entretanto, Bonnacarrère et al. (2004) e Prado et al. (2007) não encontraram diferença na produção de matéria seca da parte aérea, em aplicação de diferentes doses de zinco nas sementes de arroz e trigo, respectivamente.

O lote de sementes de maior qualidade, na dose de 3 mL de  $\text{ZnSO}_4$ , produziu 61,8% mais matéria seca do que na dose zero. Na dose de 4 mL de  $\text{ZnSO}_4$ , as plântulas de trigo apresentaram uma redução de 6% na massa seca da parte aérea em relação a dose de 3 mL.

Ao considerar o tratamento de zinco via sementes, observou-se que a aplicação da dose zero no lote de menor qualidade, apresentou o mesmo valor da dose de 1 mL de  $\text{ZnSO}_4$  (Figura 1b). Esse resultado pode ter sido obtido pelo teor original de na semente de trigo, que foi de  $43,56 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de Zn. Resultados semelhantes foram encontrados por Yagi et al. (2006) em sementes de sorgo. Na dose de 4 mL de  $\text{ZnSO}_4$ , as plântulas de trigo apresentaram um aumento de 33,3% na massa seca da parte aérea em relação à semente não tratada.

**a) Lote de maior qualidade**



**b) Lote de menor qualidade**

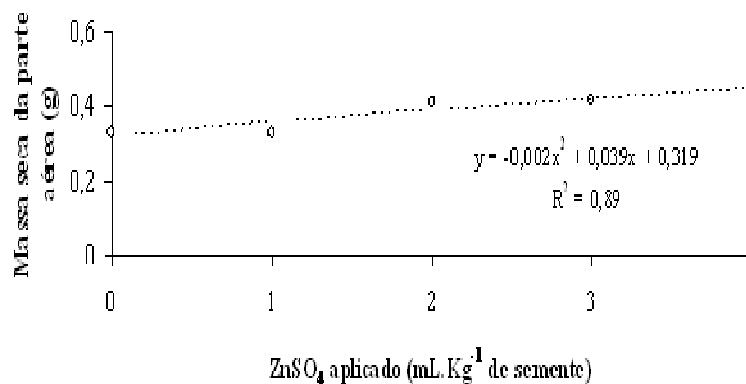


Figura 1 – Efeito das diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, na produção de massa seca da parte aérea. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento: ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

Na Figura 2, está representada a produção de massa seca da raiz de plântulas oriundas das sementes dos lotes de maior qualidade. As plântulas do lote de sementes de maior qualidade, apresentaram um aumento de 55,6% na dose de 3 mL de ZnSO<sub>4</sub> para a produção de massa seca da raiz quando comparativamente à dose nula (Figura 2a). Ocorreu uma redução de 13,9% na dose de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub> em comparação à a dose de 3 mL. A menor produção de matéria seca da raiz, no tratamento de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub>, de acordo com Marschner (1995), pode ser atribuída à possível toxicidade, que caracteriza por uma inibição do alongamento radicular (menor produção de massa seca da raiz). Os efeitos prejudiciais da aplicação de zinco em sementes de trigo, observados neste trabalho, são opostos aos verificados por outros autores, em estudos com outras espécies de Poaceas (gramíneas). Stalon et al. (2001) observaram aumentos de 49,6; 59,8 e 79,2% de massa seca da raiz de plantas de arroz, com as doses de 1; 2,2 e 4,7 g de zinco por Kg de sementes, respectivamente.



Também verificados por Andrade et al. (1998) e Machado et al. (1983) em plântulas de arroz e Yagi et al. (2006) na cultura do sorgo.

Para as plântulas do lote de sementes de maior qualidade, ocorreu um crescimento linear na produção de matéria seca da raiz, à medida que aumentou a concentração de zinco aplicado às sementes (Figura 2b). O mesmo foi encontrado por Cheng (1955) ao observar que o tratamento de sementes com  $ZnSO_4$ , na concentração maior de  $0,25g L^{-1}$ , propiciou incremento de 35% na produção de massa seca de raízes de plântulas de trigo com seis dias de idade.

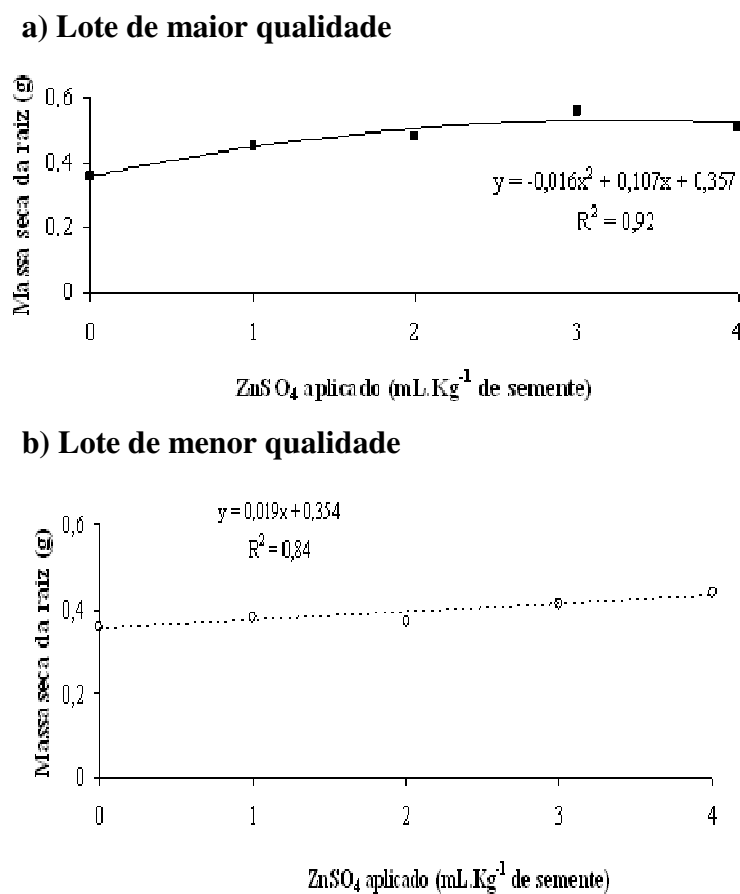


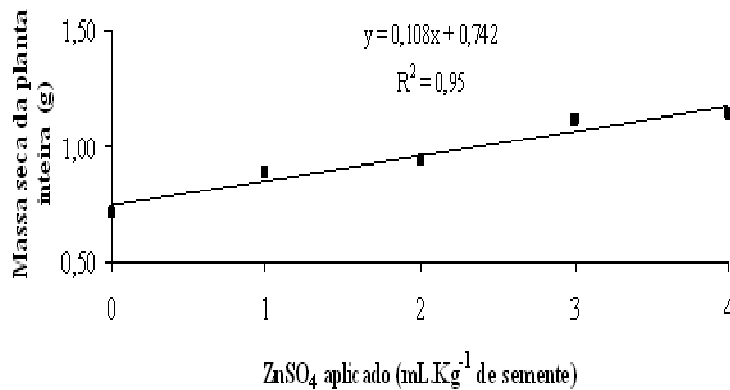
Figura 2 – Efeito das diferentes doses de  $ZnSO_4$  em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, na produção de massa seca da raiz. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento:  $ZnSO_4$  + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

A massa seca da planta (massa total) teve comportamento semelhante à produção de massa seca das raízes dos lotes de sementes de maior e menor qualidade (Figuras 3a, b).

O incremento da produção de massa seca em função da absorção de zinco também foi verificado em arroz, por Schöffel e ColLúcio (2001). Este efeito do zinco no crescimento das

plantas se deu em função da participação do nutriente na rota metabólica do triptofano para ácido indolacético (AIA), que é a principal auxina de crescimento (FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 1993).

**a) Lote de maior qualidade**



**b) Lote de menor qualidade**

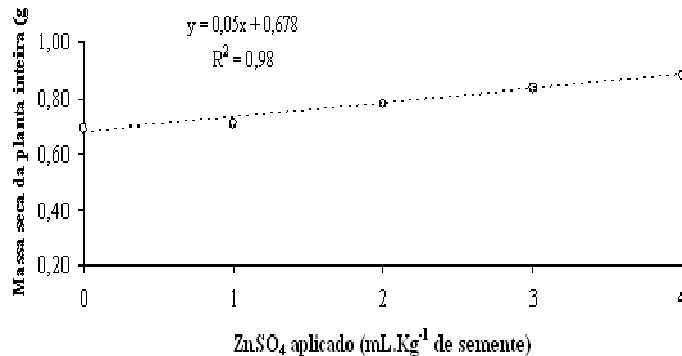


Figura 3 – Efeito das diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, na produção de massa seca da planta inteira. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento: ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

As doses de ZnSO<sub>4</sub> afetaram significativamente os teores de zinco da parte aérea nos dois lotes de sementes avaliados (Figura 4).

Houve efeito linear das doses de sulfato de zinco no teor de zinco da parte aérea nos lotes de maior e menor qualidade. Observaram teores máximos teóricos de 282,19 e 329,82 mg.Kg<sup>-1</sup> de zinco, para o lote de maior qualidade, nas doses de 3 e 4 mL de ZnSO<sub>4</sub>, respectivamente (Figura 4a).

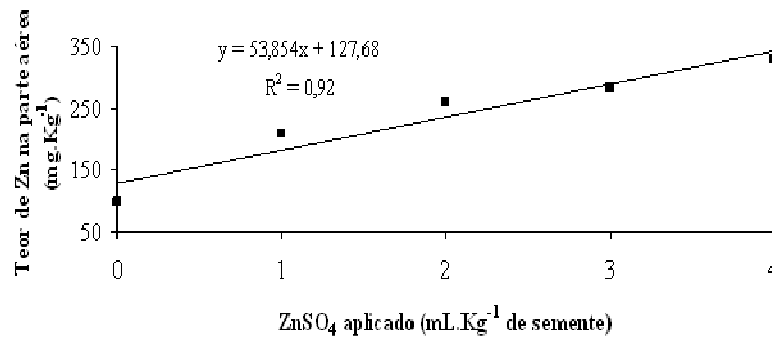
Segundo Fageria et al. (1997), nível adequado de zinco na parte aérea de trigo é relatado como de 15 mg.kg<sup>-1</sup>, arroz de 47 mg.kg<sup>-1</sup>, feijão de 35 mg.kg<sup>-1</sup>, milho de 20 mg.kg<sup>-1</sup> e soja 21 mg.kg<sup>-1</sup> na fase inicial de crescimento das culturas. De acordo com este autor, o trigo é considerado tolerante a baixas concentrações de zinco e pode ser classificado, relativamente,

como pouco sensível a deficiência de zinco. Dessa forma, pequenas quantidades de zinco adicionadas podem ser suficientes para exigência dessa cultura. Fato que, não ocorreu na presente pesquisa, pois até a dose de 3 mL de  $\text{ZnSO}_4$ , com teor de zinco de  $282,19 \text{ mg.Kg}^{-1}$  não foi prejudicial para o lote de maior qualidade. Apesar do alto teor de zinco na parte aérea, não foram observados sintomas visuais de toxicidade. Além disso, a dose de 3 mL de  $\text{ZnSO}_4$  promoveu uma maior massa seca da parte aérea, raiz e da planta inteira. Em outros trabalhos foram observados desenvolvimentos normais em plantas de arroz cultivadas em vaso preenchidos com solo, apresentando teor de zinco na parte aérea, variando de  $180 \text{ mg.kg}^{-1}$  (CAMARGO et al., 2000) até  $529 \text{ mg.kg}^{-1}$  (OLIVEIRA et al., 2005). Salienta-se que tais efeitos foram relatados por Fageria (2000), em teor de zinco igual a  $673 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

A dose de 4 mL de  $\text{ZnSO}_4$  pode ser considerada tóxica para a cultura do trigo, a qual apresentou teor de Zn na parte aérea de  $329,82 \text{ mg.Kg}^{-1}$ . Segundo Fageria (1992), não existem muitos dados na literatura neste sentido, mas relatou que o efeito tóxico de zinco na parte aérea das culturas anuais, é considerado com teores acima de  $400 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Para o lote de menor qualidade, foram encontrados resultados de 200,94 e 218,57  $\text{mg.kg}^{-1}$  de zinco, nas dose de 3 e 4 mL de  $\text{ZnSO}_4$  aplicados às sementes de trigo (Figura 4b).

**a) Lote de maior qualidade**



**b) Lote de menor qualidade**

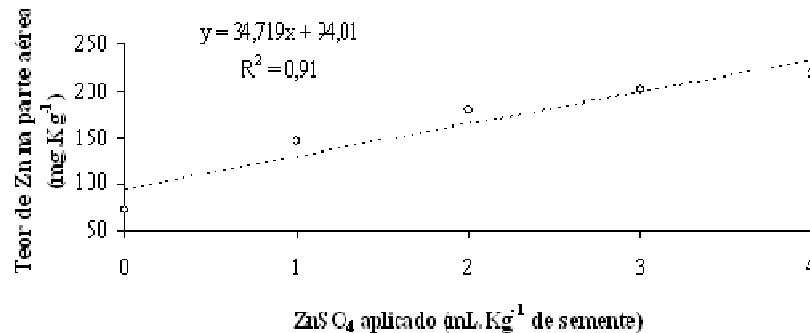


Figura 4 – Efeito das diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, no teor de Zn na parte aérea. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento: ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

Para o teor de Zn na raiz (Figura 5), os dois lotes analisados na presente pesquisa, apresentaram crescimento linear à medida que aumentaram-se as doses de ZnSO<sub>4</sub> aplicados às sementes.

No lote de maior qualidade, o valor de 448,68 mg.kg<sup>-1</sup> foi encontrado na dose de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub>, apresentando um aumento de 79,7% em comparação à dose zero (Figura 5a). No entanto, esse valor pode ser considerado um indício de efeito fitotóxico, ou inibir outros processos fisiológicos que reduzem o acúmulo de massa seca, pois apresentaram uma redução de 13,9% de massa seca da raiz, na dose de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub>, comparativamente à dose de 3 mL (Figura 2a). A maior massa seca das raízes foi encontrado na dose de 3 mL de ZnSO<sub>4</sub>, correspondendo a um teor de zinco na raiz de 394,85 mg.kg<sup>-1</sup>.

Para o lote de menor qualidade, o teor de zinco na raiz (Figura 5b) teve comportamento similar à massa seca das raízes das plântulas (Figura 2b). Na dose de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub> observou-se um teor de Zn na raiz de 329,96 mg.Kg<sup>-1</sup>, valor de 73,8% mais alto comparada à dose nula. Resultados semelhantes foram encontrados por Rozane et al. (2008),

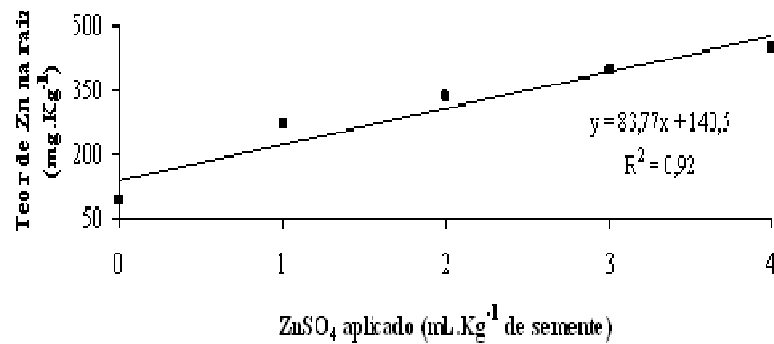
nos quais a dose mais elevada de  $ZnSO_4$ , promoveu um teor de zinco nas raízes de 336,33  $mg.Kg^{-1}$ .

Esses teores de zinco estão acima dos encontrados por outros autores, em trigo cultivado em vaso preenchido com solo, a exemplo de Orioli Junior et al. (2008) (15 – 47  $mg.kg^{-1}$ ) e em arroz, por Oliveira et al. (2003) (45 – 101  $mg.kg^{-1}$ ) e Moraes et al. (2004) (16 – 42  $mg.kg^{-1}$ ). Entretanto, tais valores estão próximos do obtido por Barbosa Filho et al. (1992) (390  $mg.kg^{-1}$ ).

As diferenças de teor de zinco obtidas no tecido vegetal, entre o presente trabalho e a literatura, devem-se principalmente às condições de cultivo diferenciadas como solo e areia e também, a duração do experimento para a coleta das amostras. Além das diferentes cultivares empregadas por Borket et al. (1998), também evidenciam que há amplitude na variação do nível crítico de toxicidade mesmo entre cultivares da mesma espécie.

Cabe salientar que, o acúmulo maior de zinco nas raízes comparativamente à parte aérea, deve-se ao fato da raiz absorver o micronutriente e depois translocá-lo para a parte aérea. Salienta-se que a tolerância das plantas ao excesso de zinco, está relacionada ao fato da planta exsudar substâncias quelantes nas raízes, por meio de ligação do metal às cargas existentes na parede celular ou a complexação do zinco no citoplasma das células, por ácidos orgânicos e inorgânicos, fitatos e fitoquelatinas (WANG e EVANGELOU, 1994). Por fim, esses compostos formados são armazenados nos vacúolos na forma menos tóxica para a planta, mas ao proceder-se à análise química no tecido vegetal, esse é quantificado inferindo alto teor na planta.

**a) Lote de maior qualidade**



**b) Lote de menor qualidade**

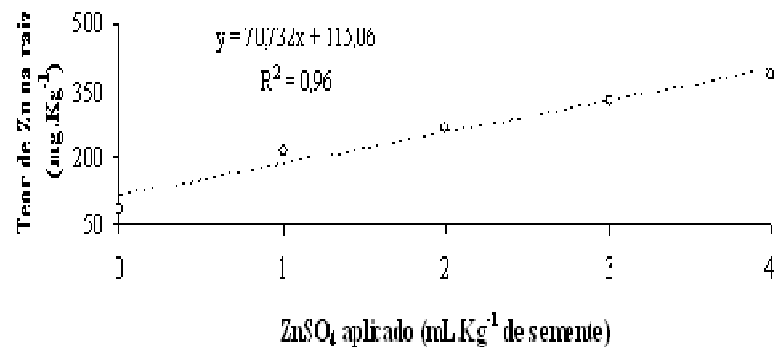


Figura 5 – Efeito das diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, no teor de Zn na raiz. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento: ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

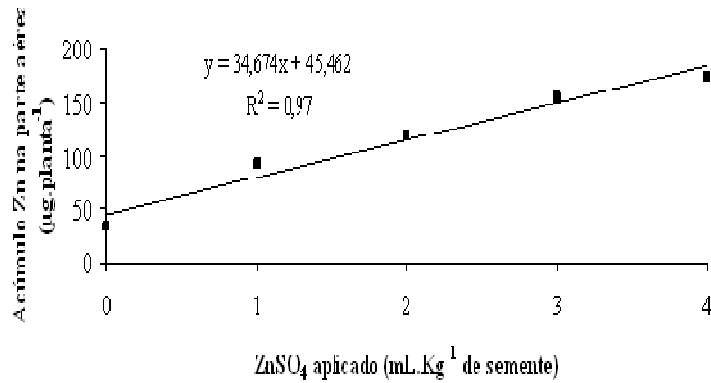
A aplicação de zinco em sementes de trigo incrementou de forma linear tanto o lote de maior como o de menor qualidade (Figura 6a e b). Ribeiro e Santos (1996) também verificaram que a aplicação de zinco nas sementes aumentou a concentração e acumulação de zinco na parte aérea. Entretanto, Ohse et al. (1999) observaram que a aplicação de zinco em sementes de arroz não proporcionou acúmulo de zinco da parte aérea.

Assim, observou-se que com a aplicação de sulfato de zinco houve acúmulo máximo do nutriente na parte aérea de 174,80  $\mu\text{g.planta}^{-1}$  para o lote de maior qualidade e de 96,17  $\mu\text{g.planta}^{-1}$  para o de menor qualidade (Figura 6a, b). Este maior acúmulo de zinco na planta com uso da fonte de ZnSO<sub>4</sub> pode estar relacionado à solubilidade da mesma, sendo o sulfato bastante solúvel em água. De acordo com Vale (2001), o zinco presente no sulfato é mais disponível para as plantas, do que o contido no óxido.

Resultados semelhantes foram encontrados por Franco et al. (2004) em plântulas de feijão e café. Esses dados também condizem com as observações de Longnecker e Robson (1993), os quais relataram que tecidos jovens (início da estabilização da cultura no solo)

tendem a acumular, preferencialmente, mais zinco que tecidos maduros, pois representam regiões metabolicamente mais ativas com grande demanda por nutrientes.

**a) Lote de maior qualidade**



**b) Lote de menor qualidade**

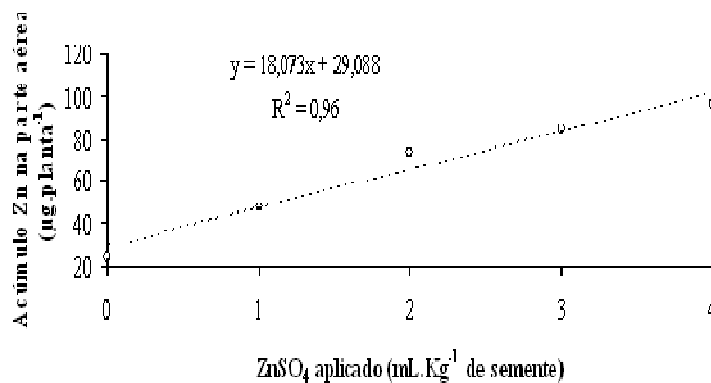


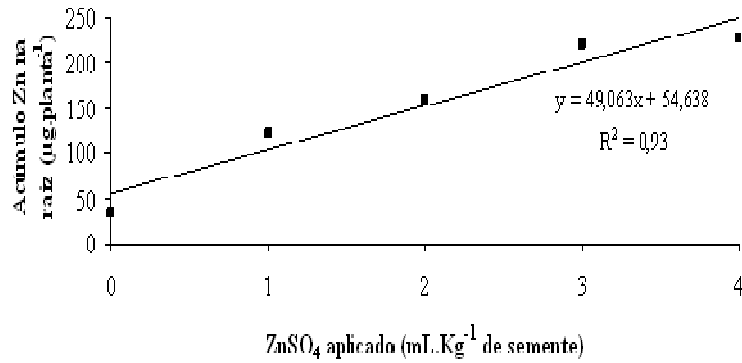
Figura 6 – Efeito das diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, no acúmulo de Zn na parte aérea. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento: ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

Com relação ao acúmulo de zinco na raiz, observou-se que a aplicação de ZnSO<sub>4</sub> nas sementes promoveu diferença significativa entre as doses (Figura 7). Observou-se que o sulfato, no lote de maior qualidade, proporcionou maior acúmulo de Zn na raiz na dose de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub> (Figura 7a), da mesma forma que ocorreu para o acúmulo do nutriente na parte aérea, visto anteriormente.

O acúmulo de zinco na raiz na dose de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub> foi de 228,83 µg.planta<sup>-1</sup> para o lote de maior qualidade e de 168,87 µg.planta<sup>-1</sup> para o de menor qualidade. Bingham et al. (1975) mostram que, em gramíneas, o zinco acumula-se mais nas raízes do que na parte aérea.

Esses resultados estão de acordo com Cakmak et al. (1989), que constataram um maior acúmulo de zinco nas raízes do que na parte aérea de plântulas de feijão.

**a) Lote de maior qualidade**



**b) Lote de menor qualidade**

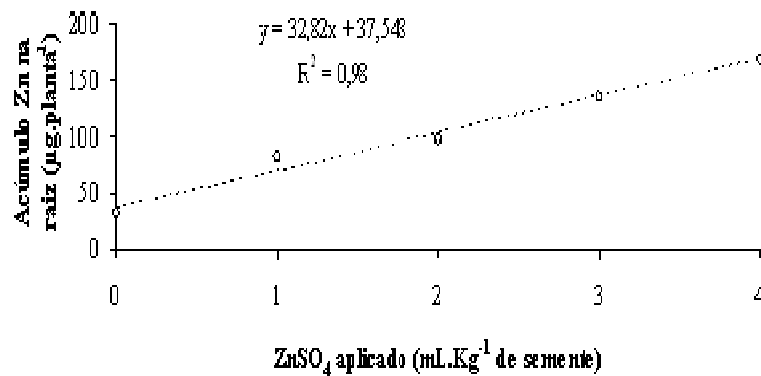


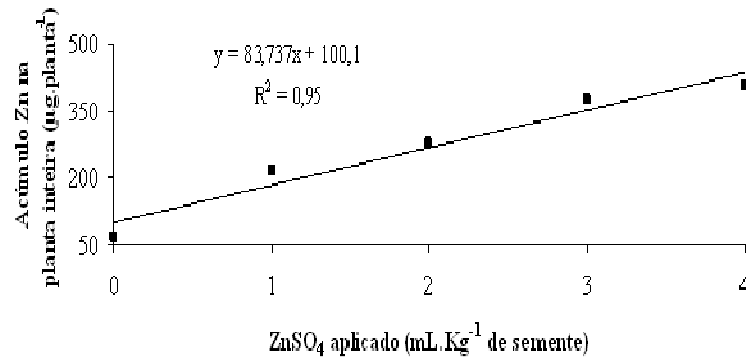
Figura 7 – Efeito das diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> em sementes de trigo, lote de alto maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, no acúmulo de Zn na raiz. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento: ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

Para os dois lotes de sementes de trigo, o comportamento foram similares, ou seja, ambos apresentaram aumento linear do acúmulo de zinco na planta inteira à medida que aumentaram as doses de ZnSO<sub>4</sub> aplicados às sementes (Figura 8)

Para o lote de maior qualidade, o valor máximo de acúmulo de zinco na planta inteira foi de 403,63 µg.planta<sup>-1</sup> (Figura 8a) e para o lote de menor qualidade 265,04 µg.planta<sup>-1</sup> (Figura 8b).



**a) Lote de maior qualidade**



**b) Lote de menor qualidade**

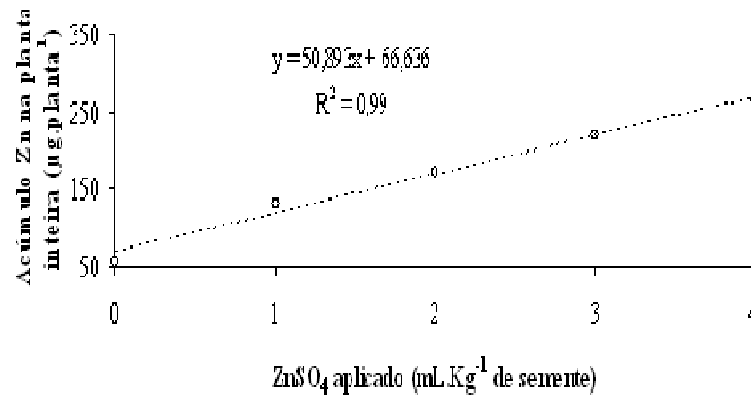


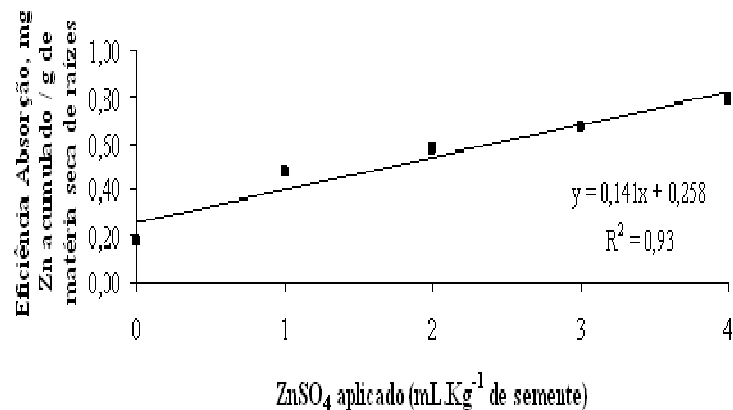
Figura 8 – Efeito das diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, no acúmulo de Zn na planta inteira. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento: ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

### 3.5.2 Efeito das doses de ZnSO<sub>4</sub> sobre a eficiência nutricional

Para a eficiência de absorção (Figura 9) constatou-se que a fonte sulfato de zinco, atingiu a máxima eficiência de 79%, na dose de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub>, sendo que na dose zero a eficiência foi inferior à demais doses (Figura 9a). De acordo com Rozane et al. (2008), esse fato pode ser explicado pelo alto acúmulo de matéria seca radicular apresentada às menores doses, haja vista a limitação nutricional.

Para o lote de menor qualidade (Figura 9b), a eficiência de absorção foi mais elevada também na dose de 4 mL de ZnSO<sub>4</sub>, com eficiência máxima de 60%.

**a) Lote de maior qualidade**



**b) Lote de menor qualidade**

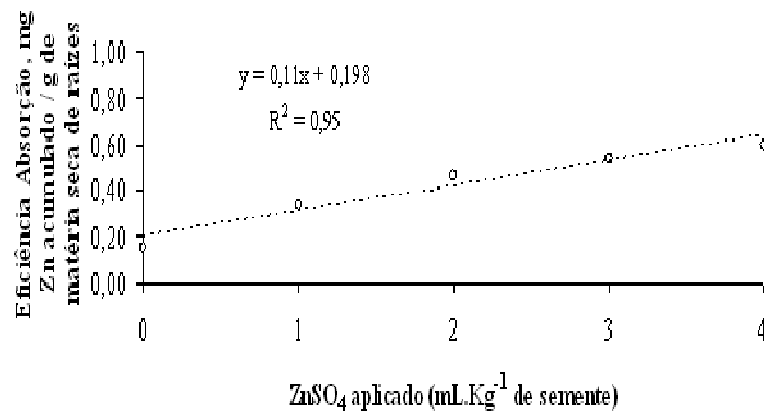
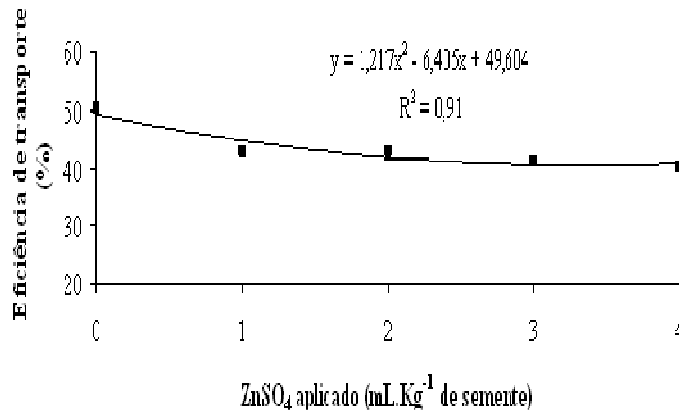


Figura 9 – Efeito das diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, na eficiência de absorção de Zn. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento: ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

A eficiência de transporte de zinco está representada na Figura 10. Salienta-se que o aumento das doses de ZnSO<sub>4</sub> resultaram em diminuição significativa da eficiência de transporte do nutriente. Assim, as doses de ZnSO<sub>4</sub> aplicadas às sementes do trigo, para os dois lotes, de maior e menor qualidade, proporcionaram variação quadrática na eficiência de transporte de zinco. Observa-se ainda que, na dose zero, a eficiência foi superior a todas as doses estudadas (Figura 10a, b). Este fato pode ser explicado pela baixa concentração no substrato, pois todo o zinco contido na semente foi transportado para a parte aérea a fim de desempenhar seu papel fisiológico na nutrição da planta. A quantidade de zinco presente nas sementes do lote de maior qualidade foi de 45,63 mg.Kg<sup>-1</sup> e no de menor qualidade = 43,56 mg.Kg<sup>-1</sup>. Assim, podem ser adequados para atender as necessidades nutricionais na fase inicial de crescimento das plântulas.

Gao et al. (2005) relataram que a eficiência de transporte de zinco é um fator importante, explicando em 53% a produção das diferentes cultivares de arroz. Segundo IRRI (1969) o teor de zinco da parte aérea de cultivares de arroz pode variar sob altas doses de Zn, pela maior capacidade de translocação do Zn do sistema radicular para a parte aérea.

### a) Lote de maior qualidade



### b) Lote de menor qualidade

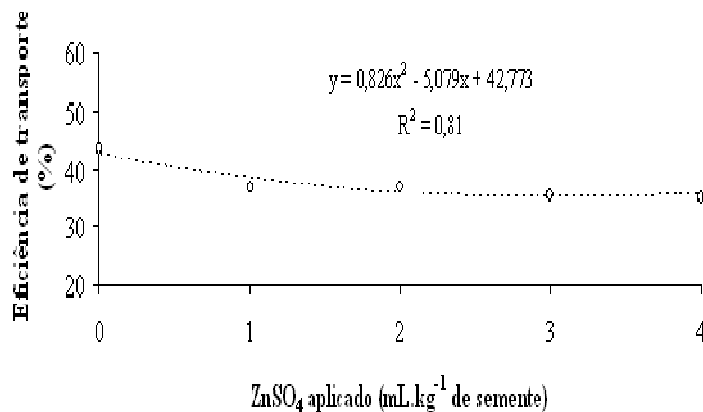


Figura 10 – Efeito das diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, na eficiência de transporte de Zn. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento: ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente.

Observou-se que houve redução acentuada na eficiência de utilização do zinco com o aumento das doses de ZnSO<sub>4</sub> para os dois lotes de sementes de trigo (Figura 11).

A menor eficiência obtida no lote de maior e menor qualidade foram de 2,68 e 2,92g de matéria seca/mg de zinco acumulado, respectivamente, na dose mais elevada de ZnSO<sub>4</sub> aplicado às sementes. Dessa forma, as sementes do lote de menor qualidade seriam mais eficientes na utilização do zinco. Oliveira et al. (2003) obtiveram resultados similares,

trabalhando com resposta de duas cultivares de arroz à aplicação de zinco, onde a eficiência de utilização ficou em 3,79 e 6,67g de matéria seca por mg de zinco, adicionado às cultivares de arroz IAC162 e IAC202, respectivamente, indicando assim que a IAC 202 seria mais eficiente na utilização do zinco. Em trabalho similar, Malavolta et al. (2002) também comprovaram a superioridade da eficiência de utilização da cultivar IAC202 em relação a IAC165 no processo de conversão do zinco absorvido em grãos.

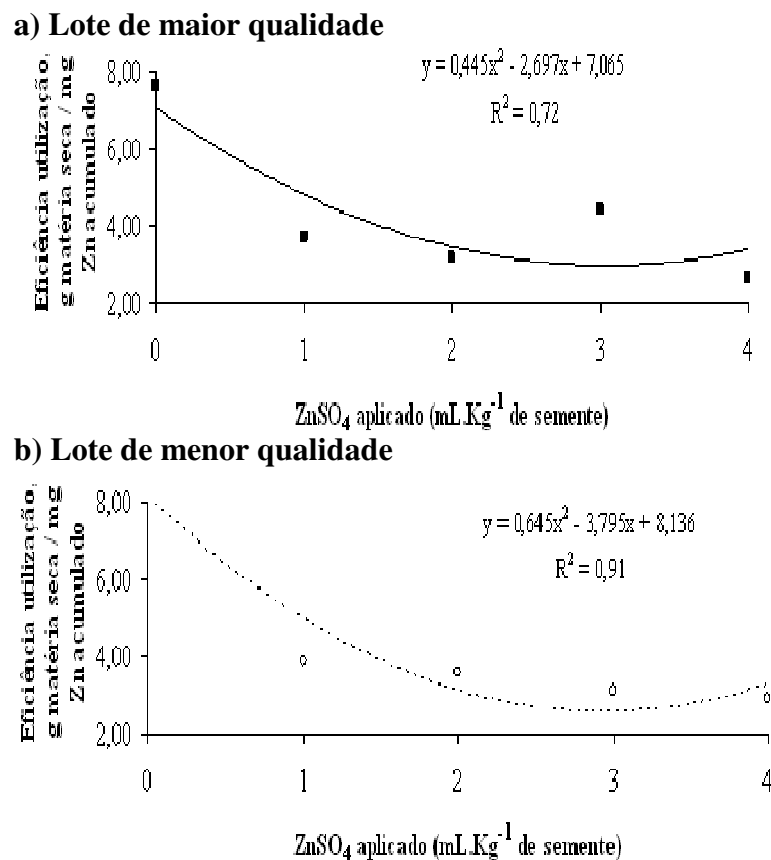


Figura 11 –Efeito das diferentes doses de  $ZnSO_4$  em sementes de trigo, lote de maior e menor qualidade, após seis meses de armazenamento, na eficiência de utilização de Zn. UFPel, Pelotas, RS, 2011. \*Recobrimento:  $ZnSO_4$  + fungicida + polímero + água. $kg^{-1}$  de semente.

Pelos resultados, observou-se que a aplicação de  $ZnSO_4$  em sementes, resultou em maior eficiência de absorção e menor eficiência de transporte e utilização de zinco, à medida que aumentaram as doses do nutriente. Na matéria seca da planta inteira (Figura 3), foi constatado o aumento da produção com as doses mais elevadas de  $ZnSO_4$ , daí infere-se que a eficiência de absorção retratou esse fato mais adequadamente que as demais eficiências estudadas, para os lotes de maior e menor qualidade.

### 3.5.3 Avaliação dos componentes de rendimento

Foram avaliadas apenas as variáveis de rendimento das plantas originadas do lote de sementes de maior qualidade. Devido às condições adversas que ocorreram durante o crescimento e desenvolvimento do trigo, plantas resultantes não conseguiram finalizar o ciclo da cultura.

Na Figura 12, são apresentados os resultados relativos ao número de espiguetas por planta de trigo, obtidos em campo de produção de sementes. Ocorreu efeito significativo das doses de  $\text{ZnSO}_4$  na variável número de espiguetas por planta, e esse valor aumenta de acordo com o incremento de zinco nas sementes. Constatou-se um aumento de 57,9% no número de espiguetas por planta na dose de 3 e 4 mL de  $\text{ZnSO}_4$  em comparação à dose zero. Esses resultados concordam com Ohse et al. (1999) ao observarem que o número de panículas/planta de arroz irrigado variou em função da dose de zinco aplicada nas sementes, com número máximo estimado de 5,94 panículas/plantas para a dose ótima estimada  $0,76 \text{ g Zn kg}^{-1}$  de sementes, equivalente a  $114,0 \text{ g ha}^{-1}$  de zinco. Já Fungueto et al. (2010) não observaram diferença entre doses de zinco para esta variável, concordando com Bonnacarrère et al. (2004), ao analisarem o desempenho de genótipos de arroz irrigado em solução nutritiva com deficiência e com suficiência de zinco ( $0,150 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Na pesquisa de Orioli Junior et al. (2008), também não foram detectadas diferenças no número de espiguetas em sementes de trigo tratadas com zinco.

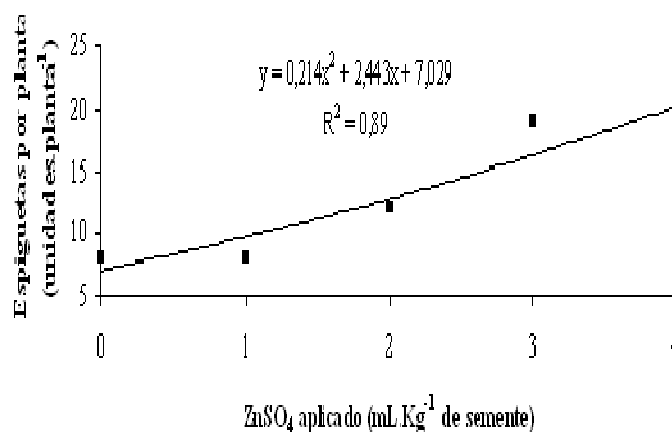


Figura 12 –Número de espiguetas por planta de trigo recobertas com diferentes doses de  $\text{ZnSO}_4$  + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente, armazenadas por seis meses. Campo de produção de sementes de trigo, Arroio Grande, RS, 2011.

A tendência do número de grãos por espiguetas foi aumentar de acordo com o incremento de zinco nas sementes (Figura 13). Foi verificado um acréscimo de 38% no número de grãos por espiguetas na dose mais elevada de  $ZnSO_4$  comparativamente à dose zero. Moraes et al. (2004), encontraram um aumento de 73% no número de grãos de arroz tratados com zinco em comparação a testemunha. Fageria (2001) concluiu haver respostas significativamente diferentes entre genótipos de arroz, na produção de grãos, em resposta ao uso de zinco. Em outro estudo, Fageria e Baligar (2005), verificaram que os níveis e fontes de zinco, além dos genótipos, tiveram influência significativa sobre a produção de grãos de arroz.

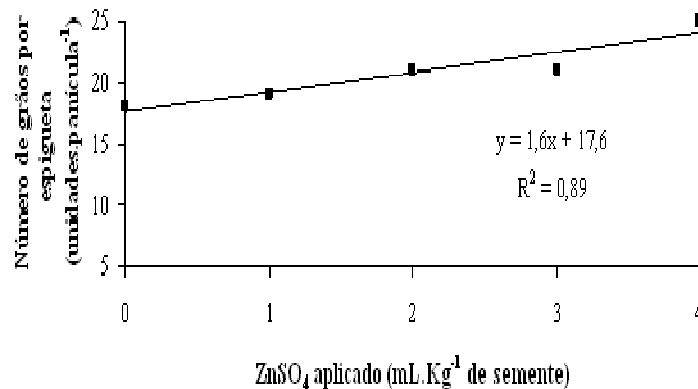


Figura 13 – Número de grãos por espiguetas por planta de trigo recobertas com diferentes doses de  $ZnSO_4$  + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente, armazenadas por seis meses. Campo de produção de sementes de trigo, Arroio Grande, RS, 2011.

Na Figura 14, são apresentados os resultados relativos ao peso de grãos por planta de trigo, obtidos em campo de produção de sementes. A tendência do lote de maior qualidade foi aumentar o peso de grãos por planta, conforme incrementa as doses de zinco. O mesmo foi verificado por Fungueto (2006) em sementes de arroz.

O acréscimo no peso de grãos foi de 45,9%, em relação à dose zero. Resultados obtidos por Moraes et al. (2004), mostraram que o zinco foi o micronutriente que apresentou maior correlação entre doses e produtividade de grãos.

De acordo com Lopes (1999), o fato de a planta estar bem nutrida na fase reprodutiva pode favorecer a diminuição do abortamento de grãos, ou seja, quanto melhor seu equilíbrio nutricional maior será a capacidade da planta em manter maior número de grãos, o que, conseqüentemente pode influenciar no peso de grãos.

A adição de zinco externo na semente irá propiciar à indústria de sementes, que agregue valor ao seu produto, ofertando ao agricultor a possibilidade de adquirir sementes de trigo recobertas com zinco que poderá lhe proporcionar um aumento de produtividade mínimo de 30%. Diversos autores verificaram aumento na produção de grãos com a aplicação de zinco nas sementes, além de ser o micronutriente com maior correlação entre doses e produtividade de grãos de arroz (LOPES, 1999; MORAES et al., 2004; BONECCARRÉRE et al. 2004).

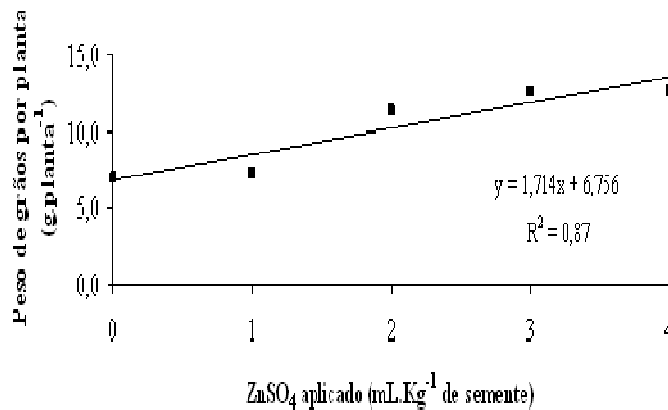


Figura 14 –Peso de grãos por planta de trigo recobertas com diferentes ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente, armazenadas por seis meses. Campo de produção de sementes de trigo, Arroio Grande, RS, 2011.

Os resultados do teor de zinco nas sementes de trigo estão representados na Figura 15. O teor de zinco nas doses de 0 e 1 mL de ZnSO<sub>4</sub>, estão muito próximos do valor das sementes da safra anterior (45, 63 mg.kg<sup>-1</sup>). Este fato pode ter recebido contribuição do micronutriente contido na reserva das sementes e também no solo (0,45 mg.dm<sup>-3</sup>), que foram suficientes para manter a nutrição de zinco resultantes de sementes não tratadas. Também se pode explicar pelo fato que os teores no solo da testemunha atenderiam a exigência da planta conforme Fageria et al. (2000), pois indica como teor adequado de zinco no solo para o trigo de 0,3 mg.dm<sup>-3</sup>. É relatado ainda pelos autores, que as culturas de trigo, arroz, milho e soja mostram resposta significativa e quadrática com o aumento do teor de zinco no solo, mas no feijoeiro diminui com o aumento do teor de zinco no solo.

A partir da dose de 1 mL de ZnSO<sub>4</sub> aplicado às sementes, ocorreu um aumento do teor de zinco nas sementes de 6,8; 7,3 e 7,6 nas doses de 2; 3 e 4 mL de ZnSO<sub>4</sub>, respectivamente. O estado nutricional das plantas (Figura 8a) afetou significativamente o transporte do zinco aplicado via semente. Essas observações condizem com os relatos de Riceman e Jones (1958)

e McGratha e Robson (1984), os quais constataram maior translocação de zinco da planta para as sementes, em condição de boa nutrição de zinco em relação às plantas mal nutridas.

Clark (1990) relatou que o arroz e o milho são mais sensíveis à deficiência de zinco e o trigo é mais eficiente no uso deste nutriente.

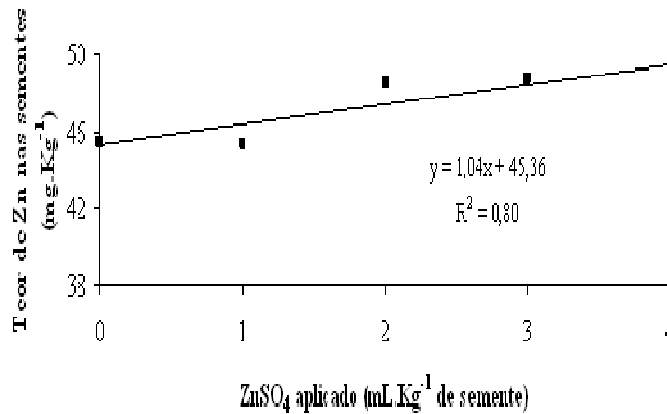


Figura 15 – Teor de zinco nas sementes de trigo, recobertas com diferentes doses de ZnSO<sub>4</sub> + fungicida + polímero + água.kg<sup>-1</sup> de semente, armazenadas por seis meses. Campo de produção de sementes de trigo. Arroio Grande, RS, 2011.

Estes resultados mostram que o zinco não pode ser classificado como imóvel na planta, pois, como o teor de zinco nas sementes cresce de forma linear à medida que aumenta a concentração de zinco aplicado às sementes, pois este possui capacidade de translocação da semente para raiz – parte aérea – semente.

Uma análise geral dos resultados obtidos permite verificar que a aplicação de zinco em doses de 3 a 4 mL de ZnSO<sub>4</sub>, afetaram positivamente a massa seca de plântulas e o teor de zinco nas plantas, com superioridade de acúmulo nas raízes.

Além disso, vale ressaltar que a eficiência de absorção de zinco pela planta apresentou incremento com a elevação da dose. Todavia, a eficiência de transporte e de utilização decrescer com o incremento da dose de zinco.

### 3.6 CONCLUSÕES

A aplicação de 3 mL de ZnSO<sub>4</sub> nas sementes de maior qualidade, ocasionam uma maior massa seca e teor de zinco nas raízes, entretanto, para o lote de menor qualidade vigor a dose de 4 mL obteve resultados mais expressivos.

O zinco aplicado às sementes de trigo acumula-se principalmente nas raízes.



A aplicação de  $ZnSO_4$  em sementes, resulta em maior eficiência de absorção e menor eficiência de transporte e utilização de zinco, à medida que aumentam as doses do nutriente.

Número de grãos por espiguetas e peso de grãos por planta, pode-se dizer que o recobrimento das sementes de trigo com zinco propicia um aumento de produtividade superior a 30%.

### 3.7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, W.E.B.; SOUZA, A.F.; CARVALHO, J.G. Limitações nutricionais para a cultura do arroz irrigado em solo orgânico da região Nordeste Fluminense. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.21, n.3, p.513-517, 1997.

ANDRADE, W.E.B.; SOUZA, A.F.; CARVALHO, J.G. Deficiências nutricionais no arroz irrigado em sucessão ao feijoeiro em solo de várzea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1129-1135, 1998.

BARBOSA-FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; CARVALHO, J.R.P. Fontes de zinco e modos de aplicação sobre a produção de arroz em solos do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.12, p. 1713-1719, 1982.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; FONSECA, J.R. Tratamento de sementes de arroz com micronutrientes sobre o rendimento e qualidade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.3, p.219-222, 1983.

BARBOSA FILHO, M.P.; DYNIA, J.F.; ZIMMERMANN, F.J.P. Resposta do arroz de sequeiro ao zinco e ao cobre com efeito residual para o milho. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.14, n.3, p.333-338, 1990.

BARBOSA FILHO, M.P. et al. Interações entre calagem e zinco na absorção de nutrientes e produção de arroz de sequeiro em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, p. 355-360, 1992.

BATAGLIA, O.C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim técnico, 78).

BINGHAM, F.T. et al. Growth and cadmium accumulation of plants grown on a soil treated with a cadmium-enriched sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, v. 4, p. 207-211, 1975.

BONNECARRÉRE, R.A.G. et al. Resposta de genótipos de arroz irrigado à aplicação de zinco. **Revista Faculdade Zootecnia Veterinária e Agronomia**, v.10, n.1, p. 214-222, 2004.

BORKERT, C.M.; COX, F.R.; TUCKER, M.R. Zinc and copper toxicity in peanut, soybean, rice and corn in soil mixtures. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.29, p. 2991-3005, 1998.

CALKMAK, K.; MARSCHNER, H.; BANGERTH, F. Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of indole-3-acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.40, p. 405-412, 1989.

CAMARGO, M.S. et al. E. Adubação fosfatada e metais pesados em Latossolo cultivado com arroz. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3 p. 513-518, 2000.

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

CHENG, T. The effect of seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. **Scientia Sinica**, v.4, p. 129-135, 1995.

CICERO, S.M. et al. Aplicação de micronutrientes e de inoculantes em sementes de feijão: efeitos na produção e na qualidade fisiológica das sementes. **Informativo Abrates**, v. 9, n. 1/2, p. 97, 1999.

CLARK, R.B. **Physiology of cereals for mineral nutrient uptake, use and efficiency**. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R. (ed.). Crops as enhancers of nutrient use. San Diego: Academic Press, 1990. p.131-209.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.

DALMOLIN, R.S.D. **Fontes de zinco aplicadas nas sementes de milho cultivado em solução nutritiva com diferentes doses de zinco**. 1992. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1992.

DYNIA, J.F.; MORAES, J.F.V. Calagem, adubação com micronutrientes e produção de arroz irrigado e feijoeiro em solo de várzea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.6, p.831-838, 1998.

FAGERIA, N.K. **Maximizing crop yields**. New York: Marcel Dekker, 1992. 274p.

FAGERIA, N.K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n.3, p. 390-395, 2000.

FAGERIA, N.K. Nutrient management for improving upland rice productivity and sustainability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.32, p. 2603-2629, 2001.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Growth components and zinc recovery efficiency of upland rice genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.12, p.1211- 1215, 2005.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2.ed.rev.aum. New York: Marcel Dekker, 1997. 656p.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the united Nations**: 2004. Disponível em <<http://www.fao.org/>>. Acesso em 02 junho de 2011.

FERREIRA, D.F. 2000. **Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0.** (ed.) Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45., São Carlos. Anais. São Carlos: UFSCAR. 225-258p.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz.** Jaboticabal: FUNEP, 221p. 1993.

FRANCO, I.A.L. et al. Translocação e compartimentalização de Zn aplicado via ZnSO<sub>4</sub> e ZnEDTA nas folhas de cafeeiro e feijoeiro. **Ciência Rural**, v.35, n.2, p.332-339, 2005.

FUNGUETO, C.I. **Recobrimento de sementes de arroz irrigado com zinco.** 2006. 35f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. 2006.

FUNGUETO, C.I.; PINTO, J.F.; BAUDET, L. PESKE, S.T. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.2, p. 117-123, 2010.

GAO, X. et al. Tolerance to zinc deficiency in rice correlates with zinc uptake and translocation. **Plant and Soil**, v. 278, n. 1/2, p. 253-261, 2005.

GOULART, A.C.P.; CASSETARI NETO, D. Efeito do ambiente de armazenamento e tratamento químico na germinação, vigor e sanidade de sementes de soja, *Glycine max* (L.) Merrill, com alto índice de *Phomopsis* sp. **Revista Brasileira de Sementes**, v.9, n.3, p. 91-102, 1987.

GUPTA, U.C. **Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais.** In: Ferreira, M.E. et al. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, p.13-31. 2001.

GRUSAK, M.A.; DELLAPENNA, D. Improving the nutrient composition of plant to enhance human nutrition and health. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p. 133-161, 1999.

GRUSAK, M.A. Enhancing mineral content in plant food products. **Journal of the American College of Nutrition**, v.21, p. 178-183, 2002.

HASLETT, B.S.; REID, R.J.; RENGEL, Z. Zinc mobility in wheat: uptake and distribution of zinc applied to leaves or root. **Annals of Botany**, v.87, p. 379-386, 2001.

HENNING, A. A.; ZORATO, M. F. Efeito do tratamento de sementes de soja com fungicidas antes do armazenamento. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.160, 1997.

HEWIT, E.J. **Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition.** 2nd edn, Technical Communication n. 2, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Zinc nutrition of rice. In: ANNUAL REPORT, 1969, Los Baños. **Proceedings...** Philippines: [s.n.], 1969. p. 155-161.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Ed. Gauanabara Koogan, S.A. 452p. 2004.

LEÃO, R.M.A. **Efeitos de fósforo e do zinco no comportamento do arroz sequeiro em Latossolo Vermelho-escuro sob vegetação de cerrado**. 1990. 121f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1990.

LI, B.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v.37, n.2, p.613-626, 1991.

LONERAGAN, L.F. The availability and absorption of trace elements in soil-plant systems and their relation to movement and concentrations of trace elements in plants. In: **Trace Elements in Soil-Plant-Animal Systems**. eds D.J.D. Nicholas and A.R. Egan, p. 109-134. Academic Press, New York. 1975.

LONERAGAN, J.F. et al. Translocation and function of zinc in roots. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, n. 9/16, p.1247-1254, 1987.

LONGNECKER, N.E.; ROBSON, A.D. Distribution and transport of Zn in plants. In: ROBSON, A.D. (Ed.). **Zinc in soil an plants**. S.L.: Kluwer Academic, 1993. p. 79-91.

LOPES, A.S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo. ANDA, 1999. 72p. (Boletim Técnico, 8).

LOPES, M.S. et al. Efeito de micronutrientes sobre o rendimento de grãos de arroz irrigado. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 13, 1984, Balneário Camboriú, SC. **Anais ...Florianópolis** : EPAGRI, 1984. p.180-189.

LUCCA FILHO, O.A.; NOGUEZ, M.A.D.; BAUDET, L.M. Comparação entre épocas de tratamento de sementes de soja. In: Congresso Brasileiro de Sementes, 3., 1983a, Campinas. **Resumos...** Brasília: Abrates, 1983a, p. 149.

LUCCA FILHO, O.A.; NOGUEZ, M.A.D.; BAUDET, L.M. Efeitos do tratamento com fungicidas sobre a qualidade das sementes de soja sob condições ambientais. In: Congresso Brasileiro de Sementes, 3.,1983, Campinas. **Resumos...** Brasília: Abrates, 1983b, p. 151.

MACHADO, M.O.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S. Influência do calcário na resposta do arroz irrigado a aplicação de zinco. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 12., 1983, Porto Alegre, RS. **Anais...**Porto Alegre: IRGA, 1983. p. 143-148.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Viçosa: UFV, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E. et al. Resposta de dois cultivares de arroz ao zinco em solução nutritiva. **Revista de Agricultura**, v. 77, n. 2, p. 195-208, 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARCOS FILHO, J.; SOUZA, F.H.D. Conservação de sementes de soja tratadas com fungicidas. **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, v. 40, p. 181-201, 1983.

MARCARENHAS, H.A.A. et al. Zinco nas folhas de soja em função da calagem. **Bragantia**, v.47, p.137-142, 1988.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 1.ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, 2005. 201p.

MARCHEZAN, E. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p. 941-945, 2001.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London, New York: Academic Press, 1995. 889p.

MARSH, D.B. et al. The use of a split-root technique to study Zn movement and activity in a nodulating cowpea root system. **Hort Science**, v.20, n.3, p.425-427, 1985.

MASSEY, H.F.; LOEFFEL, F.A. Factors in interstrain variation in zinc content of maize (*Zea mays* L.) kernels. **Agronomy Journal**, v.59, n.3, p. 214-217, 1967.

McGRATH, J.F.; ROBSON, A.D. The influence of zinc supply to seedling of *Pinus radiata* D. Don. On the internal transport of recently absorbed zinc. **Australian journal of Plant Physiology**, v.11, n.3, p. 165-178, 1984.

MELO, E.F.R.Q. **Respostas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a níveis de zinco nas formas inorgânicas e orgânicas, em casa de vegetação e no campo**. 1990. 125f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1990.

MORAES, M.F. et al. Resposta do arroz em casa de vegetação a fontes de micronutrientes de diferentes granulometria e solubilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 611-614, 2004.

MURAOKA, T. **Solubilidade do zinco e do manganês em diversos extratores e disponibilidade desses dois micronutrientes para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca**. 1981. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 1981.

NAKAMAE, I. J. Renovam-se as esperanças da retomada. **Agrinual 2004 anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, p. 479-480. 2004.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, p. 49-85.

OHSE, S. et al. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista Faculdade Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 7, n. 1, p.73-79. 2000.

OHSE, S. et al. Efeito do tratamento de sementes de arroz irrigado com zinco em relação a aplicação no substrato. **Revista da Faculdade de Agronomia, Veterinária e Zootecnia, Uruguiana**, v. 5, n. 1, p. 35- 41, 1999.

OLIVEIRA, C. et al. Efeitos da aplicação do lodo de esgoto enriquecido com cádmio e zinco na cultura do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 109-116, 2005.

OLIVEIRA, S.C. et al. Resposta de duas cultivares de arroz a doses de zinco aplicado como oxissulfato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 387-396, 2003.

ORIOLI JUNIOR, V. et al. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de massa seca de plantas de trigo. **Revista Ciência del Suelo y Nutrición Vegetal**, v.8, n.1, p. 28-36, 2008.

PAULA, M.B. de. et al. Curva de resposta e avaliação de extratores para zinco disponível em solos hidromórficos e aluviais sob arroz inundado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.15, n.1, p.49-55, 1991.

PEARSON, J.N.; RENGEL, Z. Distribution and remobilization of Zn and Mn during grain development in wheat. **Journal of Experimental Botany**, v.45, n.281, p.1829-1835, 1994.

PEARSON, J.N.; RENGEL, Z. Uptake and distribution of <sup>65</sup>Zn and <sup>54</sup>Mn in wheat grown at sufficient and deficient level of Zn and Mn. I. During vegetative growth. **Journal of Experimental Botany**, v.46, n.288, p.833-839, 1995a.

PEARSON, J.N.; RENGEL, Z. Uptake and distribution of <sup>65</sup>Zn and <sup>54</sup>Mn in wheat grown at sufficient and deficient levels of Zn and Mn II. During grain development. **Journal of Experimental Botany**, v.46, n.288, p.841-845, 1995b.

PESKE, S.T. Qualidade e produtividade. **Seed News**, n.5, p.10, 2000.

PLAZAS, I.H.A.Z.; MEDINA, P.F.; NOVO, J.P.S. Viabilidade de sementes de trigo tratadas com fenitrotion e infestadas por *Sitophilus Oryzae* (L.) (Coleóptera: Curculionidae) durante o armazenamento. **Bragantia**, v.62, n.2, p. 315-327, 2003.

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

REIS JÚNIOR, A. **Avaliação agrônômica do Stimulate na cultura do algodão**. Disponível em:

<[http://www.fundacaochapadao.com.br/v1/images/stories/arquivos/artigos/Algodao\\_Stoller\\_01-02.pdf](http://www.fundacaochapadao.com.br/v1/images/stories/arquivos/artigos/Algodao_Stoller_01-02.pdf)>. Acesso em 15 dezembro de 2003.

REZER, J.R., et al. Aplicação foliar de micronutrientes em arroz irrigado (*Oryza sativa* L.), em área de várzea sistematizada. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 22, 1997, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí : EPAGRI, 1997. p.248-250.

RIBEIRO, N.D. **Germinação e vigor de sementes de milho tratadas com fontes de zinco e boro**. 1993. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1993.

RIBEIRO, N.D.; MENEZES, N.L. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Revista Ciência Rural**, v.26, p. 159-165, 1996.

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

RICEMAM, D.S.; JONES, G.B. Distribution of zinc and copper in subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) grow in culture solutions supplied with graduated amounts of zinc. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 9, n.1, p. 73-122, 1958.

ROSELAN, C.A.; FRANCO, G.R. Translocação de zinco e crescimento radicular em milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.24, p. 807-814, 2000.

ROZANE, D.E. Resposta de plântulas de arroz cv. BRS Soberana à aplicação de zinco via semente. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p. 847-854, 2008.

SANCHES, P. A.; SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols in Tropical América. **Advances in Agronomy**, v. 34, p. 279-406, 1981.

SANTOS, O.S.O; ESTEFANEL, V. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. **Revista Centro Ciências Rurais**, v.16, n.1, p.5-17, 1981.

SANTOS, O.S., RIBEIRO, N.D. 1994. Fontes de zinco aplicadas em sementes de milho, em solução nutritiva. **Ciência Rural**, v.24, n.1, p. 59-62, 1994.

SCHÖFFEL, E.R.; COLLÚCIO, A.D. Comportamento de variedades de arroz sob diferentes doses de zinco aplicadas no solo. **Revista Faculdade Zootecnia Veterinária e Agronomia de Uruguaiana**, v. 7/8, n. 1, p. 27-31, 2001.

SFREDO, G.J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina, 2008. 148p. (Embrapa Soja. Documentos, 305).

SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.4, n.3, p.289-302, 1981.

SILVA, J.B.S. **Influência de doses de ZnSO<sub>4</sub> aplicados via foliar sobre a produção de cafeeiro** (*Coffea arabica*). 1979. 62p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior em Agronomia “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 1979.

SLATON, N.A. et al. Evaluation of zinc seed treatments for rice. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 152-157, 2001.

SWIADER, J.M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F.G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, n.10, p. 1687 - 1699, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 3. ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 2002. 690p.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

VALE, F. **Avaliação e caracterização da disponibilidade do boro e zinco contidos em fertilizantes**. 2001. 91f. Dissertação (Doutorado Fertilidade de solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 2001.

YAGI, R. et al. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p. 665-660, 2006.

ZORATO, M.F. **Influência de diferentes formulações de fungicidas e agentes veiculadores, na qualidade de sementes de soja armazenada**. 1998. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 1998.

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.

WANG, J.; EVANGELOU, V.P. **Metal tolerance aspects of plant cell wall and vacuole: handbook of plant and crop physiology**. Tucson: The University of Arizona, 1994. 325 p.