

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SEMENTES**



**GERMINAÇÃO E VIGOR EM GENÓTIPOS DE TRIGO SOB ESTRESSE  
SALINO E DÉFICIT HÍDRICO**

**Eng. Agr. MATEUS OLIVO**

**Pelotas, 2013.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**SEMENTES**



**GERMINAÇÃO E VIGOR EM GENÓTIPOS DE TRIGO SOB ESTRESSE**  
**SALINO E DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação de Mestrado  
apresentado à Universidade  
Federal de Pelotas - UFPel, como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Ciência e  
Tecnologia de Sementes.

**ORIENTADOR:**

Dr. Luciano Carlos da Maia

**CO-ORIENTADORES:**

Dr. Ariano Martins de Magalhães Júnior; Dr. Antônio Costa de Oliveira

**Pelotas, 2013.**

## Dados Internacionais de Publicação (CIP)

048g      Olivo, Mateus  
            GERMINAÇÃO E VIGOR EM GENÓTIPOS DE TRIGO SOB  
ESTRESSE SALINO E DÉFICIT HÍDRICO / Mateus Olivo;  
Luciano Carlos da Maia, orientador; Ariano Martins de  
Magalhães Júnior; Antônio Costa de Oliveira,  
co-orientador. - Pelotas, 2013.  
            57 f.: il.

            Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de  
Sementes), Faculdade de Agronomia \\\\"Eliseu Maciel\\\\" ,  
Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

            1.Trigo. 2.Estresse abiótico. 3.Sementes. 4.Efeito  
do ambiente. I. Maia, Luciano Carlos da , orient. II.  
Oliveira, Ariano Martins de Magalhães Júnior; Antônio  
Costa de , co-orient. III. Título.

CDD: 633.11

**Banca Examinadora:**

Dr. Luciano Carlos da Maia

Dr. Luciano do Amarante

Dr.<sup>a</sup> Letícia Carvalho Benitez

Dr. Geri Eduardo Meneghello

***A minha família, especialmente aos meus pais Dorselide Olivo e Verônica Paludo Olivo e minha irmã Franciele Olivo Bertan, que sempre me deram apoio incentivo e carinho.***

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus acima de tudo.

À toda minha família e amigos que sempre me apoiaram nesta caminhada.

À Universidade Federal de Pelotas, aos Programas de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes e Pós-Graduação em Agronomia: Fito-melhoramento da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” que me permitiram ampliar a visão sobre pesquisa e desenvolvimento.

Ao orientador Luciano Carlos da Maia e aos co-orientadores Ariano Martins de Magalhães Júnior e Antônio Costa de Oliveira, pela orientação e ensinamentos transmitidos durante o curso.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pelo convívio e ensinamentos repassados.

Aos colegas de sala Rodrigo e Elisane, pelos acirrados debates sobre os mais diversos temas, companheirismo e momentos de descontração.

À todos os colegas e amigos de pós-graduação que participaram no meu crescimento como profissional e como pessoa.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

## RESUMO

OLIVO, Mateus. **Germinação e vigor em genótipos de trigo sob estresse salino e déficit hídrico**. 2013. 57f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o terceiro cereal mais produzido no mundo. No Brasil mais da metade do trigo consumido é importado. A espécie possui genoma hexaplóide, que lhe confere boa adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e tolerância a estresses abióticos. Dentre os principais fatores que ocasionam estresse pode ser destacado o problema de déficit hídrico e salinidade do solo. O déficit hídrico consiste na baixa disponibilidade de água para as plantas, prejudicando seu crescimento e desenvolvimento, ocasionado à morte quando drástico. A salinidade consiste na alta concentração de sais presentes no solo. Com isso o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de 14 genótipos de trigo quando submetidos a estresse salino e déficit hídrico durante a fase de germinação. Para simular o estresse salino foram utilizadas três soluções com diferentes concentrações de NaCl (44,83; 89,66 e 134,49mM de NaCl) e o tratamento controle, água pura. Para o déficit hídrico foram utilizadas três soluções com diferentes concentrações de polietileno glicol 6000 mais o tratamento controle água pura, propiciando quatro diferentes potenciais osmóticos (0,0; -0,2; -0,4 e -0,6MPa). Germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, matéria seca da parte aérea, matéria seca do sistema radicular, comprimento da parte aérea e comprimento do sistema radicular sofreram reduções em função do aumento da concentração de NaCl e potenciais osmóticos mais

negativos. O genótipo Marfim foi a que se mostrou mais tolerante ao estresse salino e também ao estresse por déficit hídrico. O teste de CSR é um potencial indicador para identificação de genótipos tolerantes a estresse salino e tolerantes ao déficit hídrico. O teste de GERM é um potencial indicador para identificação de genótipos tolerantes a estresse hídrico.

Palavras chaves: - Trigo – Sementes – Efeito do ambiente – Estresse abiótico.

## ABSTRACT

OLIVO, Mateus. **Germination and vigor in wheat genotypes under salt stress and water deficit**. 2013. 57f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the third most produced worldwide cereal. In Brazil more than half of the consumed wheat is imported. The species has hexaploid genome, which gives good adaptation to different environmental conditions and tolerance to abiotic stresses. Among the main factors that cause stress can be highlighted the problem of drought and soil salinity. Water deficit is the low availability of water to plants, affecting their growth and development caused death when drastic. The salinity is the high salt concentrations in the soil. Therefore, the objective of this study was to evaluate the performance of 14 wheat genotypes when subjected to salt stress and water deficit during the germination phase. To simulate the salt stress were used three solutions with different NaCl concentrations (44.83, 89.66 and 134.49mM NaCl) and a control treatment, pure water. To water deficit were used three solutions with different concentrations of polyethylene glycol 6000 plus pure water control treatment, providing four different osmotic potentials (0.0, -0.2, -0.4 and -0.6MPa). Germination, first count of germination, speed of germination index, shoot dry matter, root dry matter, shoot length and root length were reduced due to the increase of NaCl concentration and osmotic potential more negative. The Marfim genotype was shown to be more tolerant to salt stress and also the stress by water deficit. The CSR test is a potential indicator for identification of genotypes tolerant to salt stress and water deficit. The test GERM is a potential indicator to identify genotypes tolerant to water stress.

Keywords: - Wheat - Seeds - Environmental effect - abiotic stress.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Dissimilaridade em relação aos escores das duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2) em 14 genótipos de trigo, [Fundacep Bravo (1); Mirante (2); BRS 248 (3); Fundacep Horizonte (4); BRS Guamirim (5); Marfim (6); Fundacep Cristalino (7); Tbio Pioneiro (8); BRS 194 (9); Tbio Itaipu (10); Fundacep Campo Real (11); Tbio Ivaí (12); BRS 220 (13); Abalone (14)] para os seis caracteres avaliados, [comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), matéria seca do sistema radicular (MSSR), primeira contagem da germinação (PCG), germinação (GERM) e envelhecimento acelerado (EA)]. FAEM/UFPel, 2013. \_\_\_\_\_ 35
- Figura 2 Porcentagem de germinação total de sementes de trigo umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPel, 2013. \_\_\_\_\_ 38
- Figura 3 Primeira contagem da germinação de sementes de trigo umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPel, 2013. \_\_\_\_\_ 39
- Figura 4 Índice de velocidade de germinação de sementes de trigo umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPel, 2013. \_\_\_\_\_ 39
- Figura 5 Comprimento da parte aérea de plântulas de trigo originadas de sementes umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPel, 2013. \_\_\_\_\_ 40
- Figura 6 Comprimento do sistema radicular de plântulas de trigo originadas de sementes umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPel, 2013. \_\_\_\_\_ 41

- Figura 7 Germinação total de sementes de trigo umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 44
- Figura 8 Primeira contagem da germinação de sementes de trigo, umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 46
- Figura 9 Índice de velocidade de germinação de sementes de trigo umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 47
- Figura 10 Matéria seca da parte aérea de plântulas de trigo provenientes de sementes umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 48
- Figura 11 Matéria seca do sistema radicular de plântulas de trigo provenientes de sementes umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_ 48
- Figura 12 Comprimento da parte aérea de plântulas de trigo provenientes de sementes umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 49
- Figura 13 Comprimento do sistema radicular de plântulas de trigo provenientes de sementes umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_ 50

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Doses de cloreto de sódio (NaCl) utilizadas para a indução do estresse salino com respectivas molaridades e potenciais osmóticos gerados por estas dosagens. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 27
- Tabela 2 Doses de PEG 6000 utilizadas para a indução do estresse de déficit hídrico e potenciais osmóticos gerados por estas dosagens. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 28
- Tabela 3 Resumo da análise de variância para os caracteres, germinação (GERM), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem da germinação (PCG), condutividade elétrica (COND), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) em genótipos de trigo. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 30
- Tabela 4 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de diferentes genótipos de trigo, para os caracteres, germinação (GERM), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem da germinação (PCG) e condutividade elétrica (COND). FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 32
- Tabela 5 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de diferentes genótipos de trigo para os caracteres, comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA). FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 33

- Tabela 6 Correlação entre os caracteres de qualidade fisiológica de sementes de genótipos comerciais de trigo, para, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR), condutividade elétrica (COND), primeira contagem da germinação (PCG), germinação (GERM) e envelhecimento acelerado (EA). FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 33
- Tabela 7 Variância, percentuais relativos e acumulados das variáveis canônicas obtido dos seis caracteres avaliados, [germinação (GERM), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem da germinação (PCG), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA) e matéria seca do sistema radicular (MSSR)], e importância relativa dos caracteres em cada variável canônica. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 35
- Tabela 8 Resumo da análise de variância para os caracteres, germinação (GERM), primeira contagem da germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) em genótipos de trigo sob estresse salino. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 37
- Tabela 9 Comprimento do sistema radicular (cm) de plântulas de trigo, oriundas de sementes submetidas ao estresse salino durante o período de germinação. FAEM/UFPEL, 2013. \_\_\_\_\_ 42
- Tabela 10 Resumo da análise de variância para os caracteres, germinação (GERM), primeira contagem da germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) em genótipos de trigo, sob estresse por déficit hídrico. FAEM/UFPeI, 2013. \_\_\_\_\_ 43
- Tabela 11 Germinação total (%) de sementes de trigo, submetidas ao déficit hídrico durante o período de germinação. FAEM/UFPEL, 2013. \_\_\_\_\_ 45
- Tabela 12 Comprimento do sistema radicular (cm) de plântulas de trigo, oriundas de sementes submetidas ao déficit hídrico durante o período de germinação. FAEM/UFPEL, 2013. \_\_\_\_\_ 51

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
3. OBJETIVOS .....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	23
4.1 Procedimento experimental e análise estatística .....	23
4.2 Descrição dos testes empregados no estudo.....	24
4.3 Determinação da qualidade das sementes .....	27
4.4 Experimento 1: Efeito de estresse salino .....	27
4.5 Experimento 2: Efeito de estresse por déficit hídrico .....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1 Avaliação da qualidade das sementes.....	30
5.2 Experimento 1: Efeito de estresse salino .....	36
5.3 Experimento 2: Efeito de estresse por déficit hídrico .....	43
6. CONCLUSÕES .....	52
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

## 1. INTRODUÇÃO

O trigo está entre as espécies cultivadas mais importantes do mundo, sendo o terceiro cereal mais produzido, atrás do milho e do arroz. No Brasil mais da metade do trigo consumido é importado. Dentre as espécies de trigo o *Triticum aestivum* L. equivale a mais de 95% do total cultivado, em função de ter ampla adaptação possibilitando seu cultivo em diversos ambientes.

Entre os fatores que causam adversidades aos cultivos, o déficit hídrico é um dos principais, preocupando cada vez mais, diante da limitação de disponibilidade e qualidade da água para uso na irrigação. Outro fator limitante ao cultivo é a salinidade do solo que se torna mais problemática quando associada ao déficit hídrico, pois, além de causar toxidade às plantas agrava ainda mais o problema de disponibilidade da água.

O déficit hídrico consiste na baixa disponibilidade de água para as plantas, prejudicando seu crescimento e desenvolvimento, ocasionado à morte quando em níveis drásticos. Afeta grande parte das terras cultivadas no mundo, necessitando de melhores técnicas de manejo, irrigação e genótipos mais tolerantes e eficientes quanto ao uso da água.

A salinidade consiste na alta concentração de sais no solo. Estes sais prejudicam o desenvolvimento das plantas pelo acúmulo em seu interior, tornando-se tóxico. Também proporciona um potencial osmótico mais negativo na solução do solo, dificultando a absorção de água pelas plantas. Desta forma a salinidade pode agravar o problema de déficit hídrico, uma vez que o solo pode conter uma determinada umidade, mas devido à presença excessiva de sais a planta é incapaz de absorver esta água.

Estes fatores influenciam todo o ciclo da cultura, existindo fases onde os efeitos são mais críticos que outras. A fase de germinação é uma delas devido às plantas apresentarem alta sensibilidade ao estresse do ambiente. Por isso, a

utilização de sementes de alta qualidade genética e fisiológica é fundamental. Esses atributos que fornecem rapidez e uniformidade para o estabelecimento da espécie em boas condições de ambiente são ainda mais importantes quando a espécie é cultivada em condições de estresse.

O déficit hídrico e a salinidade desencadeiam uma série de reações no metabolismo das plantas, como expressão gênica diferenciada e mudança no perfil de síntese de fito-hormônios e compostos orgânicos. Há uma intensa interação entre os genes expressos para os mecanismos de tolerância de ambos os estresses e este fenômeno é chamado pelos pesquisadores de “*cross-talking*”.

Diante da dificuldade de identificar plantas com características de tolerância em condições de campo e a necessidade de se conhecer o comportamento dos diferentes genótipos frente aos estresses, uma alternativa é a realização desta identificação através de testes em laboratório no período de germinação, fase onde as condições do ambiente afetam o processo germinativo e o desenvolvimento das plântulas. Com isso este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento de diferentes genótipos de trigo, quando submetidos ao estresse de déficit hídrico e alta salinidade, durante o período de germinação.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O trigo [*Triticum aestivum* (L.) Thell] está entre as espécies mais importantes do mundo, é cultivado em aproximadamente 200 milhões de hectares correspondendo a 17% do total das áreas cultiváveis (JONES, 2005). No ano agrícola de 2011, a produção deste cereal foi de 704 milhões de toneladas, ocupando a terceira posição, superado apenas pelo milho e pelo arroz com produção de 883 e 722 milhões de toneladas, respectivamente (FAO, 2013).

No Brasil para a safra 2013/2014, estima-se uma produção de 5,1 milhões de toneladas, necessitando de importações na ordem de 6,8 milhões de toneladas, enquanto às exportações deverão girar em torno de 1,2 milhão de toneladas (CONAB, 2013). Embora o Brasil seja um dos maiores importadores de trigo do mundo, vem se aproveitando da demanda mundial pelo produto, para comercializar seus estoques preteridos pela indústria nacional em favor do produto importado, principalmente da Argentina, cujas operações, por força dos acordos do MERCOSUL, são livres da Tarifa Externa Comum (TEC), além de outros fatores de natureza logística, como a localização geográfica dos moinhos, predominantemente nas zonas portuárias, e a qualidade considerada pela indústria como inferior (SILVA, 2011).

Pertencente à família Poaceae e ao gênero *Triticum*, o trigo é originário do Oriente Médio e pode ser dividido em grupos determinados em função do número de cromossomos, como série diploide (14 cromossomos), tetraploide (28 cromossomos) e hexaplóide (42 cromossomos) (MORAES-FERNANDES; CAETANO, 1990).

A espécie *Triticum aestivum* L. possui genoma hexaplóide, característica que lhe confere ampla adaptação. Desta forma possibilita seu cultivo sob as mais variadas condições de ambiente, representando mais de 95% de todo o trigo cultivado (OSÓRIO, 1982). O *T. aestivum*, possivelmente evoluiu de dois cruzamentos naturais. O primeiro deles ocorreu entre dois trigos diploides, *Triticum*

*urartu* e *Aegilops speltoides*, com genomas designados “AA” e “BB”, respectivamente. O resultado deste cruzamento foi o trigo tetraploide, *Triticum turgidum* L. portador do genoma “AABB”. Posteriormente um segundo cruzamento natural entre a espécie tetraploide (“AABB”) e a espécie diploide *Aegilops tauschii* Coss. portadora do genoma “DD”, originou o trigo hexaplóide “AABBDD” (PIANA; CARVALHO, 2008; ITIS, 2013).

Em relação aos demais cereais, o trigo hexaplóide, *Triticum aestivum* é moderadamente tolerante ao estresse salino. Em ordem crescente de tolerância as espécies de cereais apresentam a seguinte organização: arroz *Oryza sativa*; trigo hexaplóide *T. aestivum*; Trigo tetraploide, *T. durum* e cevada *Hordeum vulgare* (MUNNS; TESTER, 2008). Entretanto, mesmo sendo a espécie de trigo mais adaptada, o trigo hexaplóide, apresenta limitações importantes frente a estresses abióticos.

Estresse é a condição causada por um ou mais fatores externos que tendem a alterar um equilíbrio (NILSEN; ORCUTT, 1996). O estresse abiótico é fator limitante para o crescimento das plantas e produção de alimentos em muitas regiões do mundo.

Entre os fatores de estresse abióticos, a seca é o que tem o maior efeito. A água para irrigação é um recurso cada vez mais limitado, refletindo na necessidade de técnicas e métodos que no futuro permitam aumentar a produtividade das culturas a cada unidade de volume de água utilizada.

O efeito da seca torna-se ainda mais intenso quando acompanhado por salinidade excessiva do solo. A salinidade ocorre em solos que naturalmente já apresentam esta característica, ou pode ser provocada pelas práticas de manejo. Um solo é considerado salino quando apresenta condutividade elétrica maior ou igual a  $4 \text{ dS m}^{-1}$  (deciSiemens por metro), (MUNNS; TESTER, 2008).

A salinização do solo é o resultado de vários processos diferentes, que conduzem ao mesmo resultado. De forma geral a salinização ocorre em locais onde, o equilíbrio entre a precipitação ou irrigação e a evaporação é deslocada para cima na direção da evaporação. Pode ser identificado três processos principais. i) A subida do nível freático até a superfície: ocorre em terras áridas não irrigadas e com lençol freático próximo da superfície do solo e os sais se acumulam por evaporação da água na superfície do solo, podendo formar uma camada de sal visível; ii)

Excessivo uso da água para irrigação em climas secos e solos pesados: causa a acumulação porque a água é evaporada e os sais não são lixiviados pela precipitação, acumulando-se na superfície do solo; iii) Intrusão de água salgada: ocorre em áreas costeiras, onde a água do mar substitui a água subterrânea, que foi sobre-explorada (LANNETA; COLONNA, 2013).

Dias e Blanco (2010) afirmam que o uso de água de “baixa” qualidade para irrigação e a aplicação de quantidades excessivas de fertilizantes são as principais razões para o problema do aumento da salinidade do solo. No entanto Lanneta e Collona (2013), afirmam que salinização moderada existe até nas áreas irrigadas com água de “boa” qualidade, dependendo do método de irrigação e condições de aridez, enquanto a salinização, pode não ocorrer onde os agricultores tenham utilizado água rica em sais durante anos. O ponto chave para o controle da salinidade nas áreas irrigadas é a existência da percolação natural ou artificial, garantindo o fluxo da água e dos sais para baixo da zona radicular das culturas, nessa situação, não haverá salinização do solo (CODEVASF, 2013).

A salinidade apresenta duas formas distintas de influenciar negativamente os processos durante a germinação das sementes. A primeira forma é pela redução do potencial hídrico influenciando o processo de absorção de água (CAVALCANTE; PERES, 1995; DIAS; BLANCO, 2010). A segunda é pela alta concentração de íons no interior dos tecidos vegetais, o que pode ser tóxico. No entanto, esta toxidez por íons é muito dependente de altas concentrações de sais e também tempo de exposição, acontecendo em casos específicos (DIAS; BLANCO, 2010). Elevadas concentrações de sais no solo tornam difícil a extração de água pelas raízes, ao passo, que, altas concentrações de sais no interior da planta pode ser tóxico (MUNNS; TESTER, 2008).

Em muitas espécies cultivadas a germinação de sementes é o estágio mais sensível a estresse do ambiente. A genética e os atributos de qualidade fisiológica que contribuem para rápida germinação em condições favoráveis também favorecem a rápida germinação em condição de estresse (SADEGHIAN; YAVARI, 2004). Coelho et al. (2010) afirmam que para o vigor, os efeitos são sempre mais intensos que para a germinação.

O aumento da pressão osmótica no solo, causada pelo excesso de sais solúveis pode atingir um nível em que as plantas não têm força de sucção suficiente

para superar esta pressão osmótica, em consequência, a planta não absorve água mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno denominado de “seca fisiológica” (DIAS; BLANCO, 2010). Em condições severas de estresse salino o tecido de uma planta tem maior capacidade de manter seu conteúdo de água quanto maior for sua tolerância à desidratação (FLOWERS; HAJIABAGHERI, 2001). Tammam, Alhamd e Hemedda (2008), afirmam que a habilidade da planta em acumular metabólitos em seus tecidos irá determinar a sua tolerância para condições de estresse salino. Em muitas plantas os aminoácidos valina, isoleucina, aspartato e prolina aumentaram em resposta ao estresse provocado por NaCl, atuando como osmólitos atóxicos e protetores sob condições salinas (ESTEVEZ; SUZUKI, 2008).

A redução do crescimento da planta devido ao estresse salino pode estar relacionada com os efeitos adversos do excesso de sais sob homeostase iônica, balanço hídrico, nutrição mineral e metabolismo de carbono fotossintético (ZHU, 2001; MUNNS, 2002). Na maioria das plantas os elementos sódio e cloro ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ), são efetivamente excluídos pelas raízes enquanto ocorre a absorção da solução (MUNNS; TESTER, 2008). Em trigo, Tammam, Alhamd e Hemedda (2008) identificaram que as raízes são os órgãos que apresentam maior variação no conteúdo de proteína ocorrendo maior diminuição quanto maior for o nível de salinidade.

Quando as plantas se encontram em condições de estresse hídrico, acabam ativando processos físico-químicos muito complexos. A restrição hídrica atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos (SÁ, 1987). O potencial hídrico afeta o alongamento celular e a síntese da parede celular sendo que para cada espécie existe um valor de potencial crítico (SADEGHIAN; YAVARI, 2004).

Em uma análise mais generalizada sobre a resposta das plantas ao estresse salino pode-se dizer que a redução do crescimento ocorre em duas fases: a resposta rápida para o aumento da pressão osmótica externa e a resposta lenta em função do acúmulo de  $\text{Na}^+$  nos tecidos. No entanto, o estresse osmótico não tem somente o efeito imediato no crescimento, mas também, um efeito sobre a taxa de crescimento maior que o efeito iônico. O efeito iônico tem impacto no crescimento,

menor e mais tardio que o efeito osmótico, especialmente em baixas e moderadas concentrações salinas (MUNNS; TESTER, 2008).

Para os estudos de estresse por salinidade o principal sal utilizado é o cloreto de sódio (NaCl). Para estudos de déficit hídrico o principal agente osmótico é o polietileno glicol 6000 (PEG 6000). Este produto (PEG 6000) é inerte, não absorvido pelas sementes devido ao seu alto peso molecular e não é tóxico para as mesmas (VILLELA et al., 1991; BRACCINI et al., 1996; MURILLO-AMADOR, et al., 2002; FANTI; PEREZ, 2004). No entanto seu efeito é geralmente mais drástico que os demais produtos utilizados para este mesmo fim. Provavelmente isso ocorre em função de apresentar alta viscosidade que com a baixa taxa de difusão de O<sub>2</sub> pode limitar a disponibilidade deste para o processo de germinação (BRACCINI et al., 1996). Thill, Schimman e Appleby (1979) trabalharam com teste de germinação de trigo em laboratório com PEG 6000 e obtiveram resultados satisfatórios e similares aos observados em condições de campo.

De modo geral resultados obtidos em experimentos de déficit hídrico mostram que quanto mais negativo o potencial osmótico menor é o desempenho germinativo e vigor de plântulas (BRACCINI et al., 1996; DHANDA; SETHI; BEHL, 2004; SADEGHIAN; YAVARI, 2004; TEXEIRA et al., 2008; GIROTTO et al., 2012). Em experimentos de salinidade quanto maior a concentração de sal menor a taxa de germinação e vigor das plântulas (MORAES; MENEZES; PASQUALLI, 2004; SILVA et al., 2008; TAMMAM; ALHAMD; HEMEDA, 2008; COELHO et al., 2010). No entanto, os mecanismos que conferem tolerância aos dois estresses não é conhecido.

Em estudos realizado com trigo, Li et al. (2008), estudaram 20 Genes *CDPKs* (proteínas quinase-dependentes de cálcio) e observaram que 10 deles apresentaram resposta à salinidade, seca e tratamentos com ácido abscísico (ABA). Seki et al. (2002) em estudo de 7.000 genes em *Arabidopsis thaliana* expostas à seca, a altos níveis de salinidade e ao frio encontraram expressão aumentada de 277, 194 e 53 genes, respectivamente. Os efeitos fisiológicos do déficit hídrico estão relacionados com os efeitos causados por outros estresses abióticos: salinidade, altas e baixas temperaturas, acidez e alcalinidade.

Frente à existência desta conversa cruzada (efeito de epistasia), entre os mecanismos de tolerância a diferentes estresses abióticos, e a dificuldade

encontrada para identificar genótipos tolerantes a esses estresses, cada vez mais, torna-se necessário, um bom entendimento desses mecanismos e o uso de ferramentas para auxiliar na identificação e seleção de genótipos tolerantes a estresses abióticos.

Uma alternativa para a realização desta identificação é através de testes em laboratório no período de germinação, fase onde as condições do ambiente afetam o processo germinativo e o desenvolvimento das plântulas. Após a obtenção destas informações de comportamento de diferentes genótipos será possível utilizar estes genótipos para estudos de fisiologia, genética e biologia molecular. Para isso, a primeira etapa a ser realizada, é a identificação dos genótipos tolerantes e a determinação dos níveis de estresse tolerado.

### **3. OBJETIVOS**

Estudar o comportamento de diferentes genótipos de trigo, quando submetidos ao estresse de salinidade e déficit hídrico, durante o período de germinação.

Identificar os genótipos mais tolerantes para cada condição através de testes em laboratório.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” na Universidade Federal de Pelotas, município de Capão do Leão.

### 4.1 Procedimento experimental e análise estatística

Na primeira etapa do trabalho intitulada “**Determinação da qualidade das sementes**” (item 4.3) na qual o objetivo foi à identificação dos melhores lotes de sementes, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente ao acaso com três repetições. Os resultados com valores expressos em percentagem foram transformados pela aplicação da fórmula:

$$X \text{ Transformados} = \text{Arco Sem} \left( \sqrt{\frac{X}{100}} \right)$$

Após procedeu-se a análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro e as médias agrupadas pelo método de agrupamento Scott-Knott. Também foram realizadas as análises de correlação de Pearson e análise canônica discriminante. Para a análise de variância e agrupamento de médias foi utilizado o programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010). Para correlação de Pearson e análise canônica discriminante foi utilizado o programa estatístico GENES 2009.7.0 (CRUZ, 2006).

Nas segunda e terceira etapas intituladas “**Experimento 1: Efeito de estresse salino**” (item 4.4) e “**Experimento 2: Efeito de estresse por déficit hídrico**” (item 4.5), foi utilizado um delineamento experimental inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3x4 com quatro repetições. Os resultados com valores expressos em percentagem foram transformados pela aplicação da fórmula:

$$X \text{ Transformados} = \text{Arco Sem} \left( \sqrt{\frac{X}{100}} \right)$$

Procedeu-se a análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro. Para as variáveis que apresentaram significância para o fator dose ou interação de dose com genótipo, foi realizado o procedimento de regressão polinomial. Para as variáveis significativas para o fator genótipo foram agrupadas pelo método de agrupamento Scott-Knott (FERREIRA, 2010).

#### 4.2 Discrições dos testes empregados no estudo

**Germinação (GERM):** cada unidade experimental consistiu-se de quatro rolos de germinação com 50 sementes cada. As sementes foram distribuídas em papel *germitest*, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel e acondicionadas em germinador regulado à temperatura constante de 20°C. As avaliações foram realizadas aos quatro e oito dias após a semeadura, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**Primeira contagem da germinação (PCG):** realizada conjuntamente com ao teste de germinação, constituído do registro das plântulas normais verificadas na primeira contagem do teste de germinação, realizada aos quatro dias após a semeadura, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**Envelhecimento acelerado (EA):** conduzido em caixa tipo *gerbox*, simula uma “mini câmara”, sendo as sementes colocadas sobre uma tela metálica e no fundo adicionados 40mL de água, acondicionadas em câmaras tipo “*Biological Organism Development*” (BOD), a 45°C durante 48 horas de modo a obter no interior do *gerbox*, umidade relativa do ar próximo de 100%. Passado este período, foi realizado o teste de germinação conforme descrito anteriormente. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. Não houve a necessidade de tratamento das sementes com fungicida.

**Índice de velocidade de germinação (IVG):** cada unidade experimental foi constituída por 100 sementes, colocadas em caixa tipo *gerbox*, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. As caixas foram colocadas em germinador regulado à temperatura de 20°C. As avaliações ocorreram diariamente até o oitavo dia, sendo consideradas germinadas as sementes que apresentassem radícula maior que dois milímetros. Para o cálculo do IVG foi utilizada a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVG = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n}$$

Sendo:

N = número de plântulas emergidas por dia

D= número de dias após a semeadura

**Condutividade elétrica (COND):** neste teste cada unidade experimental foi composta por um copo contendo 25 sementes colocadas para embebição com 75mL de água deionizada. Foram utilizados copos plástico uniformes (capacidade de 200mL), e estes acondicionados durante 24 horas em temperatura constante de 20°C, conforme indicado pelo Comitê de Vigor da *Association of Official Seed Analysts* (AOSA, 1983). Ao final deste período procedeu-se à leitura da condutividade em condutímetro "*Digimed DM-32*", sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de semente, (microSiemens por centímetro por gramas de sementes). Foram utilizados quatro copos contendo 75mL de água deionizada, para a leitura de prova branca. O valor obtido na prova branca foi utilizado para a correção das leituras dos tratamentos.

**Matéria seca da parte aérea (MSPA):** cada unidade experimental constituiu-se de amostra de dez plântulas normais, retiradas de um rolo de germinação. Em cada rolo foram semeadas 20 sementes, colocadas no terço superior de papel *germitest*, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em germinador regulado à temperatura de 20°C. A avaliação foi realizada aos oito dias após a semeadura. As 10 plântulas normais foram retiradas do rolo de germinação seguindo a ordem da esquerda para a direita sem seleção. A parte aérea foi separada do restante da plântula e colocada para secar em estufa com ventilação forçada a 68°C até peso constante. Posteriormente,

foi realizada a pesagem em balança analítica e os resultados expressos em decigrama (dgc).

**Matéria seca do sistema radicular (MSSR):** cada unidade experimental constituiu-se de amostra de dez plântulas normais, retiradas de um rolo de germinação. Em cada rolo foram semeadas 20 sementes, colocadas no terço superior de papel germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em germinador regulado à temperatura de 20°C. A avaliação foi realizada aos oito dias após a semeadura. As 10 plântulas normais foram retiradas do rolo de germinação seguindo a ordem da esquerda para a direita sem seleção. O sistema radicular foi separado do restante da plântula e colocado para secar em estufa com ventilação forçada a 68°C até peso constante. Posteriormente, foi realizada a pesagem em balança analítica e os resultados expressos em decigrama (dgc).

**Comprimento da parte aérea (CPA):** cada unidade experimental constituiu-se de amostra de dez plântulas normais, retiradas de um rolo de germinação. Em cada rolo foram semeadas 20 sementes, colocadas no terço superior de papel *germitest*, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em germinador regulado à temperatura de 20°C. A avaliação foi realizada aos oito dias após a semeadura. As 10 plântulas normais foram retiradas do rolo de germinação seguindo a ordem da esquerda para a direita sem seleção. A parte aérea de cada plântula foi medida com auxílio de régua milimétrica, e os resultados expressos em centímetros.

**Comprimento do sistema radicular (CSR):** cada unidade experimental constituiu-se de amostra de dez plântulas normais, retiradas de um rolo de germinação. Em cada rolo foram semeadas 20 sementes, colocadas no terço superior de papel germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em germinador regulado à temperatura de 20°C. A avaliação foi realizada aos oito dias após a semeadura. As 10 plântulas normais foram retiradas do rolo de germinação seguindo a ordem da esquerda para a direita sem seleção. O sistema radículas das plântulas foram medidas com auxílio de régua milimétrica, e os resultados expressos em centímetros.

### 4.3 Determinação da qualidade das sementes

Foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes de 14 genótipos de trigo (Fundacep Bravo, Mirante, BRS 248, Fundacep Horizonte, BRS Guamirim, Marfim, Fundacep Cristalino, Tbio Pioneiro, BRS 194, Tbio Itaipu, Fundacep Campo Real, Tbio Ivaí, BRS 220, Abalone) para a seleção dos melhores lotes a serem utilizados nos experimentos de salinidade e déficit hídrico.

Foram realizados os testes listados a seguir:

- Germinação (GERM);
- Primeira contagem da germinação (PCG);
- Envelhecimento acelerado (EA);
- Condutividade elétrica (COND);
- Matéria seca da parte aérea (MSPA);
- Matéria seca do sistema radicular (MSSR);
- Comprimento da parte aérea (CPA);
- Comprimento do sistema radicular (CSR).

### 4.4 Experimento 1: Efeito de estresse salino

Neste experimento foram utilizados três genótipos (BRS Guamirim, Marfim e Fundacep Cristalino) e quatro soluções de cloreto de sódio (NaCl) de acordo com o informado a seguir (tab. 1).

**Tabela 1** Doses de cloreto de sódio (NaCl) utilizadas para a indução do estresse salino com respectivas molaridades e potenciais osmóticos gerados por estas dosagens. FAEM/UFPel, 2013.

Dose	Gramas de NaCl Litro <sup>-1</sup>	Molaridade (mM)	Potencial Osmótico (MPa)
1	0,00	0,0	0,0
2	2,62	44,8	-0,2
3	5,24	89,7	-0,4
4	7,86	134,4	-0,6

As soluções apresentadas foram utilizadas para induzir o estresse salino, sendo empregadas nos testes, substituindo à água destilada. Foram realizados os testes listados a seguir:

- Germinação (GERM);
- Primeira contagem da germinação (PCG);

Índice de velocidade de germinação (IVG);  
 Matéria seca da parte aérea (MSPA);  
 Matéria seca do sistema radicular (MSSR);  
 Comprimento da parte aérea (CPA);  
 Comprimento do sistema radicular (CSR).

#### 4.5 Experimento 2: Efeito de estresse por déficit hídrico

Neste experimento foram utilizados três genótipos (BRS Guamirim, Marfim e Fundacep Cristalino) e quatro soluções com diferentes concentrações de polietileno glicol 6000 (PEG 6000) para simular diferentes potenciais osmóticos (tab. 2).

**Tabela 2** Doses de PEG 6000 utilizadas para a indução do estresse de déficit hídrico e potenciais osmóticos gerados por estas dosagens. FAEM/UFPEL, 2013.

Dose	Gramas de PEG Litro <sup>-1</sup>	Potencial (MPa)
1	0,00	0,0
2	123,20	-0,2
3	169,40	-0,4
4	213,60	-0,6

A quantidade de PEG 6000, necessária para a obtenção das tensões de água foi determinado, utilizando-se a equação proposta por Michel e Kaufmann (1973) conforme Villela et al. (1991).

$$\Psi_{OS} = -(1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT + (8,39 \times 10^{-7}) C^2$$

Sendo:

$\Psi_{OS}$ : Potencial osmótico (bar) [1bar = 0,1MPa]

C = Concentração de PEG 6000 (Kg Litro<sup>-1</sup> de água)

T = Temperatura (°C)

A estimativa de erro padrão do potencial osmótico determinado por esta equação é de +/- 0,28 bar.

As soluções apresentadas foram utilizadas para induzir o déficit hídrico, sendo empregadas nos testes, substituindo à água destilada. Foram realizados os testes listados a seguir:

Germinação (GERM);

Primeira contagem da germinação (PCG);

Índice de velocidade de germinação (IVG);  
Matéria seca da parte aérea (MSPA);  
Matéria seca do sistema radicular (MSSR);  
Comprimento da parte aérea (CPA);  
Comprimento do sistema radicular (CSR).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação da qualidade das sementes

Os resultados da análise de variância (tab. 3) demonstraram que todos os caracteres estudados foram significativos a 5% de probabilidade de erro, sugerindo há existência de diferença entre os genótipos. Em função da significância os dados foram submetidos aos testes de agrupamento de médias, pelo método Scott-Knott, correlação de Pearson e análise canônica discriminante.

**Tabela 3** Resumo da análise de variância para os caracteres, germinação (GERM), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem da germinação (PCG), condutividade elétrica (COND), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA), em genótipos de trigo. FAEM/UFPel, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio (QM)							
		GERM**	EA**	PCG**	COND	CSR	CPA	MSSR	MSPA
Genótipo	13	0,0246*	0,0143*	0,0208*	21,24*	11,33*	4,57*	0,0039*	0,00019*
Resíduo	28	0,0018	0,0035	0,0022	1268,000	0,2052	0,6420	0,0018	0,000026
Total	41								
Média Geral		1,24	1,09	1,18	30,01	16,59	10,45	0,07	0,049
CV(%)		3,47	5,41	3,98	3,75	8,63	7,67	11,38	10,43

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro. \*\*Variáveis transformadas.

Os resultados obtidos através da análise de agrupamento de médias pelo método de Scott-Knott, demonstram, que os genótipos, não têm padrão constante de agrupamento entre os diferentes caracteres. Variando seu desempenho *per se* em função do caractere observado (tab. 4 e 5).

Os genótipos apresentaram variação tanto em números de grupos formados, quanto em composição de cada agrupamento. Na tab. 4 pode-se constatar que germinação, primeira contagem da germinação e condutividade elétrica formaram quatro agrupamentos, já o envelhecimento acelerado originou somente dois. Na tab.

5, o comprimento da parte aérea formou cinco grupo enquanto comprimento do sistema radicular formou somente dois, já, matéria seca da parte aérea e matéria seca do sistema radicular formaram três agrupamentos. Isso pode ser considerado normal e até esperado, uma vez que, distintos testes que avaliam diferentes caracteres, detectam mudanças em diferentes processos fisiológicos e não existe um único teste de vigor que possa ser dito ideal, havendo sim a necessidade de uma associação entre deles.

As diferenças de desempenho, entre um e outro caractere, podem ser atribuídas ao fato de que as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados à deterioração sempre ocorrem antes que se observe o declínio na capacidade germinativa e cada alteração pode ser mais ou menos intensa devido às condições, as quais as sementes estão expostas. Pela sua própria característica de complexidade raramente o vigor pode ser avaliado por somente um teste, por isso é recomendado a combinação de resultados de diferentes testes (VIEIRA; CARVALHO, 1994). Desta forma são consideradas como mais vigorosas as sementes provenientes de lotes que apresentem um melhor desempenho geral.

Sementes com alto vigor possuem maior capacidade de originar plantas com maior desempenho desde sua fase inicial de plântula (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2006; PASQUALLI, 2012; TAVARES et al., 2012). A genética e os parâmetros de qualidade fisiológica que contribuem para rápida germinação em condições favoráveis também favorecem a rápida germinação em condições de estresse (SADEGHIAN; YAVARI, 2004). Por este motivo é necessário, ao se fazer uma avaliação comparativa de desempenho de diferentes genótipos, que todos eles apresentem a mesma qualidade fisiológica de sementes, possibilitando assim isolar este fator. Isso permite a inferência somente sobre a genética de cada cultivar sem a interferência da qualidade fisiológica das sementes.

**Tabela 4** Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de diferentes genótipos de trigo, para os caracteres, germinação (GERM), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem da germinação (PCG) e condutividade elétrica (COND). FAEM/UFPel, 2013.

GENÓTIPO	GERM (%)	EA (%)	PCG (%)	COND ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )
FUNDACEP CAMPO REAL	96 a	83 a	92 a	28,11 b
FUNDACEP CRISTALINO	93 a	84 a	90 a	27,45 b
MARFIM	93 a	86 a	88 a	23,98 a
BRS GUAMIRIM	92 a	83 a	90 a	31,09 c
BRS248	92 a	80 a	89 a	28,01 b
TBIO PIONEIRO	91 b	74 b	87 a	33,45 d
TBIO ITAIPU	91 b	78 a	87 a	34,37 d
TBIO IVAÍ	90 b	81 a	85 b	30,01 c
ABALONE	88 b	71 b	82 b	29,36 b
BRS194	88 b	79 a	86 b	32,40 d
FUDACEP HORIZONTE	88 b	81 a	83 b	30,53 c
FUNDACEP BRAVO	87 b	73 b	82 b	29,26 b
BRS220	82 c	77 a	78 c	31,33 c
MIRANTE	70 d	65 b	67 d	30,91 c

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo método de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Resultados apresentados (tab. 6) demonstram que, para os lotes de sementes utilizados neste estudo, a condutividade elétrica não obteve correlação significativa com nenhum dos demais caracteres e a matéria seca da parte aérea obteve correlação significativa somente com o comprimento do sistema radicular. Por este motivo, estes dois não foram utilizados como critério para a indicação dos melhores lotes, aqueles mais vigorosos.

**Tabela 5** Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de diferentes genótipos de trigo para os caracteres, comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA). FAEM/UFPel, 2013.

GENÓTIPO	CSR (cm)	CPA (cm)	MSSR (dcg)	MSPA (dcg)
FUNDACEP HORIZONTE	19,04 a	11,58 b	0,08 a	0,05 b
BRS194	18,90 a	12,84 a	0,08 a	0,05 b
FUNDACEP BRAVO	18,45 a	9,32 d	0,06 b	0,05 b
BRS GUAMIRIM	18,38 a	10,59 c	0,08 a	0,06 a
FUNDACEP CRISTALINO	18,09 a	10,61 c	0,08 a	0,06 a
MARFIM	17,79 a	11,39 b	0,08 a	0,06 a
BRS220	17,24 a	10,75 c	0,07 a	0,05 b
TBIO IVAÍ	16,42 b	10,30 c	0,07 b	0,04 c
FUNDACEP CAMPO REAL	15,60 b	10,47 c	0,06 b	0,04 c
TBIO ITAIPU	15,41 b	11,36 b	0,08 a	0,04 c
BRS248	15,07 b	9,57 d	0,06 b	0,04 c
ABALONE	14,86 b	9,44 d	0,07 b	0,04 c
TBIO PIONEIRO	14,23 b	10,53 c	0,07 b	0,05 b
MIRANTE	12,89 b	7,64 e	0,05 c	0,05 b

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo método de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 6** Correlação entre os caracteres de qualidade fisiológica de sementes de genótipos comerciais de trigo, para, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR), condutividade elétrica (COND), primeira contagem da germinação (PCG), germinação (GERM) e envelhecimento acelerado (EA). FAEM/UFPel. 2013.

Caracteres	CPA	CSR	MSPA	MSSR	COND	PCG	GERM	EA
CPA		0,648*	0,285	0,840**	0,132	0,577**	0,545*	0,673**
CSR	0,648*		0,573*	0,699**	-0,199	0,3673	0,373	0,583*
MSPA	0,285	0,573*		0,535	-0,356	0,1776	0,184	0,420
MSSR	0,840**	0,699**	0,535		0,078	0,6069*	0,591*	0,723**
COND	0,132	-0,199	-0,356	0,078		-0,2051	-0,289	-0,409
PCG	0,577**	0,367	0,177	0,606*	-0,205		0,984**	0,797**
GERM	0,545*	0,373	0,184	0,591*	-0,289	0,9845**		0,792**
EA	0,673**	0,583*	0,42	0,723**	-0,409	0,7976**	0,792**	

\* e \*\* significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo método de correlação simples de Pearson.

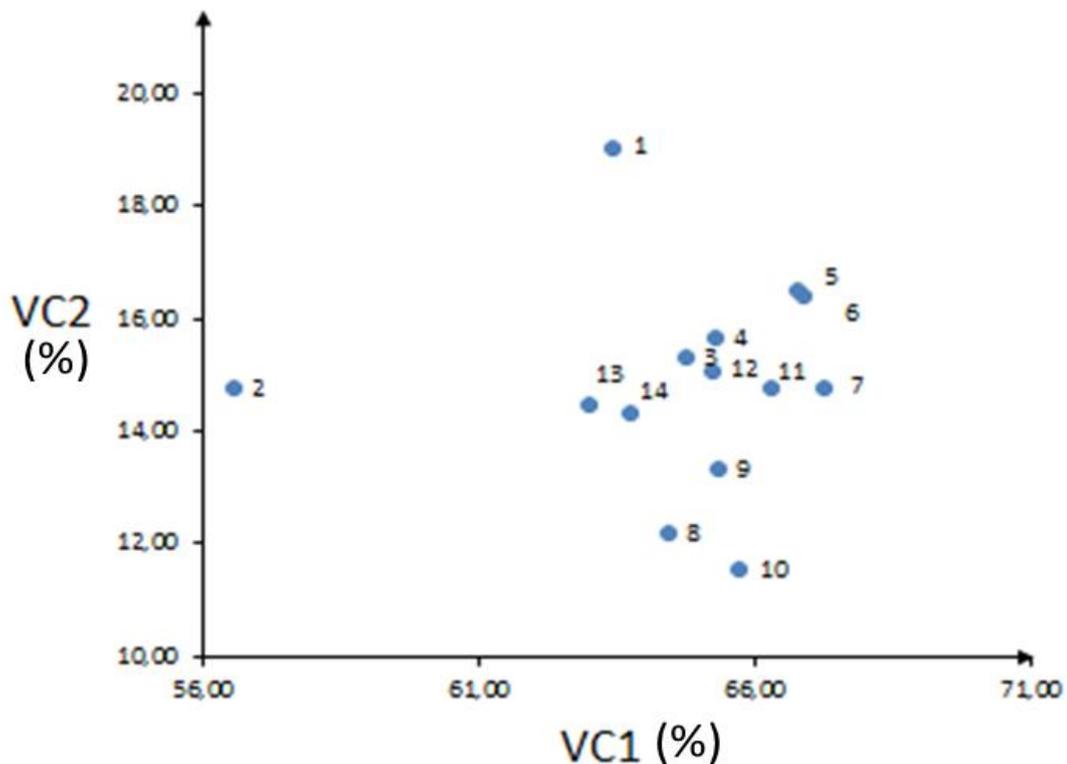
Com base na tab. 4, os genótipos que se encontram no grupo seguido da letra “a”, para os testes de germinação, primeira contagem de germinação, e envelhecimento acelerado obtendo o melhor desempenho geral, foram identificados, como vigorosos. Os cinco genótipos selecionados por esta observação são o BRS 248, BRS Guamirim, Marfim, Fundacep Cristalino e Fundacep Campo Real. Os

demais genótipos foram considerados como menos vigorosos (de baixo vigor), uma vez que é imprescindível apresentar alto desempenho para estes caracteres para que as sementes possam ser consideradas como de alto vigor.

Ciente da complexidade para determinar corretamente o vigor de um lote de sementes, e que os experimentos um e dois (item 4.4 e 4.5) realizados em fase de germinação e plântulas requerem alta uniformidade na qualidade fisiológica das sementes empregadas para não haver interferência deste fator, foi realizada uma segunda seleção com os genótipos já identificadas como vigorosos (BRS 248, BRS Guamirim, Marfim, Fundacep Cristalino e Fundacep Campo Real). Para esta segunda avaliação foram utilizados como base os resultados de vigor de plântulas apresentados na tab. 5. Neste sentido, foi considerado como os mais vigorosos os três genótipos que se mantiveram agrupados mais vezes no melhor grupo (“a”). Os genótipos então identificados como vigorosos são BRS Guamirim, Marfim e Fundacep Cristalino.

A Fig. 1 representa a dissimilaridade dos genótipos em relação aos escores das duas primeiras variáveis canônicas, em função dos seis caracteres que mantiveram correlação entre si (comprimento da parte aérea, comprimento do sistema radicular, matéria seca do sistema radicular, primeira contagem da germinação, germinação e envelhecimento acelerado). Esta representação gráfica confirma a proximidade entre os genótipos identificados como vigorosos, a partir da análise de agrupamento de médias.

A variável canônica um representa 53,87% das variações e a variável canônica dois representa 26,31%, somadas são responsáveis por mais de 80% das variações total existentes entre os genótipos com base nos caracteres analisados. Os caracteres mais importantes para estas duas variáveis canônicas são, germinação, para a variável canônica um e comprimento do sistema radicular, para a variável canônica dois. As outras quatro variáveis canônicas somadas representam menos de 20% da variação total (tab. 6).



**Figura 1** Dissimilaridade em relação aos escores das duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2) em 14 genótipos de trigo, [Fundacep Bravo (1); Mirante (2); BRS 248 (3); Fundacep Horizonte (4); BRS Guamirim (5); Marfim (6); Fundacep Cristalino (7); Tbio Pioneiro (8); BRS 194 (9); Tbio Itaipu (10); Fundacep Campo Real (11); Tbio Ivaí (12); BRS 220 (13); Abalone (14)] para os seis caracteres avaliados, [comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), matéria seca do sistema radicular (MSSR), primeira contagem da germinação (PCG), germinação (GERM) e envelhecimento acelerado (EA)]. FAEM/UFPeI, 2013.

**Tabela 7** Variância, percentuais relativos e acumulados das variáveis canônicas obtido dos seis caracteres avaliados, [germinação (GERM), envelhecimento acelerado (EA), primeira contagem da germinação (PCG), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA) e matéria seca do sistema radicular (MSSR)], e importância relativa dos caracteres em cada variável canônica. FAEM/UFPeI, 2013.

Variáveis Canônicas	Variância	% Relativo	% Acumulado	Importância Relativa					
				GERM	EA	PCG	CSR	CPA	MSSR
VC 1	0,64290	53,87	53,87	1,1712	0,4348	-0,4106	0,1055	0,0676	0,483
VC 2	0,90435	26,31	80,19	0,0462	0,1698	0,204	1,7099	-1,2887	-0,5075
VC 3	0,00002	9,96	90,15	-0,6095	0,1615	0,1625	0,4689	0,708	-0,419
VC 4	0,000004	4,55	94,71	-0,2237	0,2333	-0,0993	-0,1919	-0,6036	1,1817
VC 5	0,0000006	3,63	98,35	1,891	-0,3989	-2,1888	-0,0192	0,2133	0,1023
VC 6	0,0000086	1,64	100,00	0,3432	0,7686	-0,6988	-0,1751	0,0659	-0,2378

Diferenças de qualidade fisiológica entre genótipos de uma mesma espécie podem ser atribuídas a fatores que influenciam a integridade das sementes, como resistência a danos mecânicos em função de diferenças na composição química das sementes, fatores do ambiente entre a maturação fisiológica e colheita e capacidade de armazenamento. Porém, essas diferenças tendem a desaparecer quando as sementes forem colhidas na maturação fisiológica, bem processadas e armazenadas (VIEIRA et al., 1998), no entanto, isso requer do produtor de sementes um bom sistema de produção e beneficiamento.

Alguns autores atribuem esta diferença de qualidade fisiológica entre as cultivares não somente ao genótipo, mas principalmente às condições ambientais as quais as sementes são expostas (AGUERO; VIEIRA; BITTENCOURT, 1997; BRACCINI et al., 2003 )

Os genótipos selecionados para serem utilizados no experimento de salinidade (experimento 1) e no experimento de déficit hídrico (experimento 2), foram: BRS Guamirim, Marfim e Fundacep Cristalino.

No entanto, estes resultados de vigor não podem ser generalizados como verdade absoluta para todos os sistemas de produção, pois fatores de ambiente e de manejo, além da constituição genética, influenciam o vigor de um lote de sementes. O que pode ser afirmado é que os lotes das sementes citadas aqui como vigorosos, utilizados nas demais etapas deste trabalho apresentaram elevada e uniforme qualidade fisiológica. Garantindo o controle da influencia desta “característica estranha” sobre os demais testes, não confundindo os resultados obtidos.

## **5.2 Experimento 1: Efeito de estresse salino**

Os resultados da análise de variância (tab. 8) demonstraram que para os sete caracteres estudados teve significância para o fator dose de NaCl. No entanto somente o caractere comprimento do sistema radicular (CSR), apresentou significância para o fator genótipo e para interação dosagem de NaCl x genótipo.

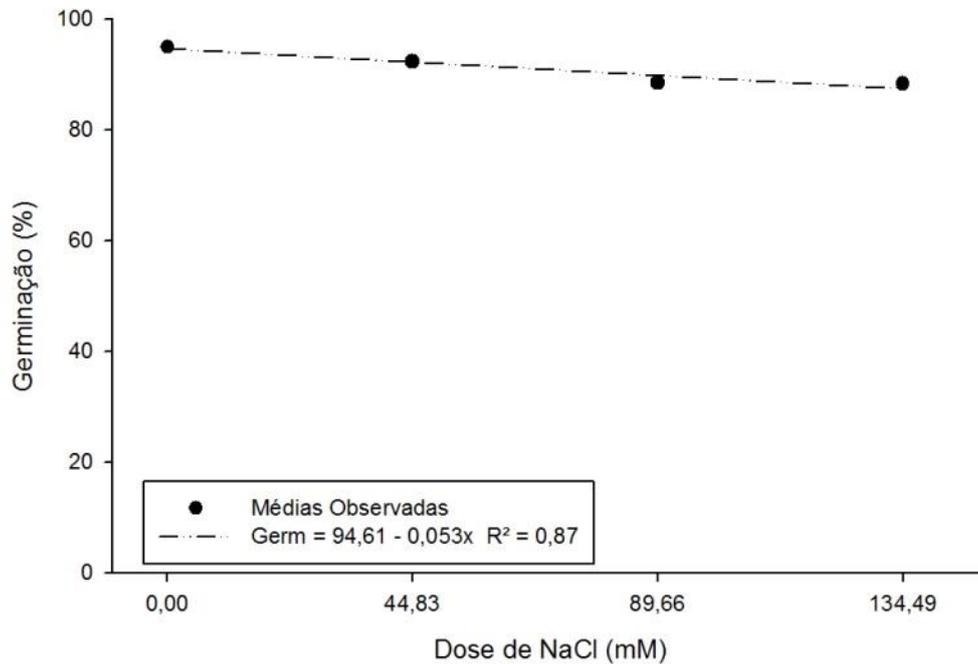
Tabela 8 Resumo da análise de variância para os caracteres, germinação (GERM), primeira contagem da germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) em genótipos de trigo sob estresse salino. FAEM/UFPel, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio (QM)						
		GERM**	PCG**	IVG	CSR	CPA	MSSR	MSPA
Genótipo (G)	2	0,0142	0,01451	0,914	7,741*	4,59	0,000002	0,000002
Dose de NaCl (D)	3	0,0359*	1,243 *	20,123*	43,82*	38,18*	0,000004*	0,000007*
G*D	6	0,023601	0,00695	1.044	5,721*	0,9102	0,000001	0,000001
Resíduo	36	0,00997	0,01778	1.098	1.837	0,432	0,000001	0,000001
Total	47							
Média Geral		1,28	0,68	20,43	10,28	8,56	0,0062	0,0056
CV(%)		7,77	19,49	5,13	13,17	7,67	16,56	9,39

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro. \*\*Variáveis transformadas.

Germinação (GERM), primeira contagem da germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) sofrem grandes efeitos negativos em função do aumento da salinidade. Os três caracteres demonstraram reduções significativas em resposta ao fator dose de NaCl, se ajustando ao modelo de regressão linear.

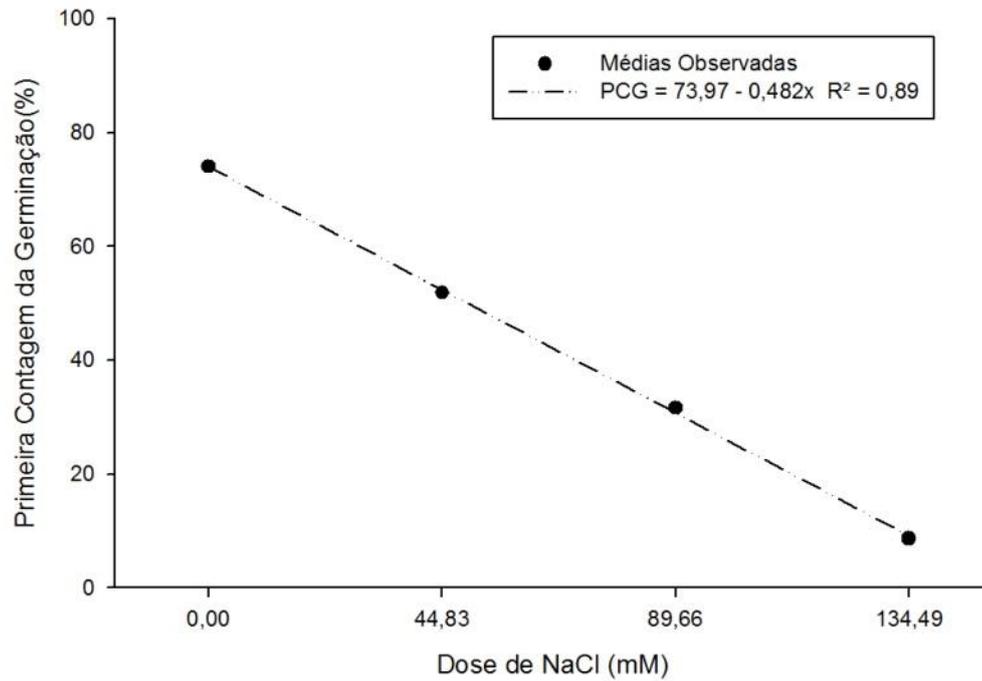
Para germinação (Fig. 2) os efeitos foram negativos, com redução constante em função do aumento da concentração do NaCl. Este efeito pode ser considerado pequeno uma vez que entre a dose controle e a dose máxima ocorreu uma redução de 6%. Comportamento similar foi observado por Lima et al. (2012), em arroz. Em estudo com sementes de feijão, Moraes, Menezes e Pasqualli (2004), observaram redução na germinação, tornando-se insuficiente a -0,3MPa.



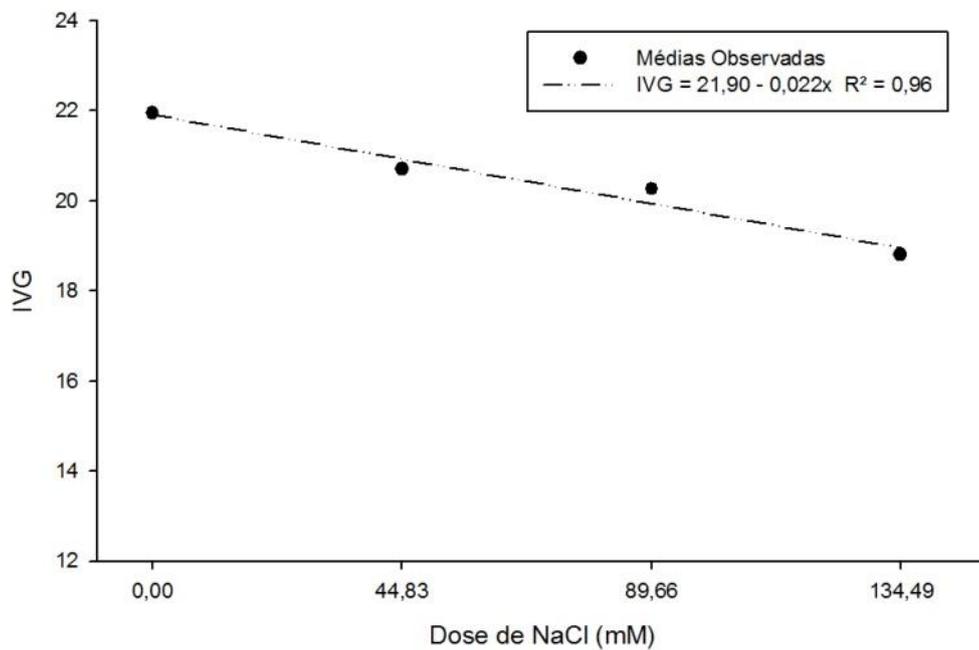
**Figura 2** Porcentagem de germinação total de sementes de trigo umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPEI, 2013.

Para PCG (Fig. 3), que é um teste de vigor, a diferença foi mais intensa, quando comparado à germinação. Coelho et al. (2010) afirmam que o efeito para vigor de plântula é sempre mais intenso que na germinação. Para PCG as sementes de trigo apresentaram 75% de sementes germinadas na dose controle, contra, 10% na dose máxima (134,49mM), resultando em uma diminuição de 86%.

O IVG (Fig. 4) apresentou redução de 22 para 19 na dose máxima, podendo ser considerado uma redução mediana (13,6%). Sendo este um teste de vigor, seu efeito negativo em função do aumento da salinidade foi menor que PCG. Uma possível causa para isso é que para IVG são somadas sementes com radículas iguais ou maiores de 2mm e possivelmente muitas dessas não alcançaram a formação de plântula normal. Consequentemente, foram consideradas nas avaliações para IVG, no entanto, não foram consideradas no teste de PCG, sendo este uma possível causa para o teste de PCG detectar maior variação.

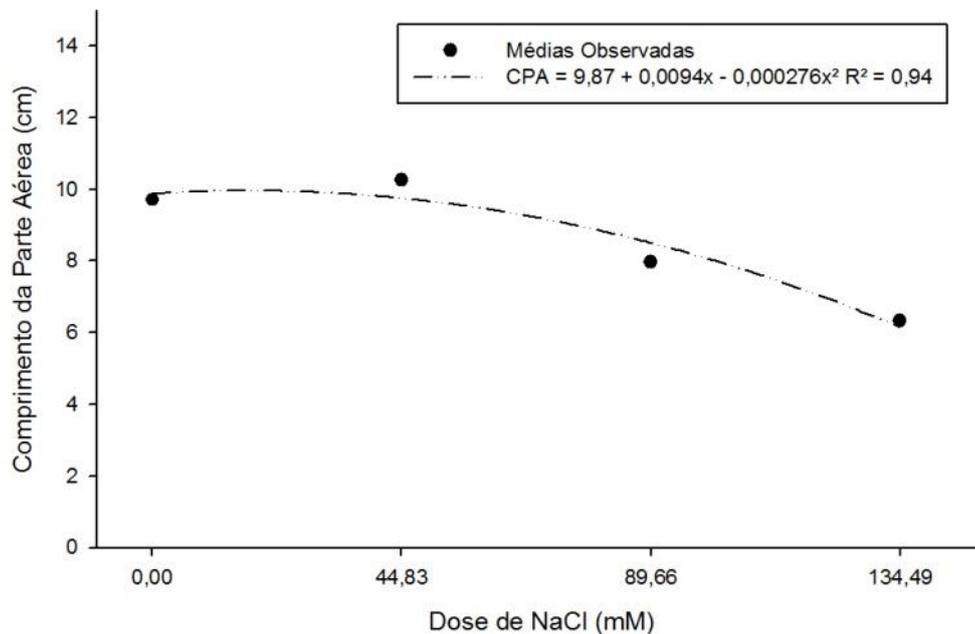


**Figura 3** Primeira contagem da germinação de sementes de trigo umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPel, 2013.



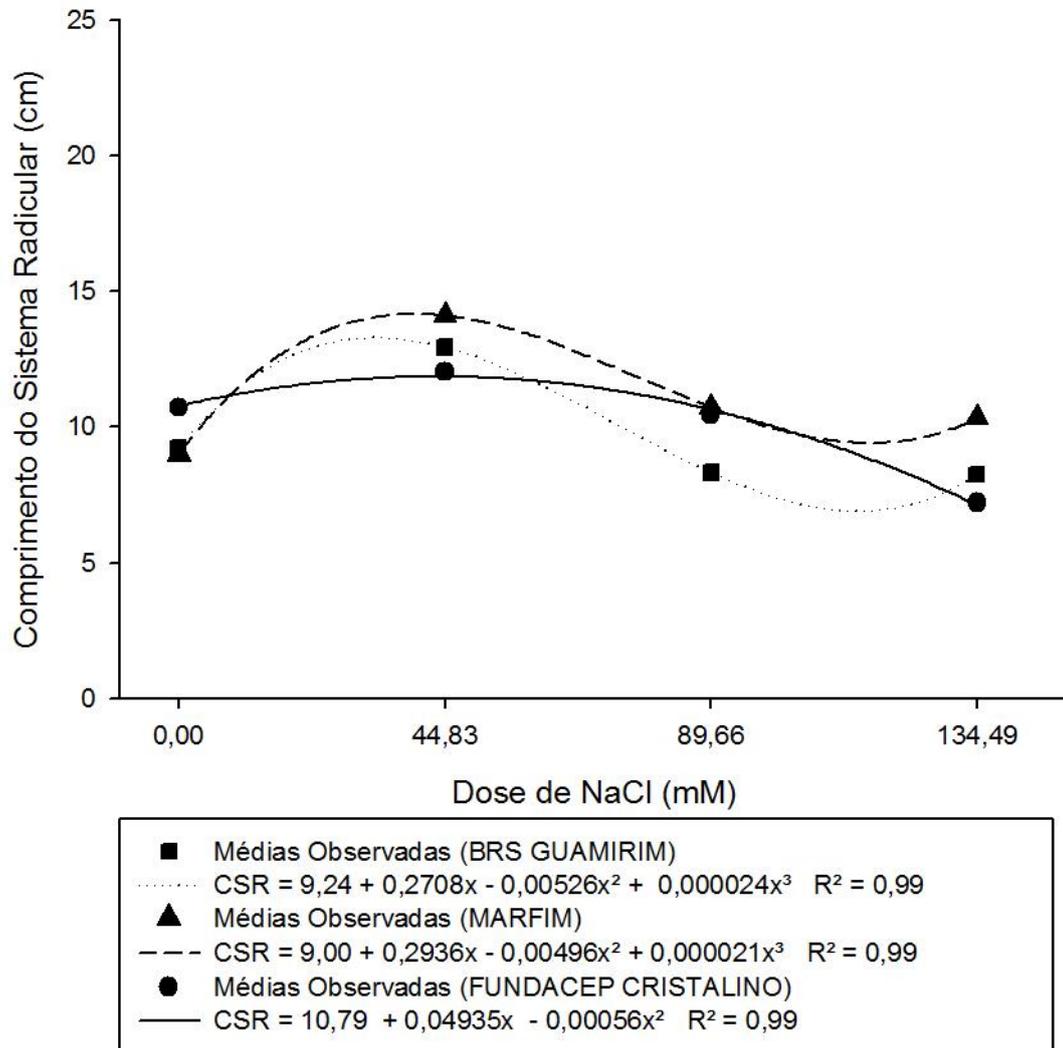
**Figura 4** Índice de velocidade de germinação de sementes de trigo umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPel, 2013.

Os caracteres comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento do sistema radicular (CSR), (Fig. 5 e Fig.6) apresentaram comportamento similar havendo inicialmente um aumento de comprimento seguido de redução. O maior comprimento para CPA ocorreu na dose de 17,03mM de NaCl. Para CSR o maior crescimento variou em função de cada genótipo, sendo, BRS Guamirim na dose 33,36mM, Fundacep Cristalino na dose 44,06mM e Marfim na dose 39,51mM de NaCl. Estes resultados concordam com resultados observados em outras espécies, como feijão (MORAES; MENEZES; PASQUALLI, 2004) e soja (BRACCINI et al.,1996; BERTAGNOLLI et al., 2004).



**Figura 5** Comprimento da parte aérea de plântulas de trigo originadas de sementes umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPel, 2013.

No teste de CSR (Fig. 6) os genótipos BRS Guamirim e Marfim apresentaram comportamento que se ajustou a uma equação de terceiro grau. Já o Fundacep Cristalino apresentou ajustamento para equação de segundo grau.



**Figura 6** Comprimento do sistema radicular de plântulas de trigo originadas de sementes umedecidas por solução salina com diferentes concentrações de NaCl. FAEM/UFPeI, 2013.

No controle (água pura) e na dose de menor estresse salino (44,83mM) os genótipos não apresentaram diferença pelo teste de agrupamento de média Scott-Knott. Na dose de 89,66 mM os genótipos apresentaram diferença sendo que BRS Guamirim apresentou o pior desempenho. A diferença também ocorreu na maior dose (134,49 mM) onde o genótipo Marfim obteve o melhor desempenho (tab. 9).

**Tabela 9** Comprimento do sistema radicular (cm) de plântulas de trigo, oriundas de sementes submetidas ao estresse salino durante o período de germinação. FAEM/UFPEL, 2013.

Genótipo	Dose de NaCl (mM)			
	0	44,83	89,66	134,40
Marfim	9,00 a	14,10 a	10,73 a	10,35 a
BRS Guamirim	9,24 a	12,94 a	8,33 b	8,25 b
Fundacep Cristalino	10,73 a	12,05 a	10,45 a	7,21 b

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo método de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Em estudo realizado com trigo, Tammam, Alhamd e Hemedda (2008) perceberam que geralmente as raízes são os órgãos que apresentam maior variação no conteúdo de proteína, ocorrendo maior diminuição quanto maior for a salinidade. Também em trabalho com trigo, Silva et al. (2008) concluem que a atividade total da alfa-amilase sofre redução significativa com o incremento da concentração salina e por sua vez favorece o aumento do conteúdo de amido. Esses estudos corroboram os dados obtidos para germinação e para os testes de vigor realizados neste trabalho e fornecem indícios para possíveis causas desta perda de desempenho das sementes quando submetidas a este estresse. Silva et al. (2008) encontraram diferenças entre a cultivar de trigo BRS 179 e BRS 177, sendo esta última mais sensível.

A salinidade apresenta duas formas distintas de influenciar negativamente a germinação de sementes. A primeira dela é por ocasionar a redução do potencial hídrico interferindo o processo de absorção de água (CAVALCANTE; PERES, 1995; DIAS; BLANCO, 2010). Outra forma é pela alta concentração de íons que podem ser tóxicos (DIAS; BLANCO, 2010). É difícil quantificar na prática, qual efeito é mais prejudicial no momento da germinação das sementes.

Em condições severas de estresse salino o tecido de uma planta terá maior capacidade de manter seu conteúdo de água quanto maior for sua tolerância à desidratação (FLOWERS; HAJIABAGHERI, 2001). A habilidade relativa da planta, ou parte desta, em acumular metabólitos em seus tecidos irá determinar parcialmente a sua tolerância para condições de estresse (TAMMAM; ALHAMD; HEMEDA, 2008). Dias e Blanco (2010), afirmam que a toxidez por íons é muito dependente de altas concentrações e tempo de exposição, acontecendo em casos mais específicos.

Diante do exposto ficam evidentes os efeitos negativos causados pelo sal sobre as sementes de trigo na fase de germinação, ocasionando perda de desempenho e potencial germinativo. Os resultados indicam o genótipo Marfim como a mais tolerante a este estresse. O caractere CSR, foi o único que teve interação significativa, e este genótipo foi o que obteve melhor resposta frente ao estresse salino.

### 5.3 Experimento 2: Efeito de estresse por déficit hídrico

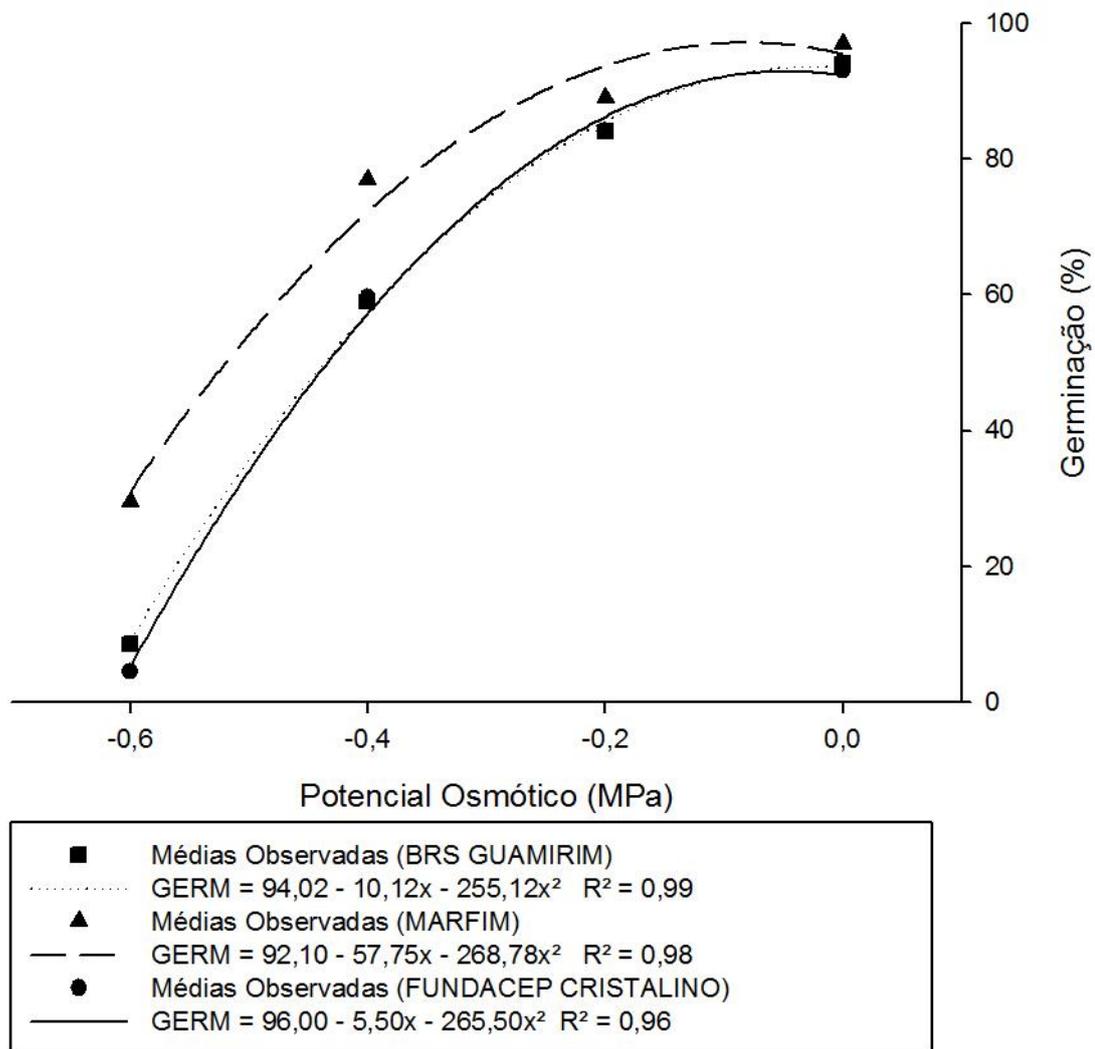
Os resultados da análise de variância (tab. 10) demonstram que os sete caracteres estudados foram significativos para o fator potencial osmótico. No entanto somente os caracteres germinação (GERM) e comprimento do sistema radicular (CSR), apresentaram significância para o fator genótipo e para a interação potencial osmótico x genótipo.

**Tabela 10** Resumo da análise de variância para os caracteres, germinação (GERM), primeira contagem da germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento da parte aérea (CPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) em genótipos de trigo, sob estresse por déficit hídrico. FAEM/UFPEl, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio (QM)						
		GERM**	PCG**	IVG	CSR	CPA	MSSR	MSPA
Genótipo (G)	2	0,0970*	0,0018	1,309	36,92*	1,395	0,000002	0,0000002
Potencial Osmótico(P)	3	2,368*	2,404 *	134,88*	720,87*	247,87*	0,000280*	0,00036*
G*P	6	0,038*	0,003	0,853	8,19*	1,09	0,000002	0,0000002
Resíduo	36	0,0089	0,004	0,5082	1,999	0,4862	0,000002	0,0000002
Total	47							
Média Geral		0,968	0,466	17,87	11,38	5,37	0,0072	0,0047
CV(%)		9,78	13,72	3,98	12,42	12,98	19,79	30,12

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro. \*\*Variáveis transformadas.

A germinação das sementes dos três genótipos apresentou redução em função do potencial osmótico mais negativo. Conforme Fig.7 observa-se que a redução foi muito pequena na potencial osmótico -0,2MPa intensificando nos potenciais mais negativos, sendo drástica no potenciais osmóticos -0,4 e -0,6MPa. No potencial mais extremo (-0,6MPa), nenhum dos três genótipos apresentou germinação acima de 30%.



**Figura 7** Germinação total de sementes de trigo umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPel, 2013.

Conforme os dados apresentados na tab. 11, não ocorreram diferenças significativas entre as médias dos genótipos no tratamento controle e no potencial osmótico -0,2MPa, uma vez que todas ficaram agrupadas em um único agrupamento. No entanto houve diferença significativa entre as médias dos genótipos quando submetidos aos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,6MPa, onde o genótipo Marfim foi o que obteve melhor desempenho nestes dois potenciais mais intensos. Importante observar que este genótipo o Marfim apresentou no potencial osmótico mais intenso (-0,6MPa) 29% de germinação seguido pelos genótipos BRS Guamirim e Fundacep Cristalino com apenas oito e quatro por cento, respectivamente.

**Tabela 11** Germinação total (%) de sementes de trigo, submetidas ao déficit hídrico durante o período de germinação. FAEM/UFPEL, 2013.

Genótipo	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,2	- 0,4	- 0,6
Marfim	93 a	89 a	77 a	29 a
BRS Guamirim	94 a	84 a	59 b	8 b
Fundacep Cristalino	97 a	84 a	59 b	4 b

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo método de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

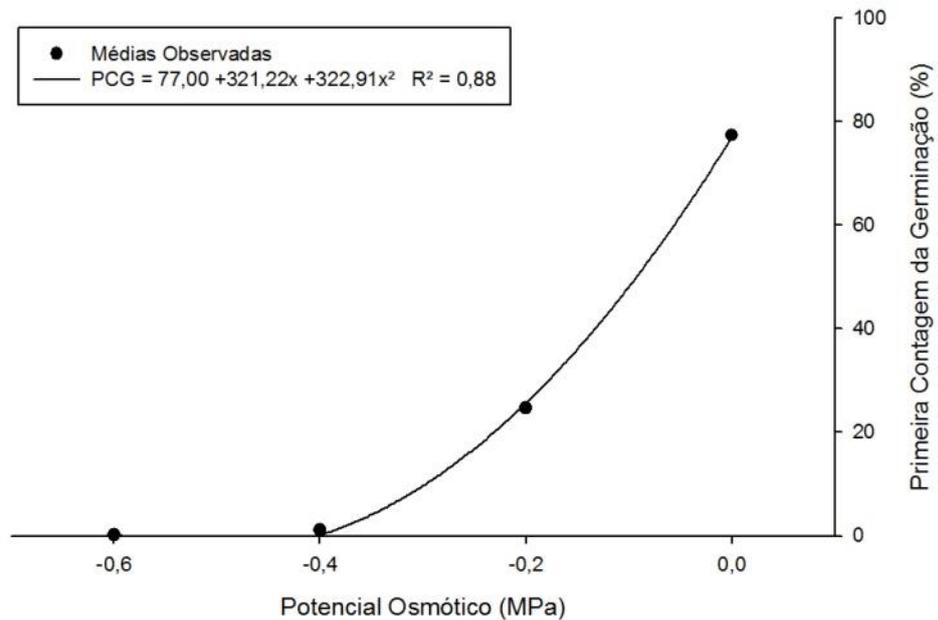
A germinação é uma importante característica de qualidade das sementes. Em trabalho com trigo, Giroto et al. (2012) observaram que a -0,8MPa as sementes de trigo não germinaram, somente emitiam uma pequena radícula. As taxas de germinação das sementes, no laboratório e no campo, estão ligadas e são relatadas como características influenciadas pelo genótipo, ambiente e efeitos do processamento das sementes (APOSTOLIDES; GOULAS, 1998)

Em muitas espécies cultivadas a germinação de sementes é o estágio mais sensível a estresse do ambiente. A restrição hídrica atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos (SÁ, 1987). A redução do metabolismo das sementes ocorre em função da menor disponibilidade de água para mobilização das reservas e translocação dos produtos metabolizados (BRACCINI et al., 1996). A redução da germinação das sementes submetidas a estresse hídrico possivelmente seja em função da redução da atividade enzimática que promove menor desenvolvimento meristemático (HADAS, 1976).

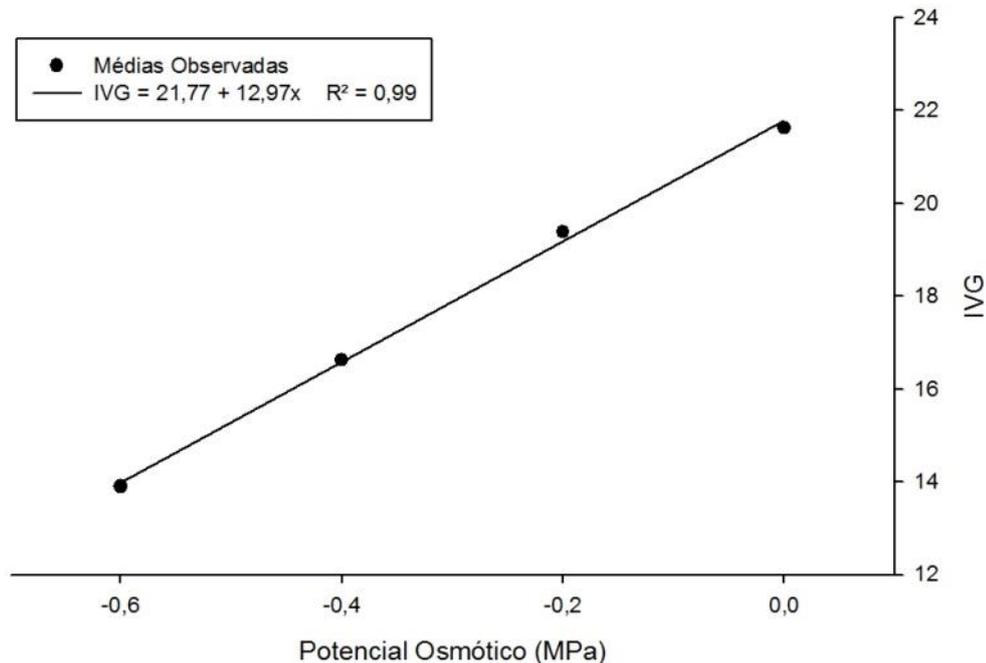
O IVG (Fig. 9) teve uma diminuição gradativa quando o potencial osmótico foi mais negativo e teve ajustamento para equação linear. Já PCG (Fig. 8) teve ajustamento para equação quadrática tendo uma drástica redução já no potencial osmótico -0,2MPa (75%), ocorrendo a máxima redução (100%) nos potenciais osmóticos menores, -0,4 e -0,6MPa.

O IVG que no tratamento controle foi de 22 reduziu para 14 no potencial osmótico -0,6MPa, o que representa redução de 36%. Uma possível causa para não ter sido zero, igual a PCG é que para IVG são consideradas as sementes com radículas iguais ou maiores de 2mm e possivelmente muitas dessas não alcançaram a formação de plântula normal. Consequentemente, foram consideradas nas avaliações para IVG, no entanto, não foram consideradas no teste de PCG, sendo este uma possível causa para a PCG detectar maior variação.

O teste de vigor PCG, sofreu mais o efeito do tratamento quando comparado com o teste de germinação. Desta forma os dados obtidos neste trabalho vão ao encontro do afirmado por Coelho et al. (2010) de que, no vigor de plântulas os efeitos são sempre mais intensos que para a germinação.



**Figura 8** Primeira contagem da germinação de sementes de trigo, umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPEl, 2013.



**Figura 9** Índice de velocidade de germinação de sementes de trigo umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPEL, 2013.

Em relação à matéria seca da parte aérea (MSPA) (Fig. 10), ocorreu redução em função da diminuição do potencial osmótico. Os resultados observados se ajustaram a uma função linear.

Matéria seca do sistema radicular (MSSR) (Fig. 11), também apresentou diferença significativa para o fator potencial osmótico. No entanto se ajustou a uma equação de segundo grau, apresentando seu máximo crescimento no potencial osmótico  $-0,19\text{MPa}$ . O controle (água pura) e o potencial osmótico  $-0,4\text{MPa}$  apresentaram resultados similares, havendo drástica redução no sentido do potencial osmótico  $-0,6\text{MPa}$ .

O potencial hídrico mais negativo, afeta o alongamento celular e a síntese da parede celular sendo que para cada espécie existe um valor de potencial crítico, (SADEGHIAN; YAVARI, 2004). A redução da produção da biomassa está relacionada com a falta de água para o metabolismo, o que reduz a velocidade das reações metabólicas e conseqüentemente diminui o acúmulo de massa (MARUR; SODEK; MAGALHÃES, 1994).

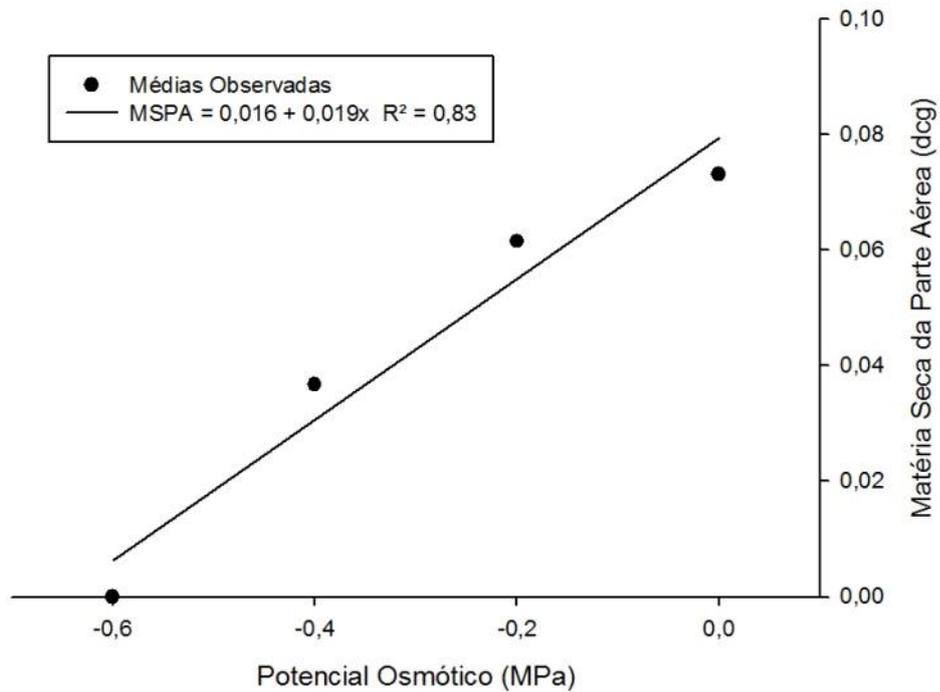


Figura 10 Matéria seca da parte aérea de plântulas de trigo provenientes de sementes umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPel, 2013.

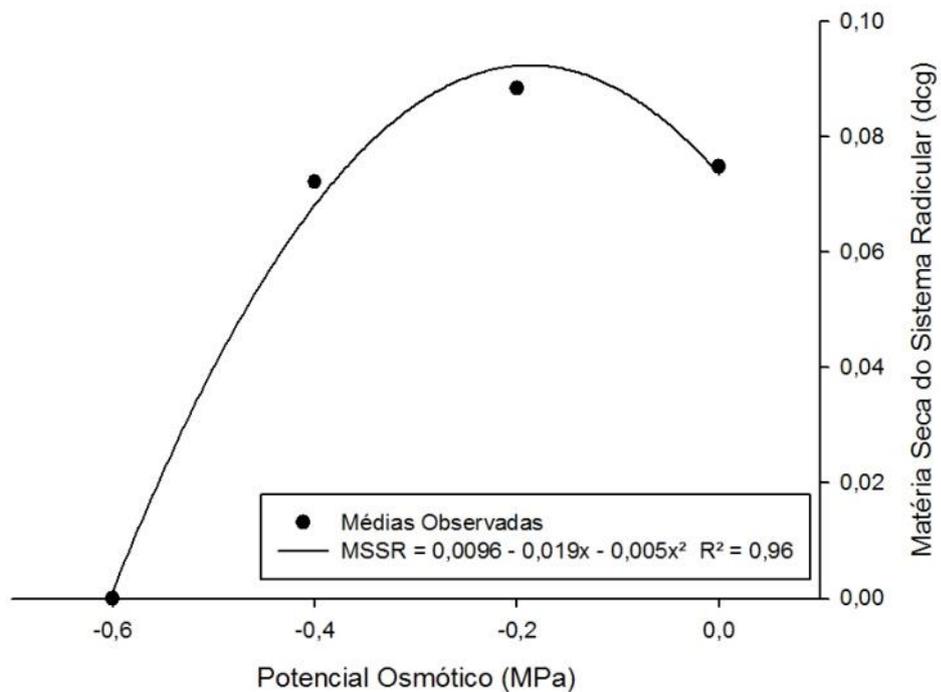
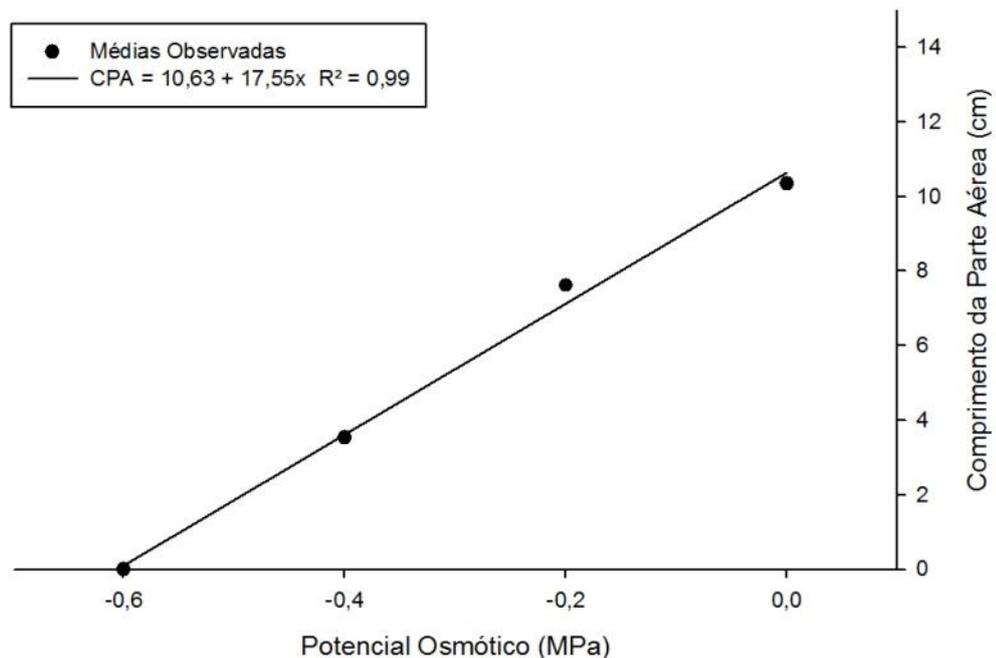


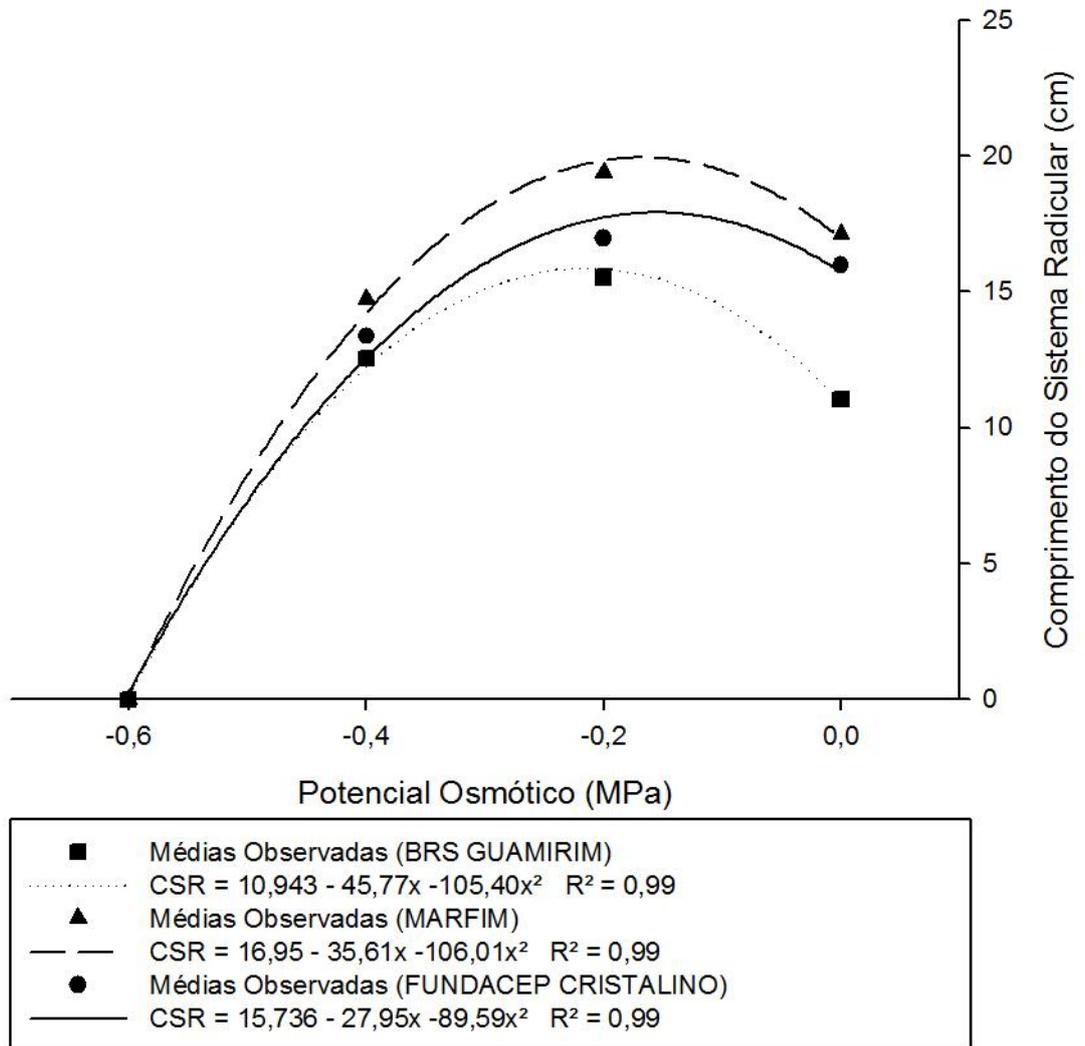
Figura 11 Matéria seca do sistema radicular de plântulas de trigo provenientes de sementes umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPel, 2013.

O comprimento da parte aérea (CPA) (Fig. 12) e o comprimento do sistema radicular (CSR) (Fig. 13) apresentaram redução em função da diminuição do potencial osmótico. O CPA apresentou um ajustamento linear. Para CSR teve o genótipo Marfim apresentando melhor desempenho, sendo, seu maior crescimento no potencial osmótico -0,17MPa.



**Figura 12** Comprimento da parte aérea de plântulas de trigo provenientes de sementes umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPel, 2013.

No potencial osmótico de -0,6MPa o crescimento relativo das plântulas de trigo se apresentavam inferior a 10% (GIROTTO et al., 2012). Sadeghian e Yavari (2004), em estudo com beterraba, encontraram resultados similares havendo conformidade entre as respostas observadas para o crescimento e biomassa, sendo que para todas as variáveis houve diminuição em função de potenciais osmóticos mais negativos. Os mesmo autores identificaram que para o CSR os genótipos apresentaram comportamento distinto diante do estresse hídrico.



**Figura 13** Comprimento do sistema radicular de plântulas de trigo provenientes de sementes umedecidas por solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos. FAEM/UFPel, 2013.

Os genótipos apresentaram diferença significativa segundo a análise de agrupamento de médias, no potencial osmótico -0,2MPa e no tratamento controle, enquanto não houve diferença nos potenciais -0,4 e -0,6MPa. O genótipo Marfim obteve o melhor desempenho no potencial osmótico -0,2MPa (tab. 12).

**Tabela 12** Comprimento do sistema radicular (cm) de plântulas de trigo, oriundas de sementes submetidas ao déficit hídrico durante o período de germinação. FAEM/UFPEL, 2013.

Genótipo	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	- 0,2	- 0,4	- 0,6
Marfim	17,11 a	19,36 a	14,71 a	0,0 a
BRS Guamirim	11,04 b	15,53 b	12,53 a	0,0 a
Fundacep Cristalino	15,99 a	16,97 b	13,36 a	0,0 a

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo método de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O crescimento contínuo das raízes, em solo seco, é particularmente importante para amenizar o efeito da seca (DHANDA; BEHL; ELBASSAM, 1995). Dhanda, Sethi e Behl (2004), afirmam que a caracterização de genótipos de trigo é mais eficiente em condições normais do que em condições de estresse. Estes mesmos autores reconhecem a eficiência do uso do comprimento do sistema radicular em condições de estresse para predizer genótipos tolerantes à seca. Os maiores valores relativos de germinação e crescimento foram obtidos pelos genótipos mais tolerantes de beterraba (SADEGHIAN; YAVARI, 2004). Resultados com trigo, utilizando PEG 6000 foram satisfatórios obtendo resultados similares aos observados em condições de campo (THILL, SCHIMMAN, APPLEBY, 1979), sugerindo ser este método apropriado para estudo em laboratório.

Neste experimento os caracteres CSR, CPA, PC, MSSR E MSPA obtiveram valor zero no potencial osmótico -0,6MPa. O teste de germinação não seguiu a regra, uma vez que o genótipo Marfim obteve 29% de germinação neste potencial.

Observando os dois caracteres (GERM e CSR), nos quais houve interação significativa entre os fatores genótipo x potencial osmótico, Marfim é o mais tolerante ao estresse hídrico, uma vez que obteve melhor germinação e melhor crescimento para o sistema radicular.

## **6. CONCLUSÕES**

### **6.1 Efeito de estresse salino**

Germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, matéria seca da parte aérea, matéria seca do sistema radicular, comprimento da parte aérea e comprimento do sistema radicular sofreram reduções em função do aumento da concentração de NaCl.

O genótipo Marfim foi a que se mostrou mais tolerante ao estresse salino.

O teste de CSR é um potencial indicador para identificação de genótipos tolerantes a estresse salino.

### **6.2 Efeito de estresse por déficit hídrico**

Germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, matéria seca da parte aérea, matéria seca do sistema radicular, comprimento da parte aérea e comprimento do sistema radicular sofreram redução em função dos potenciais osmóticos mais negativos.

O genótipo Marfim foi a que se mostrou mais tolerante ao estresse de déficit hídrico.

Os testes de GERM e CSR são potenciais indicadores de genótipos tolerantes a estresse hídrico.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUERO, J.A.P; VIEIRA, R.D.; BITTENCOURT, S.R.M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.2, p.254-259, 1997

APOSTOLIDES, G.; GOULAS, C. Seed crop environment and processing effects on sugar beet (*Beta vulgaris*L.) certified hybrid variety seed quality. **Seed Science and Technology**. 26, 223-235, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook** . East Lansing, 88p. 1983.

BENCO-ISEPPON, A.M.; CAVALCANTI, N.M.S.; BERLARMINO, L.C.; NETO, J.P.B.; AMORIM, L.L.B.; NETO, J.R.C.F.; PANDOLFI, V.; AZEVEDO, H.M.A.; SILVA, R.L.O.; SANTOS, M.G.; ALVES, M.V.S.; KIDO, E.A. Prospecção de Genes de Resistência à Seca e à Salinidade em Plantas Nativas e Cultivadas. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, v.6, p. 1112-1134, 2011.

BERTAGNOLLI, C.M.; CUNHA, C.S. M. ; MENEZES, S.M. ; MORAES, D.M.; LOPES, Nei F.; ABREU, C.M. Qualidade fisiológica e composição química de sementes de soja submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n. 3, p. 287-291, 2004.

BRACCINI, A.L.; ALBRECHT, L.P.; ÁVILA, M.R.; SCAPIM, C.A.; BIO, F.E.I.; SCHUAB, S.R.P. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento da colheita. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v.25, n.2, p.449-457, 2003.

BRACCINI, A.L.; RUIZ, H.A.; BRACCINI, M.C.L.; REIS, M.S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresses hídrico induzidos por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietilenoglicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n.1, p. 10-16, 1996.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; BRAGA, J.F.; SÁ, M.E. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.21, n.2, p.95-102, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de semente**. Brasília. 2009. 339p.

CAVALCANTE, A.M.B.; PEREZ, S.C.J.G. de A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n. 2, p. 281-289, 1995.

**CODEVASF**. Disponível em:

[http://www.codevasf.gov.br/programas\\_acoes/irrigacao/salinizacao-do-solo](http://www.codevasf.gov.br/programas_acoes/irrigacao/salinizacao-do-solo). Acessado em julho de 2013.

COELHO, D.L.M.; AGOSTINI, E.A.T.; GUABERTO, L.M.; Neto, N.B.M.; Custódio, C.C. Estresse hídrico com diferentes osmóticos em sementes de feijão e expressão diferencial de proteínas durante a germinação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 491-499, 2010.

**CONAB** - Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em julho de 2013.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: Biometria. Viçosa: UFV, 2006. 382p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 380p

DHANDA, S.S.; SETHI, G.S.; BEHL, R.K. Indices of Drought Tolerance in Wheat Genotypes at Early Stages of Plant Growth. **J. Agronomy & Crop Science**, Berlin, 190, 6-12, 2004.

DHANDA, S.S.; BEHL, R.K.; ELBASSAM, N. Breeding wheat genotypes for water deficit environments. **Landbanforschung Volkenrode**, 45, 159-167, 1995.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Salinidade**. Fortaleza, 2010.

ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.12, n.4, p. 662-679, 2008.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G. de A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9 p. 903-909, 2004.

**FAOSTAT** . Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. Acessado em julho de 2013.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FLOWERS T.J., HAJIABAGHERI M.A. Salinity tolerance in *Hordeum vulgare*: ion concentration in root cells to cultivars differing in salt tolerance. **Plant Soil**. 231: 1-9, 2001.

GIROTTI, L.; ALVES, J.D.; DEUNER, S.; ALBUQUERQUE, A.C.S.; TOMAZONI, A.P. Tolerância à seca de genótipos de trigo utilizando agentes indutores de estresse no processo de seleção. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.2, p. 192-199, 2012.

HADAS, A. & RUSS, D. Water uptake by seeds as affected by water stress, capillary conductivity, and seed-soil water contact. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, n.5, p.643-52. 1974.

**ITIS** – Disponível em: <http://www.itis.gov>. Acessado em Agosto de 2013.

JONES, H.D. Wheat transformation: current technology and applications to grain development and composition. **Journal of Cereal Science**. 41: 137-147, 2005.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v.12, n.2, p.163-166, 2006.

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

LANNETTA, M.; COLONNA, N. **Salinização**. Land Care In Desertification Affected Areas, 2013. ([http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/authors\\_it.html#B2](http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/authors_it.html#B2))

LI, A.; WANG, X.; LESEBERG, C.H; JIA, J.; MAO, L. Biotic and abiotic stress responses through calcium-dependent protein kinase (CDPK) signaling in wheat (*Triticum aestivum*L.). **Journal Plant Signaling & Behavior** 3:9, 654-656, 2008.

LIMA, T.C. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 2005, 61f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo de Campinas – Campinas.

MARUR C.J.; SODEK, L.; MAGALHÃES, A.C. Free aminoacids in leaves of cotton plants under water deficit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.6, p.103-108, 1994.

MORAES, G.A.F.; MENEZES, N.L.; PASQUALLI, L.L. Comportamento de sementes de feijão sob diferentes potenciais osmóticos. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.776-780, Santa Maria, 2005.

MORAES-FERNANDES, M.I.B.; CAETANO, V.R. **Biotechnologia no melhoramento do trigo *Triticum aestivum* (L.)** Thell: produção de plantas haplóides através da cultura de anteras "in vitro" para acelerar o processo de criação de cultivares, no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (EMBRAPA). **Ciência e Cultura**, v.42, n.7, p.472-473, 1990.

Munns, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.239-250, 2002.

Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review Plant Biology**. 2008.

MURILLO-AMADOR, B.; LOPEZAGUILAR, R.; KAYA, C.; LARRINAGAMA-YORAL, J.; FLORES-HERNANDEZ, A. Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 188, p. 235-247. 2002.

NILSEN, E.T.; ORCUTT, D.M. The Physiology of Plants under Stress – Abiotic factors. **New York, John Wiley and Sons**, 1996.

OLIVO, F. **Variabilidade dos componentes de produção de feijão e suas relações com caracteres de qualidade fisiológica das sementes**. 2009, 57f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas – Pelotas.

OSÓRIO, E. FUNDAÇÃO CARGILL. **Trigo no Brasil**. Campinas, 1982. v.1

PASQUALLI, L.C. **Estimativa do potencial de armazenamento de soja através do vigor das sementes**. 2012.52f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas – Pelotas.

RIBEIRO, M.C.C.; MARQUES, M.B.; FILHO, J.A. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.281-284, 2001.

SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)**. 1978, 147f. Tese de Doutorado. Piracicaba: ESALQ-USP.

SADEGHIAN, S. Y.; YAVARI, N. Effect of Water-Deficit Stress on Germination and Early Seedling Growth in Sugar Beet. **J. Agronomy & Crop Science**, Berlin, 190, 138-144, 2004.

SCHUCH, L.O. B. Maximizando a produção com sementes de alto vigor. **Seed News**, v. 10, p. 8-11, 2006.

SCHUCH, L.O. B.; KOCHINSKI, E. M.; CANTARELLI, L. D. Relação entre a qualidade de sementes de aveia-preta e a produção de forragem e de sementes. **Scientia Agraria** v. 9, p. 1-6, 2008.

SEKI, M.; NARUSAKA, M.; ISHIDA, J.; NANJO, T.; FUJITA, M.; OONO, Y.; KAMIYA, A.; NAKAJIMA, M.; ENJU, A.; SAKURAI, T.; SATOU, M.; AKIYAMA, K.; TAJI, T.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; CARNINCI, P.; KAWAI, J.; HAYASHIZAKI, Y.; SHINOZAKI, K. Monitoring the expression profiles of 7,000 Arabidopsis genes under drought, cold and high-salinity stresses using a full-length cDNA microarray. **Plant Journal**, v. 31, p. 279-292, 2002.

SILVA, J.R. **Mercado de Trigo: o Brasil aumenta exportação em 2011**. Instituto de Economia Agrícola, 2011.

(<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12102>).

SILVA, R.N.; DUARTE, G.L.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; PEREIRA, A.L.A. Composição química de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) SUBMETIDAS A estresse salino na germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.215-220, 2008.

SOURDILLE, P.; GUYOMARCH, H.; BARON, C.; GANDON, B.; CHIQUET, V.; ARTIGUENAVE, F.; EDWARDS, K.; FOISSET, N.; DUFOUR, P. Improvement of the genetic maps of wheat using new microsatellite markers. **Plant & Animal Genome IX final abstracts guide**. Applied Biosystem Press, p 167, Foster, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAMMAM, A.A.; ALHAMD, M.F.A.; HEMEDA, M.M. Study of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum*L.) cultivar Banysoif 1 **Australian Journal of Crop Science**, v.1, n.3, p.115-125, 2008.

TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; TUNES, L.M.; TRZECIAK, M.B.; PINO, M.; BARROS, A.C.S.A. Initial growth of soybean plants from seeds of high and low vigor subjected to water stress. **Journal of Agricultural Science**, v.4, n.6, p.246-257, 2012.

TEIXEIRA, R.L.; BRACCINI, A.L.; SPERANDIO, D.; SCAPIM, C.A.; SHUSTER, I.; VIGANÓ, J. Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico em substrato contendo polietileno glicol. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.30, n.2, p. 217-223, 2008.

THILL, D.C.; SCHIMMAN, R.D.; APPLEBY, A.P. Osmotic stability of mannitol and polyethyleneglycol 20.000 solutions used as seed germination media. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, n.1, p.105-108, 1979.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em genótipos de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.178-183, 1998.

VIEIRA, R. D., CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p

VIEIRA, R. D.; MINOHARA, L.; MAURO, A. O. Comportamento de cultivares de soja quanto a qualidade fisiológica de sementes. **Pesquisa Brasileira Agropecuária**, v.33, n.2, p.123-120, 1998.

VILLELA, F.A.; FILHO, L.D.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26 p.1957-1968, 1991.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.6, n.11, p2. 2010.

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 6, n. 2, p. 66-71, 2001.