

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DESEMPENHO DE SEMENTES NUAS E REVESTIDAS DE AZEVÉM  
ANUAL (*Lolium multiflorum* Lam.) EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE  
SALINO.

AMANDA VOTTO KLAFKE  
Eng<sup>a</sup> Agrônoma / UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção de Grau  
de Mestre em Zootecnia  
Área de Concentração Plantas Forrageiras  
Subárea Produção, Tecnologia e Ecologia de Sementes

Porto Alegre (RS), Brasil  
Abril de 2008

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer carinhosamente a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste meu trabalho, e para o meu crescimento profissional e pessoal, o que inclui pessoas da UFRGS, da FEPAGRO, e a minha família.

Um agradecimento muito especial e intenso faço aos profissionais da área agrônômica, que promoveram o meu crescimento, são; a minha orientadora, professora Lúcia Brandão Franke, o meu co-orientador, professor Luiz Mauro Rosa, a Engenheira Agrônoma Maria Angélica Silveira Moreira, os professores de estatística da UFRGS, João Riboldi e Alberto Cargnelluti, o Doutorando em estatística, Manoel, do Núcleo de Apoio à Estatística da UFRGS, o professor de Fertilidade do Solo Carlos Bissani, e o chefe do Laboratório de Sementes da FEPAGRO, Engenheiro Agrônomo João Rodolfo Guimarães Nunes, o qual esteve me orientando quase que diariamente, sem medir esforços, na condução do meu experimento, no Laboratório de Sementes da FEPAGRO, e que muito contribuiu para o meu crescimento profissional e pessoal. A ele um agradecimento muito especial. Agradeço, também, ao técnico da FEPAGRO, Alex e às estagiárias, Danielle e Lúcia, os quais muito me ajudaram na parte prática, sem medir esforços. E ao profissional Gilson, pelas instruções dadas.

Agradeço muito à CAPES pelo auxílio financeiro, aos colegas Priscila Ferreira e Rodrigo Lopes, e ao bolsista Marcos, pelas grandes ajudas.

Finalmente, quero agradecer à minha família, por tolerar o meu nervosismo e o meu mau humor, e à Deus por me dar forças nos momentos mais difíceis, o que foi essencial para o meu crescimento.

## DEDICATÓRIA

À minha eterna orientadora da vida, minha mãe, Nara Votto Klafke.

DESEMPENHO DE SEMENTES NUAS E REVESTIDAS DE AZEVÉM ANUAL (*Lolium multiflorum* Lam.) EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO.

Autora: Amanda Votto Klafke  
Orientadora: Lúcia Brandão Franke  
Co-orientador: Luis Mauro Gonçalves Rosa

RESUMO

Com este trabalho objetivou-se avaliar o efeito da salinidade na emergência e vigor de sementes nuas e revestidas de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) submetidas a cinco concentrações de cloreto de sódio (48, 64, 97, 129, 145 mM) além da testemunha. O experimento foi realizado sob condições ambientais, em vasos contendo como substrato areia e vermiculita, sob o delineamento completamente casualizado, com cinco repetições e quatro sementes por repetição. A reposição da solução salina foi realizada de dois em dois dias. Avaliou-se a % de emergência, % de sementes mortas, dormentes, e de plântulas anormais, índice de velocidade de emergência, comprimento da parte aérea e de raiz e peso da massa fresca da parte aérea das plântulas. A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o programa computacional SAS, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Duncan a 5%. Nas condições e níveis de salinidade em que as sementes de azevém foram expostas durante o desenvolvimento do experimento, pode-se concluir que a emergência de sementes nuas e revestidas de azevém decresceu com o incremento da salinidade, a qual afetou negativamente o desenvolvimento de plântulas normais e reduziu a viabilidade. O peso da massa fresca da parte aérea não foi afetado pela salinidade, tanto nas sementes nuas como nas revestidas. O revestimento usado nas sementes de azevém, constituído à base de farelo de madeira, não foi capaz de protegê-las da ação tóxica e prejudicial do sal nas maiores concentrações.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Abril, 2008.

## RESPONSES OF UNCOATED AND COATED SEEDS ANNUAL RYEGRASS (*Lolium multiflorum* Lam.) TO SALT STRESS<sup>1</sup>.

Author: Amanda Votto Klafke  
Advisor: Lucia Brandão Franke  
Co-Advisor: Luís Mauro Gonçalves Rosa

### SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effects of salinity on emergence and vigor of coated and uncoated seeds of ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) germinated under five different sodium chloride concentrations (48, 64, 97, 129, 145 mM) and a control of zero mM NaCl. The experiments were conducted in pots with a mixture of sand and vermiculite, on a completely randomized design with five replicates and four seeds per replicate. The pots were kept on laboratory benches without environmental control. The saline solution was replenished every two days. Evaluations of % emergence, % dead seeds, dormant seeds and abnormal seedlings, germination velocity index, length of root and shoots and fresh shoot weight of seedlings. Statistical analysis was carried out using SAS (Carry, USA) and the means were compared using a Duncan test at the level of 5% of significance. Under these experimental conditions, we can conclude that the emergence of uncoated and coated seeds is reduced as salinity increases, affecting normal seedlings development and reducing viability. No effects were recorded on fresh shoot weight of seedlings either on the coated or uncoated seeds. The seed coating used, was made from sawdust, was not capable of protecting the seed from the toxic effects of salt on the higher concentrations.

---

<sup>1</sup> Master of Science Dissertation in Forage Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Abril, 2008.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	6
2.1. SOLOS SALINOS .....	6
2.2 EFEITOS DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO DAS SEMEN – TES E NO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS .....	9
2.2.1. Modo de ação do excesso de sais às sementes e às plantas .....	9
2.2.2. Os sais nocivos .....	15
2.2.3. Distúrbios fisiológicos causados pelos sais às sementes	17
2.2.4. Modificações anatômicas das plantas, causadas pelo estresse salino .....	23
2.2.5. Parâmetros que são afetados pela salinidade .....	
a) Germinação .....	25
b) Vigor .....	29
b.1) Índice de Velocidade de Germinação: IVG .....	29
b.2) Comprimento de Plântula .....	30
b.3) Massa Fresca e Massa Seca .....	30
2.2.6 Sintomas do estresse salino nas plantas: exteriorização do distúrbio .....	33
2.2.7 Mecanismos de tolerância ao estresse salino .....	34
2.3 ANÁLISE DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES ....	38
2.4 REVESTIMENTO DE SEMENTES .....	40
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
5. CONCLUSÕES .....	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
7. APÊNDICES .....	74

## RELAÇÃO DE TABELAS

		Página
TABELA 1.	Correlação entre quantidade de NaCl e potencial osmótico da solução.	44
TABELA 2.	Percentagem de emergência, plântulas anormais, sementes dormentes, sementes mortas, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, peso da massa fresca da parte aérea e índice de velocidade de emergência de sementes nuas de azevém anual ( <i>Lolium multiflorum</i> L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Porto Alegre – RS, 2008.	48
TABELA 3.	Percentagem de emergência, plântulas anormais, sementes dormentes, sementes mortas, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, peso da massa fresca da parte aérea e índice de velocidade de emergência de sementes revestidas de azevém anual ( <i>Lolium multiflorum</i> L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Porto Alegre – RS, 2008.	54

## RELAÇÃO DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1.	Percentagem de emergência, plântulas anormais, sementes dormentes e sementes mortas de sementes nuas e revestidas de azevém anual ( <i>Lolium multiflorum</i> L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Porto Alegre – RS, 2008	58
FIGURA 2.	Comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, peso da massa fresca da parte aérea e índice de velocidade de emergência de sementes nuas e revestidas de azevém anual ( <i>Lolium multiflorum</i> L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Porto Alegre – RS, 2008.	59



## 1. INTRODUÇÃO

A salinidade do solo é caracterizada pelo acúmulo, na superfície ou no perfil do solo, de sais em níveis prejudiciais às plantas, ocorrendo em condições de baixa precipitação pluviométrica, alta evapotranspiração, e má drenagem dos solos. Associado a isso, ocorrem altos valores de pH (maior que 7) devido à reação alcalina dos sais. Os solos naturalmente salinos são encontrados em áreas baixas, de regiões áridas e semi-áridas, e em planícies costeiras, originando-se, respectivamente, pela evaporação de água subterrânea salina e por formação de solo em sedimentos marinhos ou periodicamente alagados pelo mar. Durante períodos secos, os sais ascendem com a água capilar, acumulando-se na parte superior do solo na forma de crostas salinas (Gianello, *et al.*, 1995). A cada chuva, os sais são solubilizados e transferidos para o subsolo. Se o solo apresenta má drenagem, não ocorre a lixiviação dos sais.

Todos os tipos de solos mal drenados e que tenham um acúmulo excessivo de água dentro do seu perfil, na zona das raízes dos cultivos, podem ser considerados hidromorfos, e, estes, na medida em que a precipitação pluviométrica seja menor que a evapotranspiração, e o lençol freático venha carregado de sais, ele se torna também salino (Cando, 1989).

A ocorrência de excesso de sais no solo tem limitado a produção agrícola tanto nas regiões de solos naturalmente salinos, os quais, segundo Larcher (1995), abrangem aproximadamente 6% da superfície continental, como em regiões com solos salinizados.

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta algumas áreas de solos naturalmente salinos que se restringe às áreas de influência de sedimentos marinhos e/ou em contato com águas salinas, sendo mais freqüentes em áreas planas e cotas baixas na planície costeira. Estas áreas de solos salinos do Rio Grande do Sul englobam municípios como Santa Vitória do Palmar, Rio Grande, Jaguarão e Arroio Grande (Streck *et al.*, 2002).

A significância da salinidade do solo para o rendimento da agricultura é enorme (Tester & Davenport, 2003). A importância vai além de solos já naturalmente salinos, uma vez que a proporção de solos salinizados está aumentando em virtude do emprego incorreto de técnicas agrícolas, como adubação excessiva e irrigação mal conduzida, transformando terras férteis e produtivas em terras impróprias para a agricultura (Almeida, 2001; Tester & Davenport, 2003). A ocorrência de excesso de sais no solo tem limitado a produção agrícola nas regiões áridas e semiáridas principalmente nas áreas irrigadas (Torres *et al.*, 2000), já que são regiões que dependem muito da irrigação para garantir um adequado suprimento de água para as culturas (Tal, 1984). A irrigação mal conduzida pode provir do uso de água imprópria para tal finalidade com elevado teor de sódio, ou do uso do tipo de sistema de irrigação inadequado às características do solo.

O processo de salinização do solo por meio da irrigação ocorre

ocasionalmente nas lavouras de arroz situadas no litoral do RS, irrigadas com água da Lagoa dos Patos quando esta apresenta alto teor de sódio proveniente da entrada de água salgada do mar nas águas da Lagoa (inversão do fluxo de água) em épocas de baixa precipitação pluviométrica. Este processo se intensifica nos meses de janeiro e fevereiro, o que coincide com o início da fase reprodutiva do arroz, quando as plantas são mais sensíveis à salinidade (Kämpf *et al.*, 1985).

Muitos produtores atualmente estão aderindo à integração lavoura-pecuária para diminuir os seus custos e procurar uma sustentabilidade para o seu sistema de produção. Uma das pastagens mais comumente empregadas para a pecuária, após a lavoura de arroz, no Estado, é o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), por ser altamente adaptado às condições edáfico-climáticas do Estado do Rio Grande do Sul, e proporcionar uma boa resposta no desempenho do rebanho bovino. O Estado do Rio Grande do Sul tem, na pecuária, uma atividade agrícola de extrema importância econômica. A pesquisa agrícola tem sido constante na busca do conhecimento das plantas forrageiras de alta qualidade e produtividade, e do manejo adequado das mesmas, em condições diversas, para uma boa produção agrícola.

A Organização Mundial de Meteorologia alerta para o fato de que a mudança climática no planeta está agravando e poderá agravar muito mais os processos de desertificação e salinização dos solos em geral e dos campos de cultivo. Segundo constatações e previsões desta organização, as regiões atingidas pela seca estão e estarão aumentando cada vez mais, inclusive na América Latina, podendo ocorrer a degradação dos solos devido à uma alta

evapotranspiração contra uma baixa precipitação, condições estas que propiciam os processos de desertificação e salinização dos solos. Estas condições de solo poderão dificultar a alimentação da população mundial a partir de 2020, já que somente 11% da superfície do planeta é cultivável e tem que produzir o suficiente para alimentar a população mundial, que atualmente é de 6,3 bilhões de pessoas, e que, em 2020, segundo estimativas, será de 8,3 bilhões de pessoas.

Neste contexto, a segurança alimentar mundial e a qualidade ambiental tornam-se cada vez mais comprometidas e mais preocupantes, por causa da redução da qualidade dos solos. Frente a isso, adquire cada vez mais importância a busca por soluções para minimizar o efeito sobre a segurança alimentar mundial e a qualidade ambiental.

Diante do exposto, soluções para o problema da salinidade são, a busca ou o conhecimento de espécies que sejam tolerantes à salinidade, e de tecnologias capazes de minimizar este problema, para que as espécies vegetais possam crescer e produzir nestas condições, garantindo a produção de alimentos. Atualmente se conhecem práticas agrícolas que possam prevenir ou remediar a salinização dos solos, como sistema de drenagem em solos mal drenados, irrigação adequada, e lavagem dos solos. No entanto, outras medidas podem ser adotadas para complementar estas práticas, utilizando plantas tolerantes à salinidade, obtidas através de programas de melhoramento genético, e, como é o propósito deste trabalho, de saber se o revestimento de sementes pode minimizar o efeito do excesso de sais sobre as sementes.

Na busca de plantas tolerantes à salinidade através de melhoramento

genético, um aumento no rendimento pode ser obtido ou, na pior das hipóteses, as plantas poderão manter um desenvolvimento satisfatório quando elas se depararem com um subsolo salino (Tester & Davenport, 2003).

Em geral, a salinização do solo afeta negativamente as plantas, principalmente durante a germinação e nos primeiros estádios de crescimento, o estande de plantas, o desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, nos casos mais graves, causa a morte das plântulas (Silva & Pruski, 1997). A fase de germinação é o período crítico de desenvolvimento diante de um estresse salino, para a maioria das espécies.

Desta maneira, é importante que se invista em pesquisas futuras de aproveitamento de regiões com solos afetados por sais, identificando espécies capazes de sobreviverem e produzirem satisfatoriamente nos mesmos (Cavalcante & Perez, 1995), e na busca de tecnologias que minimizem o problema.

Com este trabalho objetivou-se avaliar o efeito da salinidade na germinação e no vigor de sementes de azevém anual com e sem revestimento, submetidas ao cloreto de sódio, e verificar se o revestimento é capaz de proteger as sementes da ação prejudicial do excesso de sais no solo, para, a partir de então, poder utilizar esta tecnologia de sementes para outras plantas cultivadas, a serem utilizadas em regiões com solos afetados por sais, garantindo um crescimento, pelo menos, satisfatório.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Solos salinos

Os solos salinos do Rio Grande do Sul correspondem às Unidades de Mapeamento de acordo com a classificação de 1973, Lagoa, Mangueira e Taim; com seus respectivos solos de acordo com a classificação atual: Neossolo Quartzarênico hidromórfico típico – RQg 2, Planossolo Nátrico órtico típico – Sno 2, e Organossolo Tiomórfico sáprico salino – Ojs. Estas Unidades de Mapeamento englobam os municípios de Santa Vitória do Palmar, Rio Grande, Jaguarão e Arroio Grande (Streck *et al.*, 2002).

Os solos do litoral são originários de sedimentos recentes. No lado marítimo, predomina o avanço da areia e no lado continental a deposição de partículas transportadas por via fluvial. Os solos do lado marítimo são arenosos, quartzosos, profundos (hidromórficos e não hidromórficos), de fertilidade natural muito baixa. No lado continental, os solos são argilosos, siltosos com horizonte B textural um pouco desenvolvido, com argilas de atividade alta (hidromórficos) (Boldrini, 1997).

No caso de um solo hidromorfo ser também salino, não se pode saber qual o grau de dano nos cultivos pertence ao hidromorfismo e qual pertence a salinidade (Cando, 1989). No caso da salinidade provir do acúmulo de água na zona das raízes das culturas acompanhada de uma baixa precipitação

pluviométrica, o primeiro efeito do excesso de água nos poros do solo é saturar o ar, o que conduz a um déficit de oxigênio; depois é bloquear em grande parte o transporte de gases tendendo a um aumento do conteúdo de gás carbônico. Nestas condições, ocorre uma redução na população de microorganismos aeróbios e a formação de produtos que possam vir a ser tóxicos para as plantas, diferindo-as em termos de resposta a essa condição de estresse, entre espécies, e mesmo entre cultivares (Cando, 1989).

Podem ocorrer problemas físicos pelo excesso de sais na superfície dos solos em forma de cristais, gerando a dispersão das argilas com uma conseqüente desestruturação do solo, prejudicando o desenvolvimento radicular e a emergência das plântulas (Gianello *et al.*, 1995).

Em geral, os maiores teores de sódio ocorrem no subsolo, porém são observadas áreas com manchas esbranquiçadas na superfície, chamadas boleiras. Dependendo do tipo de solo o processo de salinização pode ser irreversível, especialmente nos horizontes subsuperficiais (Kämpf *et al.*, 1985).

Em solos de pH elevado podem ocorrer deficiências de alguns micronutrientes. Com o aumento do pH para níveis acima de 7,0, ocorre baixa disponibilidade de nutrientes como o fósforo e micronutrientes (zinco, cobre, ferro e manganês) devido à predominância de formas insolúveis. Mesmo se houver a adubação com sais solúveis destes elementos, estes serão insolubilizados no solo por causa das reações em condições de pH alto (Gianello *et al.*, 1995).

São formas de se medir a salinidade dos solos: pela condutividade

elétrica, pelo pH, e pela porcentagem de sódio trocável (PST). A condutividade elétrica (CE) é medida do extrato de saturação obtido por filtragem forçada de uma pasta de solo saturada com água, e é expressa em siemens/cm, milisiemens/cm, ou microsiemens/cm, dependendo da magnitude da CE. A CE permite determinar o total de sais solúveis no solo e na água de irrigação, pois os íons em solução conduzem corrente elétrica, e quanto maior a concentração salina, maior a concentração de íons e mais intensa será a corrente elétrica conduzida pela solução. A determinação do total de sais solúveis (TSS) no solo é feita através de:  $TSS \text{ (ppm)} = 640 \times CE$ . A salinidade pode ser detectada no campo pela presença de cristais de sal branco ou pelo sabor; um sabor salgado indica um total de sais solúveis maior que 0,5% (Gianello *et al.*, 1995). A determinação do pH do solo é uma indicação da salinidade do solo, pois os solos salinos geralmente são alcalinos, ou seja, com pH alto (maior que 7) (Gianello, 1995). A porcentagem de sódio trocável (PST) indica a saturação do complexo de troca do solo com o íon sódio. É obtido pela determinação da CTC e do teor de Na trocável:  $PST \text{ (\%)} = Na / CTC \times 100$ . Assim, para um mesmo teor de sódio, quanto menor a CTC, maior será a PST (Gianello *et al.*, 1995).

Com base nestes parâmetros é feita uma classificação dos solos salinos: a) Salino: CE maior que 4 mS/cm, pH menor que 8,5, e PST menor que 15%. B) Sódico: CE menor que 4,0 mS/cm, pH maior que 8,5, e PST maior que 15%. C) Salino/Sódico: CE maior que 4 mS/cm, pH menor que 8,5, e PST maior que 15%. As reações fortemente alcalinas (pH maior que 8,5) ocorrem quando há concentração apreciável de íons Na e íons carbonato e

bicarbonato na solução; neste caso há dispersão de argilas que eluviam formando um horizonte B mais argiloso (Kämpf *et al.*, 1985).

Algumas práticas agrícolas podem reduzir os efeitos da salinidade, tais como: a) utilização de espécies ou cultivares tolerantes à salinização; b) lavagem do excesso de sais solúveis com uma irrigação adequada: usar água livre de sais, e em quantidade suficiente para promover a lixiviação dos mesmos; c) uma boa drenagem do solo permitindo a lixiviação dos sais junto com a água para as camadas mais profundas; d) adubação orgânica ou foliar para manter um bom nível de fertilidade. Os adubos minerais devem ser escolhidos pelo seu índice salino, evitando-se adubos muito solúveis e com alto índice salino (Gianello, *et al.*, 1995).

## **2.2 Efeitos da salinidade na germinação das sementes e no desenvolvimento das plantas**

### **2.2.1 Modo de ação do excesso de sais às sementes e às plantas**

Geralmente, a germinação e o crescimento inicial das plântulas são os estádios de desenvolvimento das espécies vegetais mais sensíveis à salinidade e independem da tolerância da planta mãe ao sal (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989; Ferreira & Rebouças, 1992). Nos casos mais graves, o excesso de sais causa a morte das plântulas (Silva & Pruski, 1997). Na produção agrícola, a germinação das sementes é a etapa fundamental, pois dela depende o estabelecimento das culturas. No entanto, a sensibilidade em arroz, tomate, trigo e cevada, geralmente aumenta após a germinação (Maas &

Hoffman, 1977). A cultura do arroz é mais sensível à toxidez por NaCl no estágio reprodutivo. Cultivares de arroz com alto potencial produtivo, utilizados no RS e SC, não toleram água com teores de NaCl igual ou superior a 0,25%. Lavouras irrigadas com água contendo estes teores de sais, a partir do início da fase reprodutiva, podem reduzir em mais de 50% a produtividade (EMBRAPA, 1999). Trabalhos realizados com arroz irrigado, determinaram que o arroz pode ter uma redução de rendimento de 10% em solo com condutividade elétrica de 5 mS/cm, passando para 50% em solos com condutividade elétrica de 8 mS/cm (EMBRAPA, 1999).

Normalmente, nas espécies vegetais sensíveis à salinidade, o percentual de germinação, a taxa de emergência, o vigor (IVG, comprimento de plântula, peso verde e peso seco da parte aérea e do sistema radicular), são reduzidos à medida em que elas são submetidas ao estresse salino (Aguiar & Pereira, 1980; François, 1985; Oliveira *et al.*, 1998; Shannon *et al.*, 1998; Torres *et al.*, 2000).

Podem ocorrer problemas físicos pelo excesso de sais na superfície dos solos em forma de cristais, gerando a dispersão das argilas com uma conseqüente desestruturação do solo (eluviação), prejudicando o desenvolvimento radicular inicial das culturas, ou até mesmo dificultando ou impedindo a emergência das plântulas (Gianello *et al.*, 1995).

A salinidade, ou seja, o excesso de sais, acarreta problemas fisiológicos às espécies vegetais. O potencial hídrico do solo, ou seja, o estado de energia da água dentro do solo, é influenciado por vários campos de força, determinado pelo potencial gravitacional da água no solo, pelo potencial de pressão que a

água sofre dentro do solo, pelo potencial matricial (interação entre as partículas sólidas do solo (matriz) e a água, e pelo potencial osmótico ou de soluto (quantidade de solutos presente dissolvida na água). O excesso de sais solúveis no solo causa uma elevação da pressão osmótica com uma conseqüente redução do este potencial hídrico induzindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes afetando o processo de embebição pelas mesmas, com influência direta na germinação e no desenvolvimento das plântulas (Rebouças *et al.*, 1989; Santos *et al.*,1992; Cavalcante & Perez, 1995). A inibição da germinação ocasionada pela salinidade, deve-se tanto ao efeito osmótico, ou seja, à seca fisiológica produzida, como ao efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma, promovendo distúrbios fisiológicos à semente, podendo causar sua morte (Mello *et al.*, 1983; Bliss *et al.*,1986, Khatri *et al.*,1991; Santos *et al.*,1992; Fanti & Perez, 1996; Tobe *et al.*, 2000). As sementes são sensíveis aos efeitos da salinidade e, quando semeadas em soluções salinas, observa-se inicialmente uma diminuição na absorção de água (Ferreira & Rebouças, 1992). A toxicidade pode ser devida a um ou mais íons específicos presentes nos sais que estejam no solo, sem que haja excesso na quantidade de sais no solo (Black, 1968). O incremento na concentração salina produz um aumento na porcentagem de plântulas anormais, em virtude da ação tóxica dos sais sobre as sementes (Campos & Assunção, 1990; Santos *et al.*, 1992; Torres *et al.*, 2000).

A salinidade, portanto, influencia o processo de embebição das sementes em germinação, o qual é dependente do gradiente hídrico entre a semente e o meio externo, ou seja, é dependente da diferença que existe entre

o potencial hídrico do meio externo (solo) e o potencial hídrico na semente. Como o potencial osmótico de soluções salinas apresenta valores mais negativos do que aquele apresentado pelas células do embrião, a absorção de água necessária para a germinação das sementes é dificultada.

À medida em que o potencial hídrico do meio germinativo diminui (de 0,0 MPa à -1,5 MPa para muitas espécies cultivadas), há uma redução gradual da germinação e da sua velocidade, até que nenhuma semente germine mais do número total de germinações, e aumenta o número de dias de ocorrência de germinação. Isto revela que as sementes germinam ao longo do tempo, na medida em que as condições hídricas vão se tornando mais adversas até que somente as mais vigorosas germinem. Mantido o aumento da intensidade do estresse, as sementes podem entrar em dormência, uma estratégia importante para a perpetuação da espécie quando em condições extremamente adversas. A faixa de potencial hídrico tolerada para a germinação é bastante variada entre as leguminosas, assim como para o limite de inibição total de germinação, ocorrendo para muitas espécies, este limite, próximo ao ponto de murcha permanente das espécies cultivadas: - 1,5 MPa. Geralmente, sementes que permanecem num meio germinativo com reduzido potencial hídrico, apresentam-se envoltas por uma substância de aspecto gelatinoso liberada por elas mesmas, para reduzir a área de contato com a solução. O reduzido potencial hídrico decorrente do efeito do excesso de sais, pode induzir as sementes à dormência (Cavalcante & Perez, 1995).

No geral, acontece que a velocidade de germinação diminui de acordo com o aumento da concentração de sal do meio onde se encontram as

sementes. O que vale dizer que o tempo médio de germinação das sementes é cada vez maior à medida que se tem uma concentração maior de sais no meio onde se encontram as sementes, ou seja, as sementes levam mais tempo para germinar, levando-se a concluir que o sal afeta a velocidade de germinação das sementes. A redução na porcentagem de germinação e o atraso no início do processo germinativo com o aumento do estresse salino podem estar relacionados com a seca fisiológica produzida, pois quando existe aumento da concentração de sais no meio germinativo, há uma diminuição do potencial osmótico e, conseqüentemente, uma redução do potencial hídrico (Cramer *et al.*, 1986; Tobe *et al.*, 2000).

Dos diversos fatores ambientais capazes de influenciar o processo germinativo, a disponibilidade de água é o mais importante. A água não é apenas o fator iniciante da germinação, mas também, está envolvida, direta ou indiretamente, em todas as demais etapas do metabolismo subsequente. Sua participação é decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização e no transporte de metabólitos e como reagente na digestão hidrolítica de proteínas, carboidratos e lipídios dos tecidos de reserva da semente (Carvalho & Nakagawa, 1988; Woodstock, 1988; Mayber & Poljakoff-Mayer, 1989). De acordo com Prisco *et al.* (1981), a inibição da mobilização das reservas pode ser atribuída aos efeitos dos sais sobre a síntese “de novo” e atividade das enzimas responsáveis pela hidrólise e translocação dos produtos hidrolizados dos tecidos de reserva para o eixo embrionário, afetando deste modo o processo germinativo.

De acordo com Sá (1987), a menor absorção de água pelas sementes

atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e, com isso, as plântulas resultantes desse meio, com menor grau de umidade, apresentam menor desenvolvimento, caracterizado por menores comprimentos de plântula e menor acúmulo de peso da matéria seca. A diminuição da germinação de sementes submetidas ao estresse hídrico é atribuída à redução da atividade enzimática, a qual provoca menor desenvolvimento meristemático e atraso no mesmo e na emergência da radícula. Internamente, a presença do excesso de solutos na planta reduz a energia livre da unidade de massa de água, ainda que a massa absoluta de água na planta não possa ser reduzida depois que a planta tenha se ajustado com o excesso de sais presente externamente (Black, 1968).

A redução na absorção de água pelas plantas em virtude do excesso de sais presente no solo, expresso em termos de pressão osmótica, seria um efeito primário do estresse salino. Depois de um longo período de tempo, diferenças na absorção de solutos pelas plantas, sendo reflexo de mudanças na composição interna das plantas, seria um efeito secundário do estresse salino. Se as diferenças na composição interna eventualmente resultam em diferenças na quantidade de matéria seca produzida, isto seria um outro efeito secundário do estresse salino (Black, 1968).

A presença de altos níveis de íons em espécies não halófitas pode exercer efeitos adversos na permeabilidade da membrana (Greenway & Munns, 1980). A quantidade de íons presentes na água de embebição afeta indiretamente o vigor das sementes, baseando-se no fato de que o vigor está relacionado à integridade do sistema de membranas celulares (Marcos Filho *et*

*al.*, 1987). Durante o processo de embebição, há liberação de solutos citoplasmáticos em intensidade proporcional ao estado de desorganização das membranas. Assim,

as sementes mais deterioradas ou danificadas liberam maiores quantidades de exsudatos (Lima *et al.*, 2005). Desta maneira, o vigor das sementes pode ser medido através da condutividade elétrica da água de embebição das sementes.

O estresse salino representa um dos mais sérios fatores que limitam o crescimento e a produção das culturas, induzindo a modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas superiores (Izzo *et al.*, 1991).

Com o aumento da concentração de sais no solo, o potencial osmótico pode tornar-se tão baixo a ponto de ocorrer a perda de água da planta para o solo, processo conhecido como dessecação osmótica.

### **2.2.2 Os sais nocivos**

De acordo com Ferreira (1997), os sais de alta solubilidade são os mais nocivos, porque as sementes, ao absorverem água do substrato, absorvem também os sais que, por excesso, provocam toxidez e, conseqüentemente, acarretam distúrbios fisiológicos às sementes, produzindo decréscimo no potencial de germinação.

A concentração de vários sais pode ser elevada no solo. Por exemplo, a irrigação pode elevar a concentração de carbonato de cálcio e de magnésio, enquanto que em áreas com influência de sedimentos marinhos ou com precipitação pluviométrica menor que a lixiviação dos sais, os solos podem ter elevada concentração de cloreto de sódio. Entre os elementos que contribuem

para a salinização dos solos, estão o cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, enxofre e o íon carbonato (Agboola, 1998; Freire, 2000).

Os sais comumente encontrados em solos salinos são, cloretos, sulfatos, nitratos, carbonatos e bicarbonatos de íons alcalinos e alcalinos terrosos (Black, 1968; Gianello *et al.*, 1995). Os sais de alta solubilidade são cloretos e sulfatos de sódio e magnésio; e os pouco solúveis, aqueles que possuem o elemento cálcio, que são mais difíceis de chegar a atingir níveis prejudiciais às plantas na solução do solo. O carbonato e o bicarbonato de sódio, além da alta solubilidade, têm reação alcalina que promovem a elevação do pH do meio (Gianello *et al.*, 1995).

De acordo com Younis & Hatata (1971) além da concentração do sal, a composição iônica da solução salina têm importância na germinação das sementes, por causa dos efeitos tóxicos específicos de alguns cátions sobre as sementes.

Todos os sais podem afetar o crescimento das plantas, mas nem todos inibem o crescimento. Assim, os sais não agem sozinhos no solo, mas interagem com seus efeitos nas plantas: algumas das interações são simples (interação entre Na e Ca), enquanto que muitas são complexas (carbonatos e seus efeitos através do aumento do pH) (Tester & Davenport, 2003).

Entre os mais comuns efeitos da salinidade dos solos está a inibição do crescimento pelo sódio e cloro, sendo mais importante o efeito causado pelo sódio. Para muitas plantas, o sódio é retido nas raízes e caules, e o cloro acumulado freqüentemente inibe a fotossíntese. Em cultivos de gramíneas, o

sódio é a primeira causa de um dano tóxico (Tester & Davenport, 2003).

### **2.2.3 Distúrbios fisiológicos causados pelos sais às espécies vegetais**

#### **2.2.3.1 Produção ou redução de solutos**

Em concentrações elevadas, os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  causam intumescimento do protoplasma, afetando a atividade enzimática, causando alterações quantitativas e qualitativas no metabolismo, o que resulta em baixa produção de energia, distúrbios na assimilação do nitrogênio, alterações no padrão de aminoácidos e no metabolismo das proteínas (Freire, 2000).

Um dos mecanismos pelos quais o NaCl pode inibir a germinação é que, o excesso deste reduz os níveis endógenos das poliaminas putrescina e espermidina. A poliamina putrescina é um regulador da síntese e atividade de várias enzimas responsáveis por vários processos celulares, entre eles, está o processo de germinação. E a poliamina espermidina é considerada um regulador de crescimento de plantas atuando na divisão e diferenciação celular (Galston & Kaurawhney, 1987). Em sementes, a espermidina está envolvida na permeabilidade da membrana, estabilidade de DNA, RNA, proteínas e balanço iônico (Willadino *et al.*, 1996). Estas evidências levam a supor que estas poliaminas estejam presentes nas fases iniciais da germinação, podendo ser essenciais para este processo (Fonseca & Perez, 2001). A presença de poliamina putrescina pode aumentar a atividade das enzimas, conseqüentemente, das hidrolases, controlando o aumento do conteúdo de água das sementes. Segundo Hebling (1997), a síntese ativa de poliaminas

precede ou ocorre paralelamente à síntese de macromoléculas, estimulando vários processos associados com a síntese de ácidos nucleicos e proteínas; portanto, a redução na quantidade de macromoléculas e no crescimento do eixo, induzidos pela salinidade, pode ser devida, pelo menos em parte, ao decréscimo na síntese de poliaminas.

A composição quantitativa de aminoácidos livres na planta pode ser afetada pela salinidade do meio germinativo. Em alguns trabalhos (Shevyakova *et al.*, 1985; Willadino *et al.*, 1996; Torres *et al.*, 2000) foi observado que concentrações elevadas de NaCl pode promover, de uma maneira geral, um acúmulo de arginina, glutamina e glutamato (precursores da arginina), ácido  $\gamma$ -aminobutírico, alanina, prolina, além de um aumento no número total de aminoácidos. Foi verificado no trabalho de Camara *et al.* (2000), que o maior acúmulo de prolina livre nos calos de milho de W64Ao2, submetidos ao estresse salino, coincidiu com uma maior taxa de crescimento desses calos. Constatou-se no trabalho de Delauney & Verma (1993), que a prolina parece fazer frente ao efeito inibidor do NaCl sobre o crescimento, contribuindo para uma maior adaptação das plantas e tecidos submetidos a condições adversas. O aumento na concentração de prolina livre em condições de estresse é amplamente documentado, tanto em estresse hídrico (Voetberg & Sharp, 1991; Van Rensburg *et al.*, 1993) como em estresse salino (Bourgeais-Chaillou & Guerrier, 1992; Cachorro *et al.*, 1993). Entre as diversas funções atribuídas à prolina em tecidos vegetais submetidos a estresse destacam-se a osmorregulação, a manutenção do pH citoplasmático, a proteção contra a desnaturação de enzimas, o seqüestro de radicais livres, além de servir como

reserva de carbono e nitrogênio e ser um dos produtos de desintoxicação do íon amônio (Bellinger *et al.*, 1991; Alia *et al.*, 1993; Fedina *et al.*, 1994). Resultados de pesquisa mostram que a via metabólica das poliaminas e da prolina está interligada em condições de estresse salino.

O estresse salino pode ter influência nos sistemas isoenzimáticos durante o processo de germinação, elevando ou reduzindo as atividades das enzimas glutamato desidrogenase e peroxidase. Estas enzimas são importantes para o ajustamento osmótico das células, o que nos leva a inferir que a redução das atividades destas enzimas confere à espécie ou variedade uma sensibilidade ao estresse salino (Kumar *et al.*, 2000; Dash & Panda, 2001).

Estas enzimas, glutamato desidrogenase e peroxidase, estudadas em quatro variedades de *Stylosanthes guianensis*, apresentam comportamentos diferenciados quando submetidas ao estresse causado pelo efeito salino. Nas quatro variedades de estilosantes, *canenscens*, *pauciflora*, *microcephala* e *vulgaris*, consideradas moderadamente tolerantes à salinidade (Quecini *et al.*, 2002), não houve alteração quanto ao número e mobilidade de glutamato desidrogenase em experimento eletroforético, porém ocorreu apenas uma diferença de intensidade em uma banda na variedade *pauciflora*, aumentando a atividade da enzima. Na análise da enzima peroxidase, ocorreu a perda da atividade da enzima nas variedades *pauciflora* e *vulgaris*, quando submetidas ao cloreto de sódio, enquanto nas variedades *canenscens* e *microcephala* ocorreu a manutenção da atividade da enzima, consideradas estas últimas, mais adaptadas ao estresse salino, em relação às outras duas variedades. Nas

variedades *canescens* e *pauciflora* ocorreu a redução no número de bandas, enquanto que nas outras o número permaneceu o mesmo quando submetidas ao cloreto de sódio (Gonela *et al.*, 2004). Deste modo, pode-se inferir que, dentre as quatro variedades de estilosantes, a *microcephala* é a mais adaptada ao estresse salino.

### 2.2.3.2 Desbalanço entre cátions

O excesso de  $\text{Na}^+$  e de  $\text{Cl}^-$  no protoplasma ocasiona distúrbios em relação ao balanço iônico de  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  bem como no efeito específico destes íons sobre as enzimas e membranas (Larcher, 2000).

O sódio apresenta uma grande habilidade de competir com o íon potássio por locais essenciais para as funções celulares. Mais de 50 enzimas são ativadas pelo potássio e o sódio não tem como substituí-lo nestas funções (Bhandal & Malik, 1988). Além do mais, a síntese de proteínas requer altas concentrações de potássio devido ao requerimento de potássio para ligar o RNAt aos ribossomos e provavelmente outros aspectos da função dos ribossomos (Wyn Jones *et al.*, 1979; Blaha *et al.*, 2000). Portanto, altas concentrações de sódio ou a proporção alta de Na: K podem interromper vários processos enzimáticos no citoplasma, e a síntese de proteínas. O  $\text{Na}^+$  ao competir com o  $\text{K}^+$  no transporte de substâncias através da membrana plasmática, reduz a integridade da mesma (Franco *et al.*, 1999).

Os íons  $\text{Ca}^+$  são essenciais na manutenção da integridade da membrana plasmática e contribuem para a diminuição do extravazamento de  $\text{K}^+$ , o qual é responsável pela síntese de proteínas, amido e ativação de muitas enzimas no

processo (Catalan *et al.*, 1994; Franco *et al.*, 1999). No entanto, há um desvio de rota do  $\text{Ca}^{2+}$ , estando este íon envolvido na sinalização da resposta ao estresse osmótico e iônico, relacionado com o estresse salino. O cloreto de sódio provoca um rápido e temporário aumento no cálcio citosólico que desencadeará rotas de transdução de sinais, incluindo a regulação da atividade enzimática, atividade de canais iônicos e expressões de genes, os quais resultarão em diversas respostas celulares (Snedden & Fromm, 1998 e 2001) e intermediarão a adaptação aos sais (Bressan *et al.*, 1998; Liu & Zhu, 1998; Serrano *et al.*, 1999). Deste modo ocorrerá um desbalanço de  $\text{Ca}^{2+}$  na membrana plasmática e a redução da sua integridade.

### **2.2.3.3 Efeito tóxico**

O efeito tóxico dos sais sobre às sementes, deve-se ao fato de que o excesso de íons se concentra no protoplasma, promovendo distúrbios fisiológicos à semente, podendo causar a sua morte (Fanti & Perez, 1996; Tobe *et al.*, 2000).

Cada íon exerce efeito danoso específico. Há evidências de efeitos específicos tóxicos de sódio, magnésio, cálcio, cloreto, bicarbonato e sulfato. Entre os cátions, efeitos específicos parecem ser mais freqüentes com sódio e menos freqüente com cálcio. E entre os ânions, efeitos específicos parecem ser mais freqüentes com cloreto e menos freqüentes com sulfato. O ânion cloreto é o mais freqüentemente responsável, que os outros íons específicos, pelo crescimento reduzido das plantas em solos salinos (Black, 1968).

De acordo com Black (1968), o conhecimento do efeito específico produzido por um determinado íon requer informações suplementares para se atingir tal êxito, uma vez que o efeito causado por um íon pode ser devido à uma exclusão parcial de outros íons, ou pode ser devido a um efeito metabólico produzido pelo íon que foi absorvido em excesso pela planta. Os processos metabólicos celulares são complexos e inter-relacionados, assim que não é fácil determinar o ponto onde o dano causado pelo íon começou.

#### **a) Na**

O teor inicial de sódio nos solos na concentração de 200 ppm já apresenta uma certa restrição ao cultivo, acima de 250 ppm ocorrem danos às culturas, e acima de 350 ppm torna-se inapropriado ao cultivo (Informação pessoal – Amaral, 2007).

Para muitas plantas (cultivos de gramíneas) o sódio é a primeira causa de um dano específico (Tester & Davenport, 2003). A toxicidade do sódio é associada com o acúmulo do íon sódio no tecido das folhas e resulta em necrose das folhas mais velhas, começando na extremidade e na margem das folhas e se estendendo para a base. A redução do crescimento e do rendimento ocorre como resultado da diminuição do tempo de vida da folha, reduzindo progressivamente a produtividade líquida e o rendimento da cultura (Munns, 2002). A extensão do dano é função da taxa de acumulação do íon sódio nas folhas. As raízes mantêm relativamente constante o nível de NaCl todo o tempo, e o regulam exportando para o solo ou para a parte aérea. O sódio é transportado para a parte aérea através do rápido movimento de

transpiração pelo xilema, mas pode retornar para as raízes via floema. Esta recirculação do sódio da parte aérea para as raízes é limitada, pois se observa nitidamente o progressivo acúmulo do íon nas folhas mais velhas.

Alguns efeitos da alta concentração de sódio no solo pode também resultar em uma deficiência de outros nutrientes (Silberbush & BenAsher, 2001), ou de interações com outros fatores ambientais, como a seca, o qual pode ajudar ainda mais no problema da toxicidade pelo sódio. A deficiência de outros nutrientes pode ocorrer porque a elevada concentração de sódio inibe a absorção de outros nutrientes interferindo nos canais transportadores da membrana plasmática das raízes, como os canais seletivos de potássio, por causa da inibição do crescimento das raízes, decorrente do efeito osmótico do sódio e da desestruturação do solo (Wild, 1988). O que ajuda também a dificultar a absorção de outros nutrientes é a presença do crescimento de microorganismos do solo como fungos micorrizas, além do que o próprio efeito osmótico do sal inibe a absorção de água que nela estão dissolvidos os nutrientes.

O metabolismo tóxico do sódio é em grande parte o resultado do desbalanço entre os cátions sódio e potássio, conforme já explicado anteriormente. A interrupção da síntese de proteína pela elevada concentração de sódio parece ser uma importante causa do dano pelo sódio.

A toxicidade celular do sódio causa um outro problema osmótico. As plantas têm que manter um potencial hídrico mais baixo que o solo para que ocorra a absorção de água e nutrientes nela dissolvidos para o seu crescimento. Isto requer um incremento na pressão osmótica interna que pode

ser resolvida com a absorção de solutos do solo ou com a síntese metabólica de solutos (compatíveis). Assim, os componentes da salinidade (Na ou Cl) coloca um dilema para a planta: solutos obtidos com menor gasto energético são Na e Cl, porém eles são tóxicos para o citosol; e solutos sintetizados metabolicamente não são tóxicos, porém são muito mais custosos energeticamente (Tester & Davenport, 2003).

#### **2.2.4 Modificações anatômicas das plantas, causadas pelo excesso de sais**

Com o excesso de sais no solo, a camada de cutícula da folha das plantas fica mais espessa, a proporção do tecido condutivo vascular é reduzida, e a espessura da parede celular das células deste tecido é aumentada (Black, 1968).

Altas concentrações de NaCl no solo promove um incremento na espessura do mesófilo das folhas, tanto para espécies sensíveis como para espécies tolerantes. A espessura do mesófilo das folhas é incrementada com a salinidade devido a um aumento no comprimento das células paliçádicas e ao aumento no número de camadas de células esponjosas. O diâmetro das células esponjosas tende a aumentar com a salinidade tanto em espécies sensíveis, como em moderadamente sensíveis e tolerantes ao sal (Longstreth & Nobel, 1979).

A proporção área anatômica superficial do mesófilo pela área foliar ( $A_{mes} / A$ ), aumenta conforme aumenta a salinidade, porém este aumento é maior para espécies sensíveis, como por exemplo ocorre em *Phaseolus*

*vulgaris*, e menor para espécies tolerantes, como por exemplo ocorre em *Atriplex patula* (Longstreth & Nobel, 1979). Maiores comprimentos das células paliçádicas e mais camadas esponjosas resultam em uma maior proporção da área anatômica do mesófilo com a área foliar para espécies sensíveis e moderadamente sensíveis ao sal (*Phaseolus vulgaris* e *Gossypium hirsutum*). Para a espécie tolerante ao sal, *Atriplex patula*, esta proporção não aumenta com a salinidade, porque as células paliçádicas aumentam em diâmetro também, assim como o comprimento (Longstreth & Nobel, 1979).

A relação (Ames / A) aumenta mais rapidamente com a salinidade nas espécies que são mais sensíveis ao sal (Longstreth & Nobel, 1979).

De acordo com Dillenburg *et al.* (1986), o excesso de sais no solo ocasionou em *Blutaparon portulacoides*, uma espécie pioneira muito freqüente no litoral do Rio Grande do Sul, uma maior densidade estomática com estômatos menores e uma maior espessura das folhas (maior succulência) devido ao aumento do tamanho das células do parênquima aquífero. Esta mudança na anatomia da planta decorre da necessidade da mesma em reservar água para o seu crescimento, já que ela terá dificuldade de absorver água do solo.

### **2.2.5 Parâmetros que são afetados pela salinidade**

#### **a) Germinação**

Várias espécies, como *Vigna unguiculata* Walp. (Enéas Filho *et al.*, 1995), *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996), *Prosopis juliflora* (SW)

D.C. (Perez & Moraes, 1994; Freire *et al.*, 2001), *Adenantha pavonina* (Fonseca & Perez, 2001), e *Chorisia speciosa* (Fanti & Perez, 2004), exibem decréscimo na porcentagem de germinação à medida que aumenta a concentração de NaCl, o que equivale dizer que a germinação diminui devido ao potencial osmótico ser cada vez mais negativo. A germinação máxima das sementes em presença de solução salina menos concentrada e sendo inferior estatisticamente ao tratamento controle, indica a sensibilidade das sementes aos sais.

A beterraba é altamente tolerante à salinidade durante a maior parte do ciclo de vida, mas é sensível durante a germinação (Marschner, 1995). Em contraste, a sensibilidade em arroz, tomate, trigo e cevada, geralmente aumenta após a germinação (Maas & Hoffman, 1977).

Para sementes de *Chorisia speciosa*, (paineira) a porcentagem de germinação apresenta decréscimos significativos em presença dos sais cloreto de sódio, cloreto de potássio e cloreto de cálcio a partir do potencial osmótico de -0,6 MPa (Fanti & Perez, 2004). Nos potenciais osmóticos de -0,8 e -1,0 MPa, observa-se decréscimos mais acentuados da porcentagem de germinação quando as sementes estão embebidas nas soluções de cloreto de sódio e cloreto de cálcio, indicando maior sensibilidade a estes sais. O limite máximo de tolerância ao estresse salino apresentado pelas sementes de paineira é o mesmo para os três sais e está situado entre -1,0 MPa e -1,2 MPa. Sementes de paineira não apresentam um limite elevado de tolerância ao estresse salino, podendo esta espécie ser classificada como glicófita, com moderada tolerância aos sais NaCl, KCl e CaCl<sub>2</sub>. Porém, estas sementes são

mais sensíveis ao NaCl e CaCl<sub>2</sub> em relação ao KCl (Fanti & Perez, 2004).

As sementes de *Leucaena leucocephala* apresentam um limite máximo de tolerância de potencial hídrico para germinação, entre -1,5 MPa e -1,6 MPa, apresentando germinabilidade e velocidade de germinação em uma ampla faixa de potencial hídrico (Cavalcante & Perez, 1995).

A germinação é inibida para *Prosopis juliflora* a -1,9 MPa (Perez & Moraes, 1991), *Acácia* ssp. a -0,6 MPa (Choinski & Tuohy, 1991), *Glycine max* a -1,5 MPa (Santos *et al.*, 1992), *Triticum aestivum* a -2,1 MPa (Ashaf & Abu-Shakra, 1978), *Cratylia floribunda* a -1,7 MPa (Barrueto Cid, 1978), *Stylosanthes humilis* a -1,9 MPa (Delachiave, 1984), *Pinus halepensis* a -2,1 MPa (Thanos & Skordiles, 1987) e *Kochia indica* a -0,1 MPa (Khatri *et al.*, 1991).

Para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Cavalcante & Perez, 1995) a germinabilidade (arco seno  $\sqrt{\text{ }}$  %) máxima se deu até à presença de 75 mM de NaCl (97,5%). Um limite máximo suportável ao NaCl foi estimado, para as sementes de leucena, entre 300 e 330 mM, revelando uma larga faixa de aceitação ao NaCl pelas sementes de leucena para a germinação, conferindo-lhe uma certa tolerância a este sal, e, ao baixo potencial hídrico. Quanto às sementes de leucena que não germinaram nas concentrações 250, 300 e 330 mM, quando fornecidas condições ótimas à germinação, evidenciou-se indução à dormência pelo NaCl. Desta forma, em alguns casos, o NaCl pode induzir as sementes à dormência. As sementes que, anteriormente, estavam em contato com soluções bastante concentradas, apresentavam-se embebidas e envoltas por uma substância de aspecto gelatinoso liberado por elas mesmas, o que

indica uma tentativa de reduzir o contato com as condições estressantes, e, assim, manterem-se viáveis por um período maior de tempo.

Segundo Lima *et al.* (2005), em sementes de cultivares de arroz há um decréscimo na porcentagem de germinação na contagem final aos 14 dias em função do aumento da concentração salina, afetando o desenvolvimento de plântulas normais e reduzindo a viabilidade e o vigor das sementes.

Torres *et al.* (2000) verificaram que em sementes de pepino cv. Rubi, a partir do potencial osmótico de -0,4 MPa, os efeitos deletérios do excesso de sal começam a causar reduções significativas na germinação, chegando a reduzir em 36% a porcentagem de germinação no potencial osmótico de -0,8 MPa. Com base nestes resultados, pode-se afirmar que o aumento da concentração de NaCl afeta, de forma prejudicial, o processo de germinação de sementes de pepino. Para os resultados de primeira contagem da germinação, verifica-se que, com a redução do potencial osmótico no substrato de germinação, a porcentagem de plântulas normais foi significativamente reduzida. Esta redução foi da ordem de 88% quando se compara o potencial osmótico não salino (0,0 MPa) com o potencial osmótico -0,8 MPa. Comparando-se os resultados da primeira contagem de germinação com os de germinação na contagem final, verifica-se que à medida em que se reduziram os potenciais osmóticos das soluções, os resultados da primeira variável foram mais afetados. Este fato tornou-se mais evidente em potenciais osmóticos inferiores a -0,4 MPa. Ocorrência semelhante também foi relatada por Braccini *et al.* (1996) com sementes de soja, sob potencial osmótico de -0,9 MPa. A redução do potencial osmótico resultou num aumento crescente da ocorrência

de plântulas anormais, sendo os maiores percentuais observados nos potenciais osmóticos -0,6 MPa e -0,8 MPa. Resultados similares foram encontrados por Santos *et al.* (1992) para sementes de soja, quando verificaram um aumento significativo no número de plântulas anormais em função do aumento da concentração salina no substrato de germinação.

De acordo com Fonseca & Perez (2001), o limite máximo de tolerância das sementes de *Adenantha pavonina* aos sais KCl e CaCl<sub>2</sub> fica entre -1,2 MPa e -1,4 MPa. Já para o sal NaCl, este limite de tolerância é maior, entre -1,4 e -1,5 MPa. Neste trabalho, observou-se a seguinte ordem decrescente de toxidez dos sais: KCl → NaCl → CaCl<sub>2</sub>. Estes diferentes sais causam efeitos diferentes na porcentagem de germinação de sementes de *Adenantha pavonina*: KCl é mais tóxico, causa 40% de germinação; NaCl medianamente tóxico, causando 44% de germinação; e CaCl<sub>2</sub> se mostra menos tóxico, causando 49% de germinação. Porém, estes diferentes sais não causam diferença na velocidade de germinação.

## **b) Vigor**

### **b.1) Índice de Velocidade de Germinação: IVG**

Para as sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Cavalcante & Perez, 1995) a velocidade de germinação diminui de acordo com o aumento da concentração de NaCl na solução, sendo observado que a máxima velocidade de germinação se dá na concentração de 25 mM de NaCl, sendo superior estatisticamente do controle. Isto sugere que se pode conseguir um

aumento da velocidade de germinação das sementes de leucena com a utilização de soluções de NaCl a 25 mM, após escarificação de 40 minutos e incubação adequada. As sementes de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham apresentam uma germinação com relativa tolerância à salinidade, condizendo com Rab *et al.* (1989) quanto à mesma espécie, e com Misra *et al.* (1988) quanto à *Leucaena diversifolia*.

Experimentos realizados com *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996), *Cnidoscopus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. (Silva *et al.*, 2001), *Prosopis juliflora* (SW) D.C. (Freire *et al.*, 2001) e o cultivar de arroz BRS Agrisul (Lima *et al.*, 2005), mostraram que há uma queda no IVG das mesmas, com o aumento da concentração de NaCl, sugerindo que, as mesmas, apresentam sensibilidade ao sal, e levando a concluir que conforme aumenta a salinidade, diminui o índice de velocidade de germinação e, portanto, o vigor das sementes. Já para os cultivares de arroz BRS 6 Chuí, BRS Bojurú e IAS 12-9 Formosa, os IVGs das suas sementes permaneceram praticamente constantes com o incremento da salinidade, sugerindo uma certa tolerância ao sal destes cultivares. Com estes dados, observa-se que, pode haver uma variação do IVG, na sensibilidade à salinidade, entre cultivares de mesma espécie (Lima *et al.*, 2005).

## **b.2) Comprimento de Plântula**

Em geral, há uma redução do comprimento de plântula à medida que diminui o potencial osmótico das soluções com NaCl: em plântulas de pepino o comprimento das mesmas é expressivamente afetado a partir do potencial

osmótico – 0,4 MPa (Torres *et al.*, 2000). Porém, nos cultivares de arroz BRS 6 Chuí e IAS 12-9 Formosa, a altura da plântula não é influenciada pela concentração salina (Lima *et al.*, 2005).

### **b.3) Massa Fresca e Massa Seca**

A salinidade provoca uma redução drástica na produção de matéria seca por planta em espécies sensíveis à salinidade, como por exemplo, em *Phaseolus vulgaris*, cuja produção de biomassa declina drasticamente com salinidade até 0,1 molal de NaCl, não sobrevivendo acima desta concentração. A salinidade provoca, também, uma redução drástica na produção de matéria seca por planta em espécies moderadamente sensíveis, porém essas espécies toleram uma concentração de sal um pouco maior, como por exemplo, em *Gossypium hirsutum*, cuja produção de biomassa declina drasticamente a partir de 0,1 molal até 0,3 molal de NaCl, não sobrevivendo acima de 0,3 molal de NaCl. E, para espécies tolerantes aos sais, a salinidade provoca um declínio gradual na produção de matéria seca, como por exemplo, em *Atriplex patula*, cuja produção de biomassa declina gradualmente de 0,0 a 0,4 molal de NaCl (Longstreth & Nobel, 1979).

O peso da massa seca das plântulas de pepino sofreu redução progressiva com a redução do potencial osmótico das soluções de NaCl, observando que, a partir de potenciais osmóticos inferiores a -0,4 MPa houve maior decréscimo na absorção de água pelas sementes, acarretando uma redução gradual no peso da massa seca das plântulas, quando comparados ao controle (0,0 MPa), evidenciando o efeito prejudicial do incremento de NaCl no

substrato de germinação sobre o crescimento das plântulas de pepino. Com base nestes resultados, existem potenciais osmóticos negativos da solução do substrato com NaCl que provocam a redução do desempenho das sementes. Seria necessário ter mais pesquisa acerca do estabelecimento das plântulas de pepino em solos afetados por sais, para que possa permitir uma seleção mais criteriosa de espécies tolerantes à salinidade. Como conclusão a que se chega, é: a diminuição progressiva do potencial osmótico de NaCl do substrato é prejudicial à germinação e, principalmente, ao desenvolvimento das plântulas; a partir do potencial osmótico -0,4 MPa os efeitos se acentuam (Torres *et al.*, 2000).

Oliveira *et al.* (1998) constataram para os cultivares de melão Eldorado 300, Amarelo Agroceres e Honey Dew reduções no peso da massa fresca total e de raiz, nos níveis 6,20 e 9,16 dS /m (equivalente a 78,74 mM e 116,33 mM de NaCl) de salinidade.

Cordeiro *et al.* (1999) constataram que a utilização de água salina com níveis 4 a 8 dS/m (equivalente a 50,8 mM e 101,6 mM de NaCl) não comprometeram a produtividade de beterraba, demonstrando que esta espécie vegetal apresenta alta tolerância à salinidade, durante o período vegetativo.

O estresse localizado em uma parte afeta mais a outra parte, porque a planta envia mais assimilados para o local do estresse para aumentar o crescimento desse órgão, para superar problemas de sal, em detrimento da outra parte. De modo geral, em substrato salino, o crescimento da parte aérea é mais afetado do que o crescimento das raízes. Parece que o fator decisivo é o sinal fitohormonal advindo das raízes (Teermaat & Munns, 1986). Assim, a

relação entre a matéria seca da parte aérea e raízes decresce com o aumento na concentração salina (Lima *et al.*, 2005). Nas plantas sensíveis aos sais, o crescimento das raízes é retardado enquanto houver o estresse, e parece ser uma resposta ao efeito osmótico do que propriamente à um efeito tóxico (Munns, 2002).

Para ilustrar esta teoria, Lima *et al.* (2005) apresentaram dados mostrando que o cultivar de arroz BRS Bojurú apresenta uma queda na produção de matéria seca da parte aérea em contrapartida com um acentuado e linear incremento na produção de matéria seca das raízes em função do aumento da concentração salina. Este fato leva a concluir que este cultivar apresenta uma certa tolerância à salinidade, alocando mais assimilados no sistema radicular, de modo a superar problemas de sal. Assim, para um cultivar tolerante ao sal, a matéria seca e o comprimento das raízes aumentam com a concentração salina, enquanto que a matéria seca e o comprimento da parte aérea diminuem.

Para um cultivar sensível ao sal, de um modo geral, a produção de massa seca, o comprimento da parte aérea e do sistema radicular diminuem com a presença de sal.

#### **2.2.6. Sintomas do estresse salino nas plantas: exteriorização do distúrbio**

Plantas que crescem em ambientes salinos tendem a ser relativamente pequenas no tamanho, mas, geralmente não há um sintoma distintivo nas suas folhas. Contudo, em algumas ocasiões pode acontecer sintomas como,

coloração verde-escura das folhas em virtude de apresentarem uma maior quantidade de clorofilas, maior espessura das folhas em virtude de apresentarem uma camada mais espessa de cutícula, redução no tamanho das folhas, amarronzamento da extremidade, porção marginal ou porção interior das folhas, mosaico das folhas, enrolamento das folhas e amarelecimento das folhas (Black, 1968).

A produtividade das plantas reduz drasticamente. De acordo com Black (1968), a produtividade de toronjas caiu de 250 kg por árvore em condições boas, para 50 kg por árvore em condições de estresse salino. De acordo com este mesmo autor, passados alguns anos com a mesma severidade, as árvores de toronjas apresentaram em seu topo parte da madeira morta, folhas pequenas, folhas apresentando amarelecimento em vários graus, e amarronzamento da extremidade das folhas muito evidente.

Sintomas foliares devido à salinidade são associados com altas concentrações de sódio, e especialmente de cloro nas folhas. As concentrações de cloro nas folhas produzem uma injúria visível que se reduz assim que a temperatura do ar aumenta.

#### **2.2.7. Mecanismos de tolerância ao estresse salino**

Segundo Mayer & Poljakoff-Mayber (1989), plantas com baixa tolerância à salinidade nos vários estádios de desenvolvimento, incluindo a germinação, são denominadas glicófitas e as mais tolerantes, halófitas. Uma característica importante das halófitas é que suas sementes permanecem dormentes, sem perda de viabilidade, em altas concentrações salinas, e depois, germinam

prontamente quando a concentração de sal é reduzida.

A resistência à salinidade é descrita como a habilidade de evitar que excessivas quantidades de sal, provenientes do substrato, alcancem o protoplasma, e também, de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento da concentração de sais (Larcher, 2000). A habilidade do protoplasma de tolerar altas concentrações de sal depende da compartimentalização seletiva dos íons que entram na célula. A maior parte dos íons provenientes dos sais acumulam-se nos vacúolos, processo que reduz a concentração de sais a que o citoplasma está submetido, com proteção do sistema de enzimas dos efeitos do estresse salino. O equilíbrio osmótico entre o citoplasma e os diferentes compartimentos celulares, como o vacúolo, é mantido por meio da síntese de compostos orgânicos com atividade osmótica (Larcher, 2000). Este mecanismo de tolerância ao estresse salino, é conhecido como osmorregulação, o qual, em outras palavras, inclui um aumento na concentração de solutos nas células, desempenhando um papel fundamental no equilíbrio osmótico e na manutenção da estabilidade de algumas macromoléculas e na proteção de enzimas em presença de elevadas concentrações de eletrólitos no citoplasma, mantendo a integridade da membrana (Greenway & Munns, 1980; Freire, 2000). Dentre os solutos orgânicos que se acumulam no citoplasma em resposta ao estresse, carboidratos solúveis e/ou aminoácidos (Larcher, 2000), destaca-se a prolina (Kuznetsov & Shevyakova, 1997; Viégas *et al.*, 1999), polióis e açúcares (Freire, 2000). Tem-se demonstrado uma correlação positiva entre a acumulação de prolina e a tolerância ao estresse salino. Assim, a acumulação

de prolina pode também ser interpretada como sintoma de danos causados na planta pelo estresse (Hasegawa *et al.*, 1986; Das *et al.*, 1990). A prolina parece fazer frente ao efeito inibidor do NaCl sobre o crescimento, contribuindo para uma maior adaptação das plantas e tecidos submetidos a condições adversas (Delauney & Verma, 1993). Deste modo, o acúmulo de solutos no citoplasma com função de osmorregulação, é uma adaptação fisiológica das plantas tolerantes a ambientes salinos. Assim como o armazenamento de água, a redução da transpiração, a compartimentalização e diluição dos íons, são também adaptações fisiológicas das plantas a ambientes salinos.

Além do efeito osmótico e tóxico, a tolerância à salinidade envolve o grau de tolerância do protoplasma a um distúrbio no balanço iônico, associado ao estresse salino, o qual depende da espécie vegetal, do tecido e do vigor (Cramer *et al.*, 1986; Larcher, 2000).

A tolerância de uma planta individual, espécie ou variedade, à salinidade aumenta com sua capacidade de se ajustar à uma alta pressão osmótica interna; e decresce com sua sensibilidade para este ajustamento. Plantas nativas de ambientes salinos apresentam uma capacidade notável para este ajustamento. As plantas conhecidas como halófitas, tolerantes à salinidade, normalmente desenvolvem uma pressão osmótica interna na ordem de 3 a 5 MPa, e se desenvolvem melhor em solos salinos do que em não salinos. Plantas cultivadas apresentam uma maior sensibilidade para este ajustamento, porém, ainda apresentam uma considerável capacidade para se ajustar à pressões osmóticas internas.

Como adaptações anatômicas das plantas a ambientes salinos, incluem

uma maior espessura das folhas, ou seja, uma maior succulência, as folhas ficam carnosas, uma maior densidade estomática com estômatos menores, uma maior espessura da camada de cutícula, a redução do tecido condutivo vascular e uma maior espessura da parede celular das células deste tecido (Black, 1968; Dillenburg *et al.*, 1986).

Um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância das plantas ao estresse salino é a observação da capacidade germinativa das sementes nessas condições (Larcher, 2000), pois a germinação é a fase mais crítica do desenvolvimento da planta ao estresse salino. Diferenças no rendimento sob condições salinas freqüentemente refletem diferenças no vigor das plantas. Melhoramento para se obter maior vigor das plantas em condições de estresse salino é a medida mais efetiva para aumentar o rendimento nos solos salinos (Richards, 1992).

A inibição da embebição das sementes induzida pela salinidade pode ser aliviada, algumas vezes, pela adição exógena de giberelina (17 ppm). No entanto, este regulador do crescimento não tem efeito na germinação diante de altas concentrações de sais, acima de 400 mM de NaCl (Bewley & Black, 1985).

A identificação de genes relacionados com a capacidade de adaptação ou tolerância ao estresse salino é essencial nos programas de melhoramento, mas pouco se conhece sobre os mecanismos genéticos quanto à tolerância salina (Hurkman, 1992).

A tolerância das plantas à salinidade do solo não é uma característica fixa de cada espécie ou variedade, pode variar com as condições ambientais

(Black, 1968). A vernalização pode conferir um grau de tolerância à salinidade pela planta conseguir se desenvolver mais cedo (Taeb *et al.*, 1992).

Um fator edáfico de considerável importância em relação à tolerância das plantas aos sais é a localização dos sais no solo. Depois de um período de seca ocorre uma mancha de concentração de sais na superfície do solo. Ocorrendo crescimento das plantas na camada superficial salina do solo, sugere que as espécies são relativamente tolerantes à salinidade. E, depois de uma chuva ou irrigação, um solo pode ficar salino em toda a zona das raízes com exceção da camada superficial do solo. Ocorrendo crescimento das plantas nestas condições, e com as raízes se concentrando mais nas camadas superficiais do solo, sugere que a espécie seja relativamente sensível à salinidade (Black, 1968).

Há uma classificação de espécies de plantas quanto à sua resistência à salinidade e ao íon sódio. As classes são: Tolerantes, toleram uma condutividade elétrica (CE) de 8 a 12 mS./cm, englobando espécies como centeio, capim bermuda, algodão, tamareira e beterraba; Moderadamente tolerantes (CE = 6 a 8 mS./cm), englobando espécies como centeio forrageiro, aveia, centeio, sorgo, soja, capim Sudão, cornichão, e trigo; Moderadamente sensíveis (CE = 4 a 6 mS./cm), englobando espécies como alfafa, trevo, milho, ervilha, batata, arroz e alface; e a última classe, Sensíveis (CE = 0 a 4 mS./cm), englobando espécies como feijoeiro, macieira, limoeiro, moranguinho, laranjeira e cenoura (Gianello *et al.*, 1995).

### **2.3 Análise da qualidade fisiológica das sementes**

Entre as formas de medir a germinação em condições experimentais, está a porcentagem de germinação, a qual, informando apenas o número total de sementes germinadas em relação ao número de sementes postas a germinar, não reflete o comportamento germinativo do lote, podendo este parâmetro variar entre lotes de mesma porcentagem de germinação, pois os tempos, a distribuição da germinação e o vigor podem ser diferentes. Para estas situações, existem medidas que quantificam a germinação sob um ponto de vista cinético, isto é, informando quanto tempo foi necessário para determinado lote de sementes germinar (Ferreira & Borghetti, 2004).

Estudos desenvolvidos têm demonstrado que outras características fisiológicas da semente, além do poder germinativo, podem influir decisivamente não só no estabelecimento de uma população inicial no campo, como também sobre todo o ciclo da planta e sobre a produtividade. A soma dessas características fisiológicas mais sutis é atualmente denominada “vigor” da semente. O vigor da semente é uma característica fisiológica determinada pelo genótipo e modificada pelo ambiente. É avaliado através de uma série de testes, diretos ou indiretos, entre os quais estão a velocidade de germinação e de emergência, comprimento da plântula, peso da matéria verde e da matéria seca das plântulas (Popinigis, 1977). Quanto maiores os valores destes parâmetros, mais vigorosas são as sementes e as plantas por elas originadas. Há um princípio que diz que, de um modo geral, sementes mais vigorosas podem tolerar condições adversas, como estresse hídrico, salino, nutricional, e ataques de pragas e doenças.

O vigor das sementes pode também ser medido através da

condutividade elétrica do extrato das sementes. Baseia-se no princípio de que à medida que a semente se deteriora, ocorre a liberação de eletrólitos dos tecidos da semente, ocorrendo um aumento da permeabilidade da membrana e reduzindo o vigor das sementes. Sementes que liberam uma maior quantidade de eletrólitos, apresentam uma maior condutividade, indicando maior permeabilidade das membranas, e, portanto, uma deterioração mais avançada e menor vigor.

Um índice freqüentemente usado é o índice de velocidade de germinação, simbolizado por IVG, que, quando se considera o critério agrônômico, é dado por IVE (índice de velocidade de emergência), em que o número de plântulas normais é contabilizado a cada dia, relacionando o número de plântulas emergidas por unidade de tempo. Neste critério agrônômico de interpretação dos dados de germinação, considera-se germinação a emergência e a formação de plântula vigorosa no solo ou no substrato utilizado. Entretanto este critério inclui não apenas o processo germinativo *per se*, mas também a velocidade de crescimento e a profundidade da semente no solo, fatores que influem consideravelmente na emergência da plântula (Ferreira & Borghetti, 2004).

Um teste rápido e confiável da viabilidade de sementes, que dura algumas horas, é o Teste de Tetrázólio. Este teste mede a atividade metabólica da semente quiescente. Baseia-se em avaliar a atividade de enzimas do grupo desidrogenases, as quais são responsáveis pelos processos de redução nos tecidos vivos. Utiliza o sal trifeníl-cloreto de tetrázólio em solução aquosa, incolor. As sementes são colocadas, cortadas ao meio, para embebição nessa

solução. Penetrando nas sementes vivas, nas quais as desidrogenases encontram-se ativas, o sal é reduzido para formazan, que é uma substância vermelha, insolúvel e estável. Nas sementes mortas, as desidrogenases estão inativas e os tecidos permanecem incolores, ou de coloração escura, de vermelho intenso a preto. Não só a cor dos tecidos que deve ser cuidadosamente observada na interpretação de um teste, mas também a turgência dos tecidos, ausência de fraturas localizadas em regiões vitais, como áreas de divisão celular, contusões, cavidades de insetos, etc., devem ser levados em consideração, ao observar tanto as partes da semente, como a semente como um todo. Muitas sementes não são nem completamente vivas nem completamente mortas. É necessário o conhecimento da relação das estruturas da semente com as estruturas da plântula para interpretar a importância dos tecidos não-coloridos da semente. Basta somente um pequeno ponto totalmente morto, interrompido ou omissos em uma posição vital, como o ponto de ligação das raízes e cotilédones, para tornar não-germinativa uma semente que, não fora isso, seria sadia. Portanto, na prática, a interpretação do teste de tetrazólio nas sementes é baseada em um padrão de coloração específico para cada classe de semente que se está trabalhando, para determinar se a semente é germinável ou não (Delouche, 1976).

#### **2.4. Revestimento de sementes**

Com a necessidade de aperfeiçoar os sistemas de produção de alimentos e garantir a produtividade, o homem, desde os tempos remotos, está sempre em busca do desenvolvimento de técnicas que melhorem a qualidade

de suas sementes. Neste sentido, o revestimento de sementes constitui uma das técnicas da Tecnologia de Sementes mais prometedoras (Sampaio & Sampaio, 1994).

O objetivo principal do revestimento é o de melhorar o comportamento da semente, tanto do ponto de vista fisiológico como econômico. Entre os objetivos da aplicação destas técnicas de revestimento, as características intrínsecas das espécies trabalhadas são os fatores determinantes de seu uso. Como por exemplo, o pequeno tamanho e reduzido peso das sementes hortícolas e forrageiras, e a necessidade de proteção fitossanitária dos cereais (Sampaio & Sampaio, 1994).

A semeadura mecânica pode ser facilitada com o emprego de sementes que sejam uniformes ou possuam um peso suficiente para fluírem mais facilmente em uma semeadora de precisão (Sampaio & Sampaio, 1994).

A técnica do revestimento vai desde a aplicação de um fungicida em pó até o recobrimento com várias camadas superpostas, dependendo do objetivo a ser alcançado. A técnica de revestimento de sementes é um mecanismo de aplicação de materiais, inertes ou não, sobre as sementes com o objetivo de se obter um conjunto de características favoráveis ao redor e no micro-ambiente de cada semente, que em condições naturais não seriam alcançadas (Sampaio & Sampaio, 1994), de maneira que afetem a semente, o solo ou a superfície comum a ambos (solo/ambiente), permitindo, assim, a oportunidade de acondicionar e influir sobre o micro-ambiente de cada semente (Scott, 1989). Desta maneira, o propósito desta técnica é de melhorar a semeadura e/ou o desenvolvimento ou sobrevivência de espécies cultivadas (Hathcock,

1984). O revestimento de sementes adquire sua importância na medida em que se torna um potencial necessário para resolver questões fundamentais, como a proteção das sementes contra ataques exteriores, o fornecimento de nutrientes, oxigênio, reguladores de crescimento e/ou aplicação localizada de herbicidas, entre outros; mas sobretudo, permitir uma semeadura de precisão nos cultivos problemáticos de instalação direta no campo (Sampaio & Sampaio, 1994).

Com os rápidos avanços ocorridos com a Tecnologia de Sementes no que se refere ao recobrimento de sementes, algumas confusões terminológicas ocorrem. Termos como sementes recobertas, sementes revestidas, sementes encrustadas, sementes peletizadas e afins, são trocados freqüentemente. A semente revestida se refere à consecução de uma fina superfície sólida ou líquida, mediante a aplicação de sólidos dissolvidos ou suspensos, de tal forma que dê lugar à aparição de uma capa que cubra a cobertura natural da semente. As sementes assim tratadas mantêm-se individualizadas modificando o peso e a forma original (Sampaio & Sampaio, 1994).

Tonkin (1979), avaliou a precisão na colocação da semente revestida no solo, como um método para o estabelecimento de plântulas de cenoura, cebola, alface e beterraba açucareira, concluindo que com o uso de sementes recobertas pode-se conseguir populações ótimas, com altas taxas de emergência e com a mínima utilização de mão-de-obra.

Uma vantagem adicional, no caso da semeadura direta sobre o solo com vegetação preexistente, é que as sementes recobertas possuem uma

capacidade muito maior de penetrar no interior desta vegetação, favorecendo seu estabelecimento (Sampaio & Sampaio, 1994).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), sob condições não controladas (condições ambientais), no período de maio a agosto de 2007.

As sementes de azevém anual utilizadas são provenientes do município de Júlio de Castilhos, Rio Grande do Sul, colhidas em 2006.

Utilizou-se sementes nuas e sementes revestidas de azevém anual. O revestimento utilizado consistiu de material a base de farelo de madeira, o qual aumentou o tamanho e peso da semente mas manteve seu formato. A Empresa RIGRANTEC<sup>®</sup> foi responsável pelo revestimento das sementes, com tecnologia protegida. Antes de iniciar o experimento, as sementes de azevém anual foram analisadas quanto à pureza, umidade, e porcentagem de germinação, sendo que as sementes nuas apresentaram uma pureza de 97%, umidade de 15%, e germinação de 81%. As sementes revestidas apresentaram uma umidade de 10%. As sementes de azevém foram submetidas à superação de dormência por pré-esfriamento na temperatura de 5 a 10°C por 8 dias. Testou-se cinco concentrações de cloreto de sódio (48, 64, 97, 129, 145 mM) além da testemunha. Foram utilizadas cinco repetições em cada tratamento. O sal utilizado foi o cloreto de sódio para a análise (P.A.) da Quimex, com uma porcentagem de 99% do sal.

O potencial osmótico das diferentes soluções de cloreto de sódio, com as diferentes concentrações, foi medido diretamente em um equipamento de laboratório conhecido por “Vapor Pressure Osmometer” (VAPRO), modelo 5520, da Wescor Indústria. A correlação entre as concentrações de NaCl e potencial osmótico da solução encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Correlação entre concentração de NaCl e potencial osmótico da solução.

NaCl (mM)	Potencial osmótico (MPa)
0,0	0,0
48	-0,8
64	-0,9
97	-1,4
129	-2,1
145	-2,2

Quatro sementes foram semeadas a uma profundidade de 2 cm, em cada copo plástico de 700 ml, utilizando-se um substrato composto de uma mistura de areia e vermiculita, na proporção de 2:1, sendo mantidos sobre uma bancada com incidência direta de luz solar. Frequentemente realizava-se um rodízio entre os mesmos. A quantidade de água a ser irrigada por unidade experimental seguiu os critérios das Regras de Análise de Sementes (Brasil, 1992), ou seja, foi calculada em função da capacidade de retenção de água do substrato composto, correspondendo a 50% desta capacidade de campo do solo, para as sementes de azevém. Os substratos foram irrigados com a

solução salina, e a reposição da mesma foi feita sempre de acordo para se chegar a 50% da capacidade de campo, através de diferenças de pesagem dos substratos, tarefa executada aproximadamente de dois em dois dias.

As avaliações feitas foram: porcentagem de emergência, velocidade de emergência, porcentagem de sementes mortas, sementes dormentes, e de plântulas anormais, comprimentos da parte aérea e das raízes das plântulas e peso da massa fresca da parte aérea das plântulas. A contagem final foi realizada aos 14 dias.

O número de sementes germinadas e emergidas e o número de dias para a germinação e emergência, foram avaliados através de contagens diárias em todos os tratamentos. Foi avaliado o número de dias que as sementes levaram para germinar e emergir a contar da data de semeadura, para posterior avaliação da velocidade de emergência, através do IVE. Este índice indica o somatório dos índices diários os quais representam o número de sementes que germinaram ou emergiram a cada dia dividido pelo número de dias que as sementes levaram para germinar e emergir:  $IVE = E1/N1 + E2/N2 + E3/N3 + \dots + En/Nn$ . Desta equação resulta um índice que relaciona o número de sementes germinadas e emergidas por unidade de tempo.

O comprimento da parte aérea e das raízes das plântulas foi obtido medindo-se as mesmas com a ajuda de um paquímetro. Os resultados foram expressos em centímetros e obtidos no final do experimento quando se processou a coleta das partes.

O peso da massa fresca da parte aérea das plântulas foi obtido no final do experimento, logo após a coleta das plântulas. As plântulas foram retiradas

cuidadosamente dos substratos para que as raízes não quebrassem e não tivessem nenhum resquício de substrato, e separadas as partes aéreas das suas respectivas raízes. As partes aéreas foram pesadas, separadamente, em balança de precisão de 0,0001g; plântula por plântula cada uma em suas respectivas repetições.

As sementes não germinadas foram analisadas através do Teste de Tetrazólio, com a finalidade de determinar o número de sementes mortas e dormentes após o experimento. As sementes foram primeiramente embebidas em água destilada com duração de 14 a 18 horas. Após, foram cortadas ao meio com o auxílio de um estilete e colocadas, apenas a metade de cada semente, à embebição em sal de tetrazólio a 0,5% de diluição, com duração de quatro a cinco horas, para a posterior leitura na lupa. A leitura do Teste de Tetrazólio das sementes de azevém foi realizada com base no padrão de coloração das sementes de pensacola, conforme Delouche (1976).

No caso das sementes revestidas, houve a necessidade de descascá-las, ou seja, foi retirado o revestimento das mesmas com o auxílio de um estilete para poder executar o referido teste.

As plântulas anormais foram avaliadas com base nas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 1992).

O experimento foi conduzido em delineamento completamente casualizado, sendo a análise estatística dos dados obtidos (Análise de variância) realizada com o auxílio do programa computacional SAS. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Duncan a nível de 5% de significância.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as porcentagens de emergência, sementes dormentes, sementes mortas, plântulas anormais, comprimentos da parte aérea e de raiz, peso da massa fresca da parte aérea e índice de velocidade de emergência de sementes nuas de azevém anual, em função de diferentes concentrações de NaCl, em condições ambientais, durante 14 dias.

Pode-se observar que houve um decréscimo significativo na porcentagem de emergência das sementes nuas de azevém, com a adição de NaCl no substrato, reduzindo o desenvolvimento de plântulas normais. Reduções na porcentagem de germinação causadas pela simples presença ou aumento nas concentrações de sais, tem sido documentadas por vários autores, em muitas espécies, tais como, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae) (Tobe *et al.*, 2000), *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996), *Kalidium indica* (Khatri *et al.*, 1991), soja (Santos *et al.*, 1992), *Vigna unguiculata* Walp. (Enéas Filho, 1995), *Adenanthera pavonina* (Fonseca & Perez, 2001), *Chorisia speciosa* (Fanti & Perez, 2004), melão (Aguiar & Pereira, 1980), cultivares de abóbora White Bush, Scallop e Aristocrat Succhini (François, 1985), cultivares de arroz (Lima *et al.*, 2005), pepino cv. Rubi (Torres *et al.*, 2000), alface (*Lactuca sativa* L.) (Zapata *et al.*, 2003), *Salicornia rubra* Nels (Khan *et al.*, 2000), duas espécies de algaroba (*Prosopis alpataco* e *P. Argentina*) (Vilagra,

1997), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Jeller & Perez, 1997), mamão (*Carica papaya* L.) cv. Havai (Costa *et al.*, 2000); sendo que cada espécie ou cultivar

TABELA 2. Porcentagem de emergência, plântulas anormais, sementes dormentes, sementes mortas, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), peso da massa fresca da parte aérea (PFPA) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes nuas de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Porto Alegre – RS, 2008.

Concentração NaCl (mM)	Emergência (%)	Anormais (%)	Dormentes (%)	Mortas (%)
	<i>Médias</i>			
0	70,00 a	5,00 c	15,00 cd	10,00 a
48	37,50 b	35,00 a	12,50 d	20,00 a
64	25,00 b	35,00 a	37,50 bc	5,00 a
97	20,00 b	31,25 ab	50,00 ab	5,00 a
129	25,00 b	15,00 bc	62,50 a	6,25 a
145	18,75 b	18,75 abc	50,00 ab	12,50 a
<b>C.V.</b>	<b>44,37</b>	<b>55,76</b>	<b>12,68</b>	<b>125,52</b>
Concentração NaCl (mM)	CPA (cm)	CR (cm)	PFPA (g)	IVE
	<i>Médias</i>			
0	6,48 a	2,25 ab	0,006360 a	2,27 a
48	5,81 a	1,28 b	0,005400 a	0,80 b
64	8,06 a	3,04 a	0,009100 a	0,70 b
97	5,97 a	2,81 ab	0,006500 a	0,26 b
129	6,91 a	2,89 ab	0,006550 a	0,66 b
145	7,99 a	3,48 a	0,007067 a	0,29 b
<b>C.V.</b>	<b>24,53</b>	<b>36,98</b>	<b>31,57</b>	<b>61,00</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

apresenta sensibilidades distintas à ação dos sais, mostrando limites de tolerância diferentes (Galina, 2004). Sabe-se que com o excesso de sais no solo, há uma elevação da pressão osmótica com uma conseqüente redução do potencial hídrico, induzindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes, afetando o processo de embebição pelas mesmas, com influência direta na germinação e no desenvolvimento das plântulas (Santos *et al.*, 1992;

Cavalcante & Perez, 1995). Como o potencial osmótico das soluções salinas apresenta valores mais negativos do que aquele apresentado pelas células do embrião, a absorção de água necessária para a germinação das sementes é dificultada. Nos dados de emergência, observou-se que a partir de 48 mM de NaCl, os efeitos deletérios do excesso de sal causaram reduções significativas na germinação e emergência das sementes de azevém, chegando a provocar queda de 51,25 pontos percentuais da germinação sob 145 mM (Tabela 2). A partir da concentração de 48 mM não ocorreram diferenças significativas entre as concentrações. Com base nestes resultados, pode-se afirmar que a presença de NaCl afeta, de forma prejudicial, o processo de germinação e emergência de sementes de azevém.

Diante do percentual de germinação original das sementes de azevém anual recebidas para a execução deste experimento, que foi de 81%, observou-se uma diferença entre este percentual original e o percentual de emergência das sementes nuas (Tabela 2). Esta diferença provavelmente pode resultar dos fatos: a) no experimento com o substrato areia-vermiculita, algumas sementes conseguiram germinar mas não conseguiram emergir; b) a presença da vermiculita pode ter causado uma retenção de água, tornando-a menos disponível para as sementes.

O aumento na concentração salina provocou aumento da ocorrência de plântulas anormais até 64 mM de NaCl, verificando-se uma redução nas maiores concentrações (97, 129 e 145 mM). Coincidentemente, houve um aumento na porcentagem de sementes dormentes, o que nos leva a crer que as maiores concentrações de sal podem induzir as sementes de azevém à

dormência, já que não houve aumento na porcentagem de sementes mortas, normais e anormais. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos *et al.* (1992), em sementes de soja, Torres *et al.* (2000), em sementes de pepino e Torres *et al.* (2007), em sementes de melancia. Estes autores verificaram aumentos significativos no número de plântulas anormais, em função do aumento da concentração salina no substrato de germinação. Vários autores (Campos & Assunção, 1990; Santos *et al.*, 1992; Torres *et al.*, 2000) constataram que o incremento na concentração salina produziu um aumento na porcentagem de plântulas anormais, em virtude da ação tóxica dos sais sobre as sementes, resultante da concentração de íons no protoplasma, ocasionando distúrbios fisiológicos à semente, podendo causar até a sua morte. Assim, o alto teor de sais no solo, especialmente o NaCl, pode inibir a germinação, em função dos efeitos osmótico e tóxico (Bliss, 1986). Essa toxicidade pode ser devida a um ou mais íons específicos presentes nos sais que estejam no solo, sem que haja excesso na quantidade de sais no solo (Black, 1968).

Houve um aumento significativo na porcentagem de sementes dormentes (Tabela 2) à medida que aumentou a concentração de NaCl, sendo que os maiores percentuais foram observados a partir de 64 mM. Esta resposta coincide com o reportado por Cavalcante & Perez (1995), os quais explicam que, o reduzido potencial hídrico decorrente do efeito do excesso de sais, pode induzir as sementes à dormência. Deste modo, com o aumento da concentração salina, as sementes encontram-se em condições de maior estresse, e tendem, cada vez mais a entrar em dormência, de modo a preservar sua espécie.

Não houve diferenças significativas entre tratamentos com relação a porcentagem de sementes mortas, no entanto, observou-se que nas maiores concentrações de NaCl, o percentual de sementes mortas de azevém foi um pouco menor (Tabela 2). Este resultado condiz com a resposta das sementes de leucena à salinidade, sendo o percentual de sementes mortas desta espécie reduzido nas maiores concentrações de sais, e, conseqüentemente, nos menores potenciais hídricos (Cavalcante & Perez, 1995). Em contrapartida, Martinelli-Seneme *et al.* (2000) constataram que nas sementes de milho, à medida que os potenciais osmóticos diminuem (cada vez mais negativos), isto é, quando as concentrações de sais se tornam maiores, há um aumento significativo nas porcentagens de sementes mortas.

Os efeitos sobre o peso da massa fresca da parte aérea das plântulas foram semelhantes aos verificados sobre o comprimento da parte aérea, ou seja, não houve diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 2), contrariando resultados obtidos por Queiroga *et al.* (2006) em sementes de híbridos de melão e Torres *et al.* (2000), com sementes de pepino, sob vários níveis de salinidade e potenciais osmóticos, respectivamente. Segundo Sá (1987), a menor absorção de água pelas sementes atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e, com isso, as plântulas resultantes apresentam menor desenvolvimento, caracterizado por menores comprimentos de plântulas e menor acúmulo de peso de massa seca. Torres *et al.* (2007) também constataram que o comprimento de plântulas de melancia foi afetado negativamente com a redução dos potenciais osmóticos das soluções; a partir do potencial osmótico -0,4 MPa o efeito foi severo. Em contrapartida,

para os cultivares de arroz BRS 6 Chuí e IAS 12-9 Formosa, o comprimento da parte aérea também não foi influenciado pela concentração salina (Lima *et al.*, 2005).

Com relação ao comprimento da raiz, houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2). Este resultado também foi observado em outras espécies, tais como, pepino (Torres *et al.*, 2000), soja (Santos *et al.*, 1992; Braccini *et al.*, 1996), arroz e feijão (Galina, 2004), para as quais o aumento na concentração de sal inibiu o comprimento da raiz das plântulas. Já para um cultivar de arroz, BRS Bojurú, o comprimento da raiz aumentou com o incremento no teor de NaCl até a concentração de 100 mM, apresentando, este cultivar, uma maior tolerância ao sal quando comparado com outras cultivares estudadas (Lima *et al.*, 2005). Segundo Popinigis (1977), o comprimento da raiz das plântulas é uma medida do vigor das sementes. Assim, nesta situação, considerando somente esta variável, o aumento da concentração de NaCl não inibiu o vigor das sementes de azevém. Muito pelo contrário, os maiores comprimentos de raiz nas concentrações de 64 e 145 mM indicaram que houve uma superação da plântula de azevém à condição de estresse salino imposta, mostrando que o azevém pode apresentar uma certa tolerância ao sal, na fase de plântula. Ocorreu um aumento no comprimento da raiz no sentido de aumentar a área superficial específica da mesma para atingir uma maior área de contato com a solução do substrato de germinação, a fim de conseguir absorver uma maior quantidade de água. De acordo com Teermat & Munns (1986), o crescimento da parte aérea é mais afetado do que o crescimento de raízes. Parece que o fator decisivo é o sinal fitohormonal advindo das raízes

para a parte aérea, e esta, envia assimilados para a raiz de modo a superar os problemas com o excesso de sais. Conforme Munns (2002) e Izzo *et al.* (1991), para espécies tolerantes aos sais, o crescimento de raízes não é inibido, e a maior tolerância das raízes aos sais contribui para a tolerância das plantas aos mesmos.

A velocidade de emergência é o primeiro parâmetro afetado pela redução da disponibilidade de água para as sementes. Em azevém, o índice de velocidade de emergência diminuiu com a presença de cloreto de sódio, levando-se a concluir que, a presença de NaCl diminuiu a velocidade de emergência e, portanto, o vigor. Os efeitos tornaram-se marcantes a partir da concentração de 48 mM de NaCl (Tabela 2). Resultados similares foram encontrados em *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit (Cavalcante, 1993), trigo (Damiani *et al.*, 2003) e cevada (Silva, 2005). O índice de velocidade de emergência nas plântulas de beterraba das cvs. Maravilha e Early Wonder 2000 decresceram, enquanto que na cv. Scarlet Supreme o IVE não foi afetado pelo NaCl até a concentração de 40 mM (Abreu, 2005). Esta redução na velocidade de germinação de sementes sob efeito da presença de sais, também foi observada em sementes de *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996), *Cnidoculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. (Silva *et al.*, 2001), *Prosopis juliflora* (SW) D.C. (Freire *et al.*, 2001), e arroz cv. BRS Agrisul (Lima *et al.*, 2005). Já para as cultivares de arroz BRS 6 Chuí, BRS Bojurú e IAS 12-9 Formosa, o índice de velocidade de germinação permaneceu praticamente constante com o incremento da salinidade, sugerindo uma certa tolerância destes cultivares ao sal. Com estes dados, observou-se que pode haver uma

variação do IVG, na sensibilidade à salinidade, entre cultivares de mesma espécie (Lima *et al.*, 2005). Estas respostas ajudam a reforçar a teoria de que o sal diminui a viabilidade e o vigor das sementes em espécies relativamente sensíveis ao sal; já que o índice de velocidade de germinação é uma das formas usuais de medir o vigor das sementes.

A Tabela 3 apresenta as porcentagens de emergência, sementes dormentes, sementes mortas, plântulas anormais, comprimentos da parte aérea e da raiz, peso da massa fresca da parte aérea e índice de velocidade de emergência de sementes revestidas de azevém anual, em função de diferentes concentrações de NaCl, em condições ambientais, durante 14 dias. Nesta Tabela, também se observou uma redução significativa na porcentagem de emergência das sementes revestidas de azevém, com a adição de NaCl ao substrato. No entanto, ao contrário das sementes nuas, onde a porcentagem de emergência foi menor a partir de 64 mM de NaCl, nas sementes revestidas isto ocorreu a partir de 97 mM. Não ocorreu diferenças significativas entre as concentrações a partir de 97 mM. É provável que o revestimento tenha dificultado um pouco a penetração do sal nas menores concentrações de NaCl. Esta menor porcentagem de plântulas normais foi acompanhada de um aumento nas porcentagens de sementes dormentes e de sementes mortas.

Verifica-se, nesta Tabela 3, que a porcentagem de emergência somente começa a ser reduzida, significativamente, na concentração de 64 mM, decaindo conforme vai aumentando a concentração salina. Ao contrário do que se verifica nas sementes nuas, em que a porcentagem de emergência é reduzida na mínima presença de sal, não havendo diferenças

TABELA 3. Porcentagem de emergência, plântulas anormais, sementes dormentes, sementes mortas, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), peso da massa fresca da parte aérea (PFPA) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes revestidas de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Porto Alegre – RS, 2008.

Concentração NaCl (mM)	Emergência (%)	Anormais (%)	Dormentes (%)	Mortas (%)
	<i>Médias</i>			
0	70,00 a	10,00 b	10,00 b	10,00 b
48	70,00 a	10,00 b	15,00 b	10,00 b
64	50,00 ab	31,25 a	18,75 b	15,00 ab
97	31,25 bc	10,00 b	43,75 a	18,75 ab
129	15,00 c	5,00 b	50,00 a	30,00 a
145	20,00 c	10,00 b	55,00 a	18,75 ab
C.V.	47,11	108,84	48,91	76,31
Concentração NaCl (mM)	CPA (cm)	CR (cm)	PFPA (g)	IVE
	<i>Médias</i>			
0	7,68 a	3,22 ab	0,007025 a	1,86 a
48	7,70 a	3,43 a	0,008280 a	1,70 a
64	7,34 ab	3,65 a	0,007800 a	1,29 ab
97	7,76 a	4,06 a	0,008520 a	0,51 b
129	4,75 b	1,36 b	0,005150 a	0,31 b
145	5,47 ab	3,89 a	0,005553 a	0,33 b
C.V.	21,13	33,95	27,89	72,31

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

significativas entre as concentrações.

Quanto à porcentagem de plântulas anormais nas sementes revestidas, houve uma superioridade do tratamento 64 mM, enquanto que as outras concentrações não diferiram entre si significativamente (Tabela 3). A concentração de 64 mM de NaCl foi a que causou as maiores porcentagens de plântulas anormais em sementes revestidas de azevém, pois, concentrações mais elevadas induziram as sementes à dormência, e a concentração mais baixa, de 48 mM, não chegou a causar danos tóxicos à semente revestida. Este resultado, no entanto, não é uma resposta comum observada em

sementes de várias espécies quando na presença de sais, conforme já foi citado anteriormente.

A porcentagem de sementes dormentes em sementes revestidas submetidas à salinidade, foi maior nas concentrações de NaCl mais elevadas (Tabela 3). Este resultado foi semelhante ao das sementes nuas, confirmando que o reduzido potencial hídrico do meio germinativo decorrente do excesso de sais, pode induzir as sementes à dormência (Cavalcante & Perez, 1995), não importando se a semente está nua ou revestida. Ou seja, o revestimento não impediu as sementes de azevém de entrarem em dormência na presença de sal.

Na Tabela 3, verificou-se que a porcentagem de sementes mortas nas sementes revestidas aumentou conforme o incremento na concentração salina. Este resultado diferiu das sementes nuas, as quais não apresentaram diferenças significativas do percentual de sementes mortas, entre as concentrações testadas, nem mesmo com a testemunha. Ou seja, para as sementes revestidas, o incremento na concentração de sais provocou a morte das sementes. Deste modo, surge a hipótese de que o excesso de sais pôde se acumular no revestimento, causando uma retenção de água pelo mesmo, e uma conseqüente deterioração das sementes. Esta hipótese, no entanto, precisa ser melhor investigada. Ou então, a morte das sementes pode ter sido causada por alguma substância liberada pelo revestimento usado, já que a Empresa não revelou a composição do material utilizado.

O comprimento da parte aérea das plântulas provenientes das sementes revestidas apresentou diferenças significativas entre as concentrações de

NaCl, diminuindo nas concentrações mais altas (129 e 145 mM), diferentemente das sementes nuas em que, o mesmo, não apresentou diferenças significativas entre as concentrações de sal e testemunha (Tabela 3). Conforme o que já foi mencionado antes, para algumas espécies é normal o comprimento da parte aérea ser reduzido com o excesso de sais no meio germinativo.

Quanto aos dados de peso da massa fresca da parte aérea das plântulas, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, pelo teste de Duncan ( $P \leq 0,05$ ); o mesmo aconteceu com as sementes nuas (Tabela 3). No entanto, houve diferenças significativas entre as concentrações de sal, para as variáveis comprimento da parte aérea (distinto das sementes nuas) e comprimento da raiz (semelhante às sementes nuas). Observou-se na Tabela 3, que os maiores comprimentos da parte aérea e de raiz foram observados na concentração de 97 mM de NaCl e os menores, na concentração de 129 mM. Nas sementes revestidas, o comprimento da raiz das plântulas praticamente se manteve constante em função do aumento na concentração salina, com exceção da concentração de 129 mM. Acredita-se que nas sementes revestidas, houve um menor acúmulo de sais nas sementes proporcionando maiores comprimentos de raiz, e que nas maiores concentrações, o revestimento não tenha sido capaz de impedir os danos provocados pelo sal nas mesmas. Diversos autores (Lima, 2002; Galina, 2004) detectaram redução na altura das plantas com o aumento de estresse salino, entretanto não testaram em sementes revestidas.

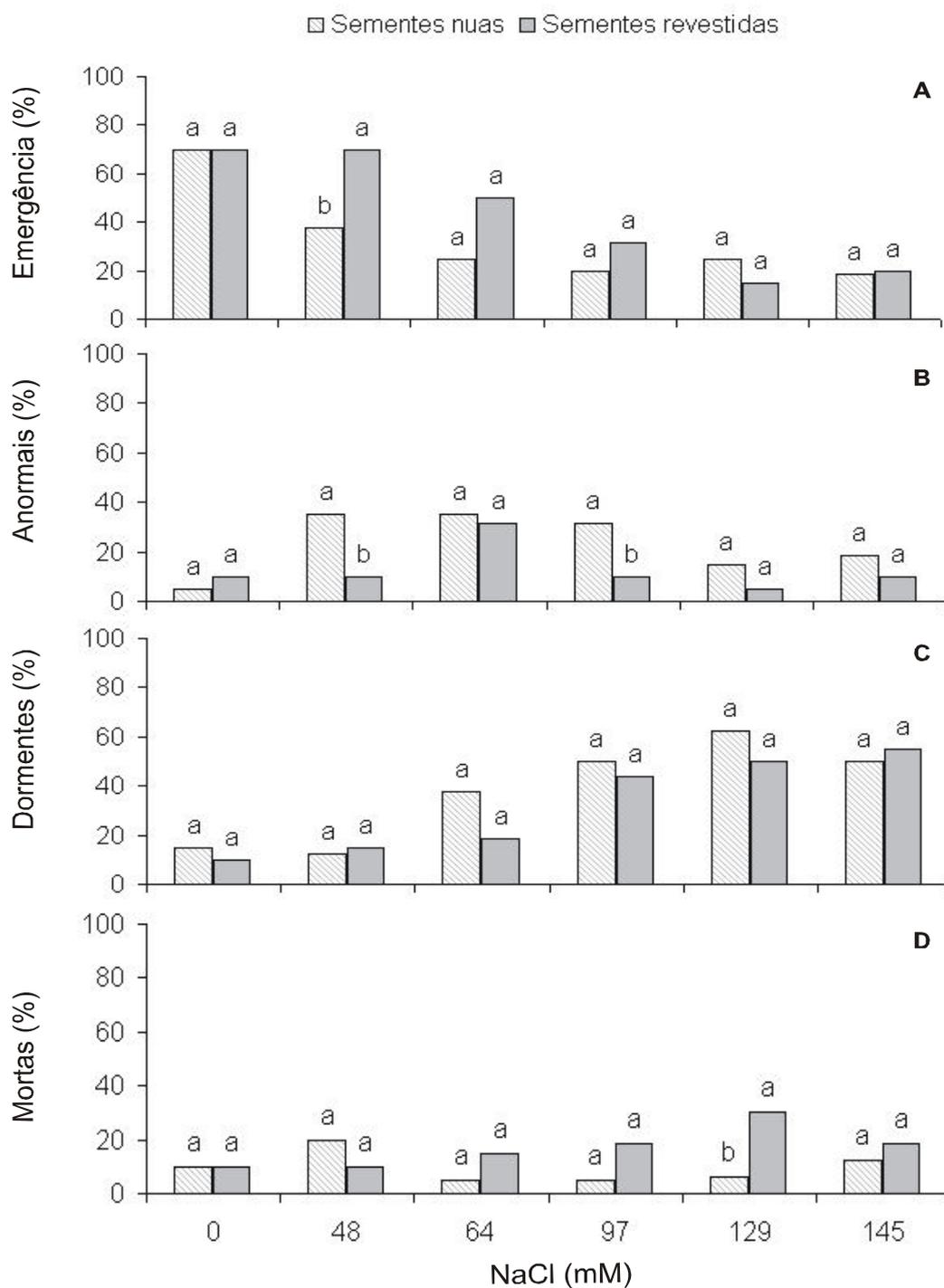
Apesar do índice de velocidade de emergência considerar que quanto

mais rapidamente a semente germina, maior é o seu vigor, a queda no IVE (Tabela 3) com o aumento da concentração de NaCl, sugere que o azevém apresentou uma sensibilidade ao sal para germinar, mesmo quando as sementes são revestidas, levando-se a concluir que o aumento da salinidade ocasionou a diminuição da velocidade de emergência e, portanto, o vigor.

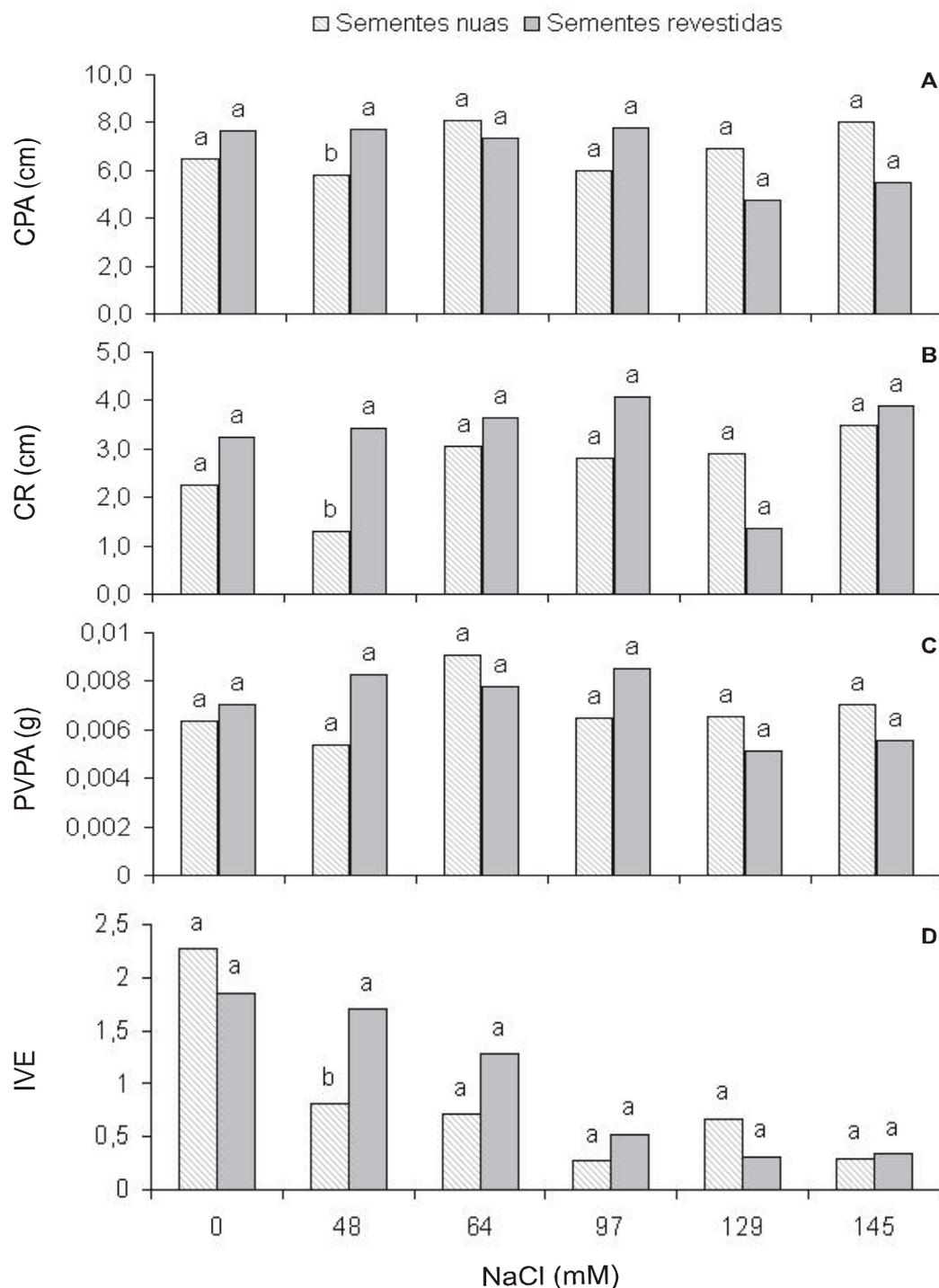
As Figuras 1 e 2 apresentam os dados de porcentagem de emergência, plântulas anormais, sementes dormentes, sementes mortas, índice de velocidade de emergência, comprimentos da parte aérea e de raiz, e peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de sementes de azevém anual, nuas e revestidas, em função de diferentes concentrações de NaCl, em condições ambientais, durante 14 dias.

Quando foram comparadas sementes nuas com sementes revestidas, os resultados da análise de variância revelaram que o fator revestimento mostrou-se significativo para algumas variáveis estudadas (porcentagem de emergência, plântulas anormais, sementes mortas, comprimento da parte aérea e raiz e IVE), em algumas concentrações (48, 97 e 129 mM).

O revestimento proporcionou um aumento na porcentagem de emergência, no índice de velocidade emergência, e no comprimento da parte aérea e da raiz somente na concentração de 48 mM de NaCl. Ainda, o revestimento proporcionou uma redução da porcentagem de plântulas anormais somente nas concentrações de 48 e 97 mM. Somente nestes casos o revestimento mostrou-se eficiente no desempenho da germinação das sementes de azevém anual. No entanto, o revestimento não se mostrou eficiente, na concentração de 129 mM, ao proporcionar um aumento



**FIGURA 1.** Percentagem de emergência (A), plântulas anormais (B), sementes dormentes (C) e sementes mortas (D) de sementes nuas e revestidas de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Colunas encimadas por mesmas letras não diferem entre si (Duncan 5%). Porto Alegre – RS, 2008.



**FIGURA 2.** Comprimento da parte aérea (A), comprimento da raiz (B), peso da massa fresca da parte aérea (C) e Índice de velocidade de emergência (D) de sementes nuas e revestidas de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Colunas encimadas por mesmas letras não diferem entre si (Duncan 5%). Porto Alegre – RS, 2008.

na porcentagem de sementes mortas.

O revestimento não se mostrou significativo para a porcentagem de sementes dormentes e peso da massa fresca da parte aérea, em todas as concentrações estudadas. Diante deste resultado, pode-se inferir que o revestimento não foi um empecilho para as sementes entrarem em dormência na presença do sal.

De uma maneira geral, houve uma tendência das sementes revestidas apresentarem maior porcentagem de emergência, menor porcentagem de plântulas anormais e de sementes dormentes, e maior porcentagem de sementes mortas do que as sementes nuas. Quanto ao vigor, houve uma tendência das sementes revestidas apresentarem maior comprimento de raiz no geral, maiores índice de velocidade de emergência, comprimento e peso da massa fresca da parte aérea nas menores concentrações, e menores índice de velocidade de emergência, comprimento e peso da massa fresca da parte aérea nas maiores concentrações, comparando com as sementes nuas. Isto leva a crer que nas concentrações mais elevadas, para o revestimento servir de barreira e proteger as sementes da ação tóxica e prejudicial do sal, se torna muito difícil devido à elevada concentração de íons no meio germinativo, inibindo o vigor das sementes. Nas concentrações mais baixas de sal, o revestimento permitiu que as sementes de azevém manifestassem o seu vigor, representando uma certa barreira á penetração do sal nas sementes.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições e níveis de salinidade em que as sementes de azevém anual foram expostas durante o desenvolvimento do experimento, pode-se concluir que:

- a emergência de sementes nuas e revestidas de azevém decresce com o incremento da salinidade, afetando negativamente o desenvolvimento de plântulas normais e reduzindo a viabilidade;
- o peso da massa fresca da parte aérea das plântulas não foi afetado pela salinidade, tanto nas plantas oriundas de sementes nuas como nas plantas oriundas de sementes revestidas;
- o revestimento usado nas sementes de azevém não foi capaz de protegê-las da ação tóxica e prejudicial do sal nas maiores concentrações. No entanto, nas menores concentrações, em alguns casos, o revestimento cumpriu com esta função.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.M. **Estresse salino em sementes e plantas de beterraba (*Beta vulgaris* L.)**. Pelotas: UFPel, 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), Brasil, 2005.

AGBOOLA, D.A. Effect of saline solutions and salt stress on seed germination of some tropical forest tree species. **Revista de Biologia Tropical**, Costa Rica, v.46, p.1109 -1115, 1998.

AGUIAR, P.A.A.; PEREIRA, J.R. Efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.2, p.207-210, 1980.

ALIA, P.; SARADHI, P.; MOHANTY, P. Proline in relation to free radical production in seedlings of *Brassica juncea* raised under sodium chloride stress. **Plant and Soil**, Netherlands, v.155/156, p.497-500, 1993.

ALMEIDA, F. de A.C.; GONÇALVES, N.J.M.; GOUVEIA, J.P.G. de; CAVALCANTE, L.F. Comportamento da germinação de sementes de arroz em meios salinos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande (SP), v.3, n.1, p.47-51, 2001.

ASHAF, C.M.; ABU-SHAKRA, S. Wheat germination under low temperature and moisture stress. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, p.135-139, 1978.

BARRUETO CID, P. **Efeito do potencial hídrico sobre a embebição, a respiração e a germinação de leguminosa *C. floribunda***. Viçosa : UFV, 1978. Dissertação (Mestrado) – Mestrado (Ciências Agrárias -Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1978.

BELLINGER, Y; BENSOUUD, A.; LARHER, F. Physiological significance of proline accumulation, a trait of use to breeding for stress tolerance. In: ACEVEDO, E.; CONESA, A.P.; SRIVASTAVA, J.P. (Eds.) **Physiology-breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments**. Paris: INRA, 1991. p.449-458.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York : Plenum Press, 1985. 367p.

BHANDAL, I.S.; MALIK, C.P. Potassium estimation, uptake, and its role in the in the physiology and metabolism of flowering plants. **International Review of Cytology**, Punjab, v.110, p.205-254, 1988.

BLACK, C.A.. **Soil-Plant Relationships**. 2. Ed. Ames, Iowa : John Wiley & Sons : Iowa State University, 1968.

BLAHA, G.; STELZ, U.; SPAHN, C.M.T.; AGRAWAL, R.K.; FRANK, J.; NIERHAUS, K.H. Preparation of functional ribosomal complexes and effect of buffer conditions on tRNA positions observed by cryoelectron microscopy. In: **METHODS in Enzymology**. Berlin, Germany : Max-Planck-Institut für Molekulare Genetik, 2000. 317p.

BLISS, R.D.; PLATT-ALOIA, K.A.; THOMPSON, W.W. **Plant cell environment**. Oxford : [s.l.], 1986. 727p.

BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização Fisionômica e Problemática Ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências**, Porto Alegre, n. 56, 1997.

BOURGEAIS-CHAILLOU, P.; GUERRIER, G. Salt response in *Lycopersicum esculentum* calli and whole plants. **Journal of Plant Physiology**, Leipzig, v.140, p. 495-501, 1992.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília, 1992. 365p.

BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M.; PARDO, J.M. Plants use calcium to resolve salt stress. **Trends Plant Science**, London, v. 3, p.411-412, 1998.

CACHORRO, P.; ORTIZ, A.; CERDA, A. Growth, water relations and solute composition of *Phaseolus vulgaris* under saline conditions. **Plant Science**, Chicago, v.95, p.23-29, 1993.

CAMPOS, I.S.; ASSUNÇÃO, M.V. Efeito do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.6, p.837-843, 1990.

CANDO, J. B. Hidromorfismo y Salinidad, su relacion com la geomorfologia y sus consecuencias en los suelos y en los cultivos. In: CURSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE REGADIOS: IRYDA, 3., 1989, Madrid. **Proceedings**: Madrid, 1989. Acuerdo de Cooperacion Tecnica: Republica Federativa de Brasil y el Reino de Espana, Madrid, 1989.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. Campinas : Fundação Cargill, 1988. 424p.

CATALAN, L.; BALZARINI, Z.; ALESNIK, E.; SERENO, R.; KARLIN, U. Effects of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa* (D.C.). **Forest Ecology and Management**, Irvine, United States, v.63, p.347-357, 1994.

CAVALCANTE, A.M.B. **Germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit**. São Carlos: UFSCar, 1993. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), Brasil, 1993.

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

CHOINSKI, J.S.; TUOHY, J.M. Effect of water potential and temperature on the germination of four species of african savana trees. **Annals of Botany**, Oxford, v.68, p.227-233, 1991.

CORDEIRO, G.G.; RESENDE, G.M.; PEREIRA, J.R.; COSTA, N.D. Utilização de água salina e condicionador de solo na produção de beterraba no semi-árido brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.1, p.39-41, 1999.

COSTA, N.P. da; BRUNO, R. de L.A.; BRUNO, G.B.; CRANEJ. H. Germination and vigour of pawpaw (*Carica papaya* L.) cv. Havaí seeds, subject to different substrates, sources and salinity levels. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Barquisemeto, v.42, p.142-147, 2000.

CRAMER, G.R.; LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub> on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. **Plant Physiology**, Waterbury, VT, v.81, p.792-797, 1986.

DAMIANI, C.R.; MORAES, D.M.; LOPES, N.F.; ABREU, C.M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) induzidas por reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas (RS), v.9, n.4, p.347-352, 2003.

DAS, N.; MISRA, M.; MISRA, A. Sodium chloride salt stress induced metabolic changes in callus cultures of Pearl millet: free solute accumulation. **Journal of Plant Physiology**, Germain, v.137, p.244-246, 1990. Under & Fisher Verlag.

DASH, M.; PANDA, S.K. Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating mung seeds. **Biologia Plantarum**, Czech Republic,

v.44, p.587-589, 2001.

DELACHIAVE, M.E.A. **Efeito de diferentes potenciais da água sobre alguns aspectos fisiológicos da germinação de sementes de *S. guianensis***. São Carlos : UFSCar, 1984. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), Brasil, 1984.

DELAUNEY, A.J.; VERMA, D.P.S. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. **The Plant Journal**, Columbus (USA), v.4, p.215-223, 1993.

DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente**. Brasília : AGIPLAN, 1976. 103p.

DILLENBURG, L. R.; ROSA, L. M. G.; OLIVEIRA, P. L. Anatomia foliar de *Blutaparon portulacoides* (St. Hil.) Mears (Amaranthaceae) sob condições salinas e não salinas. **IHERINGIA. Série Botânica**, Porto Alegre, v.35, p.151-164, 1986.

EMBRAPA. **Arroz Irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Pelotas : Embrapa.Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, 1999. 124p.

ENÉAS-FILHO, J.; OLIVEIRA NETO, O.B.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E.; MONTEIRO, C. Effects of salinity in vivo and in vitro on cotyledonary galactosidases from *Vigna unguiculata* (L.) Walp. during seed germination and seedling establishment. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina (PR), v.7, n.2, p.135-142, 1995.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de *Bauhinia forficata* Link. **Revista Ceres**, Viçosa (MG), v.43, n.249, p.654-662, 1996.

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

FEDINA, I.S.; TSONEV, T.D.; GULEVA, E.I. ABA as a modulator of the response of *Pisum sativum* to salt stress. **Journal of Plant Physiology**, Leipzig, Germain, v.143, p.245-249, 1994.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.209-212.

FERREIRA, P.A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande (SP): UFPB/SBEA, 1997. p.37-67.

FERREIRA, L.G.R.; REBOUÇAS, M.A.A. Influência da hidratação /

desidratação de sementes de algodão na superação dos efeitos da salinidade na germinação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.609-615, 1992.

FONSECA, S.C.L.; PEREZ, S.G.A. Germinação de sementes de olho-de-dragão (*Adenantha pavonina* L.): ação de poliaminas na atenuação do estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.2, p.14-20, 2001.

FRANCO, O.L.; ENÉAS-FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES-FILHO, E. Effects of  $\text{CaCl}_2$  on the growth and osmoregulator accumulation in NaCl stressed cowpea seedlings. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina (PR), v.11, p.145-151, 1999.

FRANÇOIS, L.E. Salinity effects on germination, growth, and yield of two squash cultivars. **Hort Science**, Alexandria, v.20, n.6, p.1102-1104, 1985.

FREIRE, A.L.O. **Fixação do nitrogênio, crescimento e nutrição mineral de leucena sob condições de salinidade**. Jaboticabal: UEP, 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal (SP), Brasil, 2000.

FREIRE, A.L.O.; RODRIGUES, T.J.D.; SOUSA FILHO, G.M. Efeitos da salinidade do substrato na germinação de sementes de algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.) In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 52., João Pessoa, 2001. **Anais...** João Pessoa, 2001. p.47.

GALINA, S. **Efeito da salinidade na qualidade fisiológica de sementes de arroz e feijão submetidas a estresse salino**. Pelotas: UFPel, 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), Brasil, 2004.

GALSTON, A.W.; KAURSAWHNEY, R. Polyamines as endogenous growth regulators. In: DAVIES, P.J. **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Martinus Nijhoff Publishers, 681p., New York, 1987.

GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. **Princípios de Fertilidade de Solo**. Departamento de Solos, UFRGS. Porto Alegre (RS), 1995. 277 p.

GONELA, A.; LEMOS, E.G.M.; RODRIGUES, T.J.D.; PATERNIANI, M.L.S. Reação enzimática ao estresse salino durante a germinação de estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, 2004.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.31, p.149-190, 1980.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.D.; HANDA, A.K. Cellular mechanism of

- salinity tolerance. **Hort Science**, Alexandria, v.21, p.1317-1324, 1986.
- HATHCOCK, A.L. Tall fescue and Kentucky bluegrass response to fertilizer and lime seed coatings. **Agronomy Journal**, Madison (USA), V.76, p.879-883, 1984.
- HEBLING, S.A. **Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquun* (Vellozo)**. São Carlos: UFSCar, 1997. (Tese Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), Brasil, 1997.
- HURKMAN, W.J. Effect of salt stress on plant gene expression: a review. **Plant and Soil**, Netherlands, v.146, 1992.
- IZZO, R.; NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.14, n.7, 1991.
- JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G. de A. Efeito da salinidade e semeadura em diferentes profundidades na viabilidade e no vigor de *Copaefera langsdorfii* desf. – Caesalpiniaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.2, p.219-225, 1997.
- KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P.; KLAMT, E. **Introdução à ciência do solo**. Porto Alegre : Departamento de Solos da UFRGS, 1985. Apostila de aula.
- KHAN, M. A.; GUL, B.; WEBER, D.J. Germination responses of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. **Journal of Arid Environments**, Utah (USA), v.45, n.3, p.207-214, 2000.
- KHATRI, R.; SETHI, V.; KAUSHIK, A. Inter-population variations of *K. indica* during germination under different stresses. **Annals of Botany**, Oxford (USA), v.67, p.413-415, 1991.
- KUMAR, R.G.; SHAH, K.; DUBEY, R.S. Salinity inducec behavioural changes in malate dehydrogenase and glutamate dehydrogenase activities in rice seedlings of differing salt tolerance. **Plant Science**, Chicago (USA), v.156, p.23-34, 2000.
- KUZNETSOV, V.V.; SHEVYAKOVA, N.I. Stress response of tobacco cells to high temperature and salinity. Proline accumulation and phosphorylation of polypeptides. **Physiologia Plantarum**, Russia, v.100, p.320-326, 1997.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology: ecophysiological and stress physiology of functional groups**. 3ª ed. Berlin : Springer Verlag, 1995. 506p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos (SP): Prado, 2000. 531p.

LIMA, M.G.S. **Sensibilidade de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) ao estresse salino**. Pelotas : UFPel, 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), 2002.

LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; ABREU, C.M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.1, p.54-61, 2005.

LIU, J.; ZHU, J.K. A calcium sensor homolog required for plant salt tolerance. **Science**, Washington, n.280, p.1943-1945, 1998.

LONGSTRETH, D.J.; NOBEL, P.S. Salinity effects on leaf anatomy. consequences for photosynthesis. **Plant Physiology**, Urbana, IL, v.63, p.700-703, 1979.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. **ASCE Journal Irrigation Drainage Division**, New York, v.103, n.1, p.115-134, 1977.

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

MARTINELLI-SENEME, A.; MARTINS, C.C.; NAKAGAWA, J. Germinação de milho cv. AL-34 em função do tamanho da semente e do potencial hídrico do substrato. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.131-138, 2000.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Great Britain: Pergamon Press, 1989. 270p.

MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S. **Fertilidade do Solo**. Piracicaba (SP): Nobel, 1983. 400p.

MISRA, C.M.; SINGH, S.L.; BEHAL, S. Germination of tropical leguminous tree species under high pH. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**, Waimanalo, Hawaii, v.6, n.13, p.36-42, 1988.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, Canberra (Austrália), v.25, p.239-250, 2002.

OLIVEIRA, P.M.; BLANK, A.F.; PEREIRA, A.J.; LIMA, L.A. Efeito da salinidade da água sobre a germinação de cultivares de melão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande (SP), v.2, n.2, p.235-238, 1998.

PEREZ, S.C.J.G.A.; MORAES, J.A.P.V. Estresse salino no processo germinativo de algarobeira e atenuação de seus efeitos pelo uso de reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,

v.29, n.3, p.389-396, 1994.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.

PRISCO, J.T.; ENÉAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E. Effect of NaCl salinity on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp seeds. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.4, p.63-71, 1981.

QUEIROGA, R.C.; ANDRADE NETO, R.C.; NUNES, G.H.S.; MEDEIROS, J.F.; ARAÚJO, W.B.M. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.3, p.315-319, 2006.

RAB, N.; ALTAF, H.; MAKHDUM, M.I. Effects of sucrose on seed germination of Ipil-Ipil (*Leucena leucocephala*) at different salinity levels. **Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research**, Paquistão, v.32, n.1, p.55-57, 1989.

REBOUÇAS, M.A.; FAÇANHA, J.G.V.; FERREIRA, L.G.R.; PRISCO, J.T. Crescimento e conteúdo de N, P, K e Na em três cultivares de algodão sob condições de estresse salino. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Londrina (PR), v.1, n.1, p.79-85, 1989.

RICHARDS, R.A. Increasing salinity tolerance of grain crops: is it worthwhile? **Plant and Soil**, Netherlands, n.146, p.89-98, 1992.

SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1987. Tese (Doutorado) – Escola Superior Agrônoma Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 1987.

SAMPAIO, G.T.; SAMPAIO, N.V. Recobrimento de sementes. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.4, n.3, 1994.

SANTOS, V.L.M.; CALILI, A.C.; RUIZ, H.A.; ALVARENGA, E.M.; SANTOS, C.M.. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.2, p.189-194, 1992.

SCOTT, J.M. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. **Advances Agronomy**, Madison, v.42, p.43-83, 1989.

SERRANO, R.; MULET, J.M.; RIOS, G.; MARQUEZ, J.A.; de LARRINOVA, I.; LEUBE, M.P.; MENDIZABAL, I.; PASCUAL-AHUIR, A.; PROFT, M.; ROS, R.; MONTESINOS, C. A glimpse of the mechanisms of ion homeostasis during salt stress. **Journal of Experimental Botany**, Oxford (USA), v.50, p.1023-1036, 1999.

SHANNON, M.C.; RHOADES, J.D.; DRAPER, J.H.; SCARDACI, S.C.;

SPYRES, M.D. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in Califórnia. **Crop Science**, Madison (USA), v.38, n.2, p.394-398, 1998.

SHEVYAKOVA, N.I.; STROGONOV, B.P.; KIRYAN, G.I. Metabolism of polyamines in NaCl-resistant cell lines from *Nicotiana sylvestris*. **Plant Growth Regulation**, New York, v.3, p.365-369, 1985.

SILBERBUSH, M.; BEN-ASHER J. Simulation study of nutrient uptake by plants from soilless cultures as affected by salinity built up and transpiration. **Plant and Soil**, Netherlands, v.233, p.59-69, 2001.

SILVA, D.; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA, SBH, ABEAS, 1997. 252p.

SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B.; RODRIGUES, T.J.D. Efeito do estresse salino na germinação de sementes de faveleira (*Cnidoculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm.). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 52., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa (PB), 2001. p.47.

SILVA, R.N. **Crescimento de plantas de cevada (*Hordeum vulgare* L.) submetidas a estresse salino**. Pelotas : UFPel, 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), 2005.

SNEDDEN, W.A.; FROMM, H. Calmodulin as a versatile calcium signal transducer in plants. **New Phytologist**, Kingston (Canadá), v.151, p.35-66, 2001.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre (RS) : UFRGS, 2002. 128p.

TAEB, M.; KOEBNER, R.M.D.; FORSTER, B.P.; LAW, C.N. Association between genes controlling flowering time and shoot sodium accumulation in the Triticeae. **Plant and Soil**, Netherlands, n.146, p.117-121, 1992.

TAL, M. Physiological genetics of salt resistance in higher plants. In: STAPLESS, R. C.; TONNIESEN, H. E. (Eds.) **Salinity tolerance in plants**. New York : J. Willey, 1984. p.301-320.

TEERMAAT, A.; MUNNS, R. Use of concentrated macronutrient solutions to separate osmotic from NaCl-specific effects on plant growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne (Austrália), v.13, n.4, p.509-522, 1986.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, Cambridge, UK, v.91, n.5, p.503-527, 2003.

THANOS, C.A.; SKORDILES, A. The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* seeds. **Seed Science & Technology**, Bassersdorf, Switzerland, v.15, p.163-174, 1987.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, Cambridge, UK, v.85, p.391-396, 2000.

TONKIN, J.H.B. Pelleting and other pre sowing treatments. **Advances of Seed Technology**, New York, v.4, p.84-105, 1979.

TORRES, S.B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.29, n.3, p.68-72, 2007.

TORRES, S.B.; VIEIRA, E.L.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da salinidade na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.39-44, 2000.

VAN RENSBURG, L.; KRUGER, G.H.J.; KRUGER, H. Proline accumulation as drought-tolerance selection criterious: its relationships to membrane integrity and chloroplast ultrastructure in *Nicotiana tabacum*. **Journal Plant Physiology**, Leipzig, Germany, v.141, p.188-194, 1993.

VIÉGAS, R.A.; MELO, A.R.B.; SILVEIRA, J.A.G. Nitrate reductase activity and proline accumulation in cashew in response to salt (NaCl) shock. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina (PR), v.11, p.21-28, 1999.

VILLAGRA, P.E. Germination of *Prosopis argentina* and *P. alpataco* seeds under saline conditions. **Plant Cell**, Bethesda (USA), v.37, p.261-267, 1997.

VOETBERG, G.S.; SHARP, R.E. Growth of the maize primary root at low water potentials. III. Role of increased proline deposition in osmotic adjustment. **Plant Physiology**, Waterbury, VT, v.96, p.1125-1130, 1991.

WILD, A. **Russell's soil conditions and plant growth**. 11<sup>a</sup> ed. Londres: Harlow Longman, 1988.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R.; BOGET, N.; SANTOS, M.A.; TORNE, J.M. Polyamine variations in sensitive embryogenic callus of maize as a response to NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina (PR), v.8, n.2, p.161-164, 1996.

WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, Wageningen, v.12, n.1, p.1-15, 1988.

WYN JONES, R.G.; BRADY, C.J.; SPEARS, J. Ionic and osmotic relations in plant cells. In: LAIDMAN D.L., WYN JONES, R.G.(Eds.) **Recent advances in the biochemistry of cereals**. Londres: Academic Press, 1979. p.63-103.

YOUNIS, A.F.; HATATA, M.A. Studies on the effects of certain salts on germination, on growth of root and on metabolism. **Plant and Soil**, Netherlands, v.34, p.183-200, 1971.

ZAPATA, P.J.; SERRANO, M.; PRETEL, M. T.; AMORÓS, A.; BOTELLA, M.A. Changes in ethylene evolution and polyamine profiles of seedlings of nine cultivars of *Lactuca sativa* L. in response to salt stress during germination. **Plant Science**, Chicago, v.164, n.4, p.557-563, 2003.

## 7. APÊNDICES

**APÊNDICE 1.** Dados originais das variáveis medidas do desempenho de sementes nuas e revestidas de azevém anual, em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias).

Trat	Rep	Revest	Conc	Germ	IVE	Dorm	Mortas	Anorm	CPA	CR	PVPA
Nua	1	1	0	75	2,9047	25	0	0	6,563	2,63	0,0063
Nua	2	1	0	75	1,6317	0	25	0	5,745	1,5	0,0054
Nua	3	1	0	75	2,9047	25	0	0	8,437	2,58	0,0094
Nua	4	1	0	50	1,7698	25	0	25	6,53	3,1	0,007
Nua	5	1	0	75	2,1681	0	25	0	5,115	1,432	0,0037
Nua	1	1	48	25	0,8015	25	25	25	4,765	1,01	0,0034
Nua	2	1	48	50	0,7301	25	0	50	6,44	1,27	0,0081
Nua	3	1	48	50	1,4603	0	25	25	5,95	1,15	0,0049
Nua	4	1	48	.	.	.	25	25	.	.	.
Nua	5	1	48	25	0,2316	0	25	50	6,08	1,7	0,0052
Nua	1	1	64	0	0	50	0	25	.	.	.
Nua	2	1	64	50	0,807	25	0	50	8,775	3,13	0,0092
Nua	3	1	64	25	0,8015	25	25	25	8,65	2,4	0,012
Nua	4	1	64	50	1,9364	.	0	50	6,755	3,605	0,0061
Nua	5	1	64	0	0	50	0	25	.	.	.
Nua	1	1	97	0	0	50	25	25	.	.	.
Nua	2	1	97	25	0,0714	50	0	25	3,53	3,74	0,0048
Nua	3	1	97	25	0,2316	75	0	.	5,855	4,275	0,0051
Nua	4	1	97	25	0,8015	25	0	50	8,445	1,57	0,0087
Nua	5	1	97	25	0,2316	50	0	25	6,07	1,655	0,0074
Nua	1	1	129	25	0,8015	50	0	25	7,9	3,2	0,0071
Nua	2	1	129	25	0,9682	50	25	25	.	.	.
Nua	3	1	129	25	0,6586	75	0	0	5,915	2,585	0,006
Nua	4	1	129	25	0,2316	75	0	0	.	.	.
Nua	5	1	129	.	.	.	.	25	.	.	.
Nua	1	1	149	0	0	25	.	25	.	.	.
Nua	2	1	149	.	.	.	25	.	6,582	2,17	0,0057
Nua	3	1	149	25	0,1483	75	0	25	.	.	.
Nua	4	1	149	25	0,8015	50	25	0	11,305	3,365	0,0096
Nua	5	1	149	25	0,2316	50	0	25	6,1	4,91	0,0059
Revest	1	2	0	100	2,6601	0	0	0	8,65	4,497	0,0076
Revest	2	2	0	50	1,6031	25	25	25	9,58	3,737	0,0082
Revest	3	2	0	50	1,0333	25	25	0	6,055	2,032	0,0062
Revest	4	2	0	100	3,2061	0	0	0	6,44	2,646	0,0061

**APÊNDICE 1.** Continuação... Dados originais das variáveis medidas do desempenho de sementes nuas e revestidas de azevém anual, em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias).

Trat	Rep	Revest	Conc	Germ	IVE	Dorm	Mortas	Anorm	CPA	CR	PVPA
Revest	5	2	0	50	0,8015	0	0	25	.	.	.
Revest	1	2	48	75	2,119	25	0	0	6,435	3,742	0,0058
Revest	2	2	48	75	2,119	0	25	0	6,608	2,267	0,0079
Revest	3	2	48	75	1,692	0	25	0	7,845	3,125	0,0082
Revest	4	2	48	75	1,2638	25	0	25	9,652	4,422	0,0116
Revest	5	2	48	50	1,3174	25	0	25	7,995	3,62	0,0079
Revest	1	2	64	25	0,2316	25	0	50	9,2	5,13	0,0097
Revest	2	2	64	50	1,1924	25	25	25	5,235	1,42	0,0059
Revest	3	2	64	25	0,5336	25	25	25	7,6	5,25	0,0073
Revest	4	2	64	100	3,2061	0	0	.	7,357	2,827	0,0083
Revest	4	2	64	100	3,2061	0	0	.	7,357	2,827	0,0083
Revest	5	2	97	.	.	.	25	25	.	.	.
Revest	1	2	97	50	0,2316	75	0	25	5,67	3,8	0,0061
Revest	2	2	97	.	.	.	25	0	8,9	3,025	0,0091
Revest	3	2	97	25	0,2316	50	25	0	6,305	5,995	0,0061
Revest	4	2	97	25	0,8015	25	25	25	10,125	4,53	0,0126
Revest	5	2	129	25	0,8015	25	.	0	7,8	2,965	0,0087
Revest	1	2	129	25	0,8015	25	25	0	4,6	1,145	0,0062
Revest	2	2	129	25	0,5336	50	25	25	.	.	.
Revest	3	2	129	25	0,2316	50	25	0	4,91	1,575	0,0041
Revest	4	2	129	0	0	50	50	0	.	.	.
Revest	5	2	129	0	0	75	25	0	.	.	.
Revest	1	2	145	25	0,2316	50	25	25	5,525	3,4	0,0047
Revest	2	2	145	0	0	50	.	0	.	.	.
Revest	3	2	145	25	0,6586	50	25	0	5,42	4,23	0,0035
Revest	4	2	145	25	0,8015	75	0	0	.	4,05	0,0084
Revest	5	2	145	25	0	50	25	25	.	.	.

**APÊNDICE 2.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes nuas de azevém em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	5	9156,25	1831,25	8,37	0,0002
Erro	21	4593,75	218,75		
Total	26	13750,00			

C.V.= 44,37%

**APÊNDICE 3.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes revestidas de azevém em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	5	14602,67	2920,53	7,16	0,0004
Erro	22	8968,75	407,67		
Total	27	23571,42			

C.V.= 47,11%

**APÊNDICE 4.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	5	3723,21	744,64	4,44	0,0060
Erro	22	3687,50	167,61		
Total	27	7410,71			

C.V.= 55,76%

**APÊNDICE 5.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	5	1807,11	361,42	2,09	0,1028
Erro	23	3968,75	172,55		
Total	28	5775,86			

C.V.= 108,84%

**APÊNDICE 6.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	5	8937,50	1787,50	6,98	0,0006
Erro	20	5125,00	256,25		
Total	25	14062,50			

C.V.= 12,68%

**APÊNDICE 7.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	5	9383,92	1876,78	7,59	0,0003
Erro	22	5437,50	247,15		
Total	27	14821,42			

C.V.= 48,91%

**APÊNDICE 8.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	5	830,35	166,07	1,09	0,3922
Erro	22	3343,75	151,98		
Total	27	4174,10			

C.V.= 125,52%

**APÊNDICE 9.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	5	1379,46	275,89	1,65	0,1897
Erro	22	3687,50	167,61		
Total	27	5066,96			

C.V.= 76,31%

**APÊNDICE 10.** Resumo da análise da variância da variável comprimento da parte aérea de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	5	16,16	3,23	1,18	0,3632
Erro	15	41,00	2,73		
Total	20	57,16			

C.V.= 24,53%

**APÊNDICE 11.** Resumo da análise da variância da variável comprimento da parte aérea de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	5	21,78	4,35	1,89	0,1519
Erro	16	36,83	2,30		
Total	21	58,61			

C.V.= 21,13%

**APÊNDICE 12.** Resumo da análise da variância da variável comprimento da raiz de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	5	10,70	2,14	2,46	0,0809
Erro	15	13,05	0,87		
Total	20	23,76			

C.V.= 36,98%

**APÊNDICE 13.** Resumo da análise da variância da variável comprimento da raiz de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	5	11,57	2,31	1,68	0,1925
Erro	17	23,37	1,37		
Total	22	34,95			

C.V.= 33,95%

**APÊNDICE 14.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	5	0,00002522	0,00000504	1,12	0,3902
Erro	15	0,00006740	0,00000449		
Total	20	0,00009263			

C.V.= 31,57%

**APÊNDICE 15.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	5	0,00003192	0,00000638	1,50	0,2421
Erro	17	0,00007242	0,00000426		
Total	22	0,00010434			

C.V.= 27,89%

**APÊNDICE 16.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	5	13,33	2,66	9,60	<0,0001
Erro	21	5,83	0,27		
Total	26	19,16			

C.V.= 61,00%

**APÊNDICE 17.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	5	11,98	2,39	4,49	0,0057
Erro	22	11,75	0,53		
Total	27	23,74			

C.V.= 72,31%

**APÊNDICE 18.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	0,00	0,00	0,00	1,0000
Erro	8	3500,00	137,50		
Total	9	3500,00			

C.V.= 29,88%

**APÊNDICE 19.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	2347,22	2347,22	14,60	0,0065
Erro	7	1125,00	160,71		
Total	8	3472,22			

C.V.= 22,81%

**APÊNDICE 20.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	1388,88	1388,88	1,56	0,2524
Erro	7	6250,00	892,85		
Total	8	7638,88			

C.V.= 82,74%

**APÊNDICE 21.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	281,25	281,25	2,03	0,1970
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	1250,00			

C.V.= 47,05%

**APÊNDICE 22.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	222,22	222,22	2,07	0,1930
Erro	7	750,00	107,14		
Total	8	972,22			

C.V.= 53,23%

**APÊNDICE 23.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	3,47	3,47	0,03	0,8786
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	972,22			

C.V.= 60,50%

**APÊNDICE 24.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	62,50	62,50	0,40	0,5447
Erro	8	1250,00	156,25		
Total	9	1312,50			

C.V.= 166,66%

**APÊNDICE 25.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	1562,50	1562,50	8,33	0,0203
Erro	8	1500,00	187,50		
Total	9	3062,50			

C.V.= 60,85%

**APÊNDICE 26.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	31,25	31,25	0,18	0,6845
Erro	7	1218,75	174,10		
Total	8	1250,00			

C.V.= 39,58%

**APÊNDICE 27.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	1003,47	1003,47	5,76	0,0474
Erro	7	1218,75	174,10		
Total	8	2222,22			

C.V.= 67,85%

**APÊNDICE 28.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	250,00	250,00	1,60	0,2415
Erro	8	1250,00	156,25		
Total	9	1500,00			

C.V.= 125,00%

**APÊNDICE 29.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	170,13	170,13	0,98	0,3558
Erro	7	1218,75	174,10		
Total	8	1388,88			

C.V.= 95,00%

**APÊNDICE 30.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	62,50	62,50	0,33	0,5796
Erro	8	1500,00	187,50		
Total	9	1562,50			

C.V.= 109,54%

**APÊNDICE 31.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	13,88	13,88	0,07	0,7980
Erro	7	1375,00	196,42		
Total	8	1388,88			

C.V.= 100,91%

**APÊNDICE 32.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	703,12	703,12	3,86	0,0972
Erro	6	1093,75	182,29		
Total	7	1796,87			

C.V.= 48,00%

**APÊNDICE 33.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	420,13	420,13	3,04	0,1250
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	1388,88			

C.V.= 105,87%

**APÊNDICE 34.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	1253,47	1253,47	9,06	0,0197
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	2222,22			

C.V.= 60,50%

**APÊNDICE 35.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	55,55	55,55	0,22	0,6517
Erro	7	1750,00	250,00		
Total	8	1805,55			

C.V.= 29,95%

**APÊNDICE 36.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	0,00	0,00	0,00	1,0000
Erro	8	1500,00	187,50		
Total	9	1500,00			

C.V.= 136,93%

**APÊNDICE 37.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	250,00	250,00	1,60	0,2415
Erro	8	1250,00	156,25		
Total	9	1500,00			

C.V.= 83,33%

**APÊNDICE 38.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	703,12	703,12	3,86	0,0972
Erro	8	1093,75	182,29		
Total	9	1796,87			

C.V.= 48,00%

**APÊNDICE 39.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	420,13	420,13	3,04	0,1250
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	1388,88			

C.V.= 105,87%

**APÊNDICE 40.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	1253,47	1253,47	9,06	0,0197
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	2222,22			

C.V.= 60,50%

**APÊNDICE 41.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	78,12	78,12	0,43	0,5370
Erro	6	1093,75	182,29		
Total	7	1171,87			

C.V.= 86,40%

**APÊNDICE 42.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,43	0,43	0,59	0,4629
Erro	8	5,79	0,72		
Total	9	6,22			

C.V.= 41,15%

**APÊNDICE 43.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	1,78	1,78	8,61	0,0219
Erro	7	1,45	0,20		
Total	8	3,23			

C.V.= 34,92%

**APÊNDICE 44.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,75	0,75	0,67	0,4411
Erro	7	7,90	1,12		
Total	8	8,65			

C.V.= 109,81%

**APÊNDICE 45.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,13	0,13	1,34	0,2853
Erro	7	0,72	0,10		
Total	8	0,86			

C.V.= 84,98%

**APÊNDICE 46.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,27	0,27	2,44	0,1623
Erro	7	0,78	0,11		
Total	8	1,06			

C.V.= 71,45%

**APÊNDICE 47.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,004	0,004	0,03	0,8652
Erro	7	0,92	0,13		
Total	8	0,93			

C.V.= 113,96%

**APÊNDICE 48.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	3,21	3,21	1,50	0,2597
Erro	7	14,97	2,13		
Total	8	18,18			

C.V.= 20,85%

**APÊNDICE 49.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	8,00	8,00	6,76	0,0354
Erro	7	8,29	1,18		
Total	8	16,29			

C.V.= 15,85%

**APÊNDICE 50.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	0,86	0,86	0,41	0,5487
Erro	5	10,52	2,10		
Total	6	11,38			

C.V.= 18,95%

**APÊNDICE 51.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	7,08	7,08	1,95	0,2058
Erro	7	25,48	3,64		
Total	8	32,56			

C.V.= 27,38%

**APÊNDICE 52.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	4,63	4,63	4,59	0,1654
Erro	2	2,01	1,00		
Total	3	6,65			

C.V.= 17,22%

**APÊNDICE 53.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	7,63	7,63	1,38	0,3241
Erro	3	16,54	5,51		
Total	4	24,18			

C.V.= 33,61%

**APÊNDICE 54.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	2,13	2,13	2,55	0,1541
Erro	7	5,84	0,83		
Total	8	7,97			

C.V.= 34,05%

**APÊNDICE 55.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	10,29	10,29	25,48	0,0015
Erro	7	2,82	0,40		
Total	8	13,12			

C.V.= 25,65%

**APÊNDICE 56.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	0,64	0,64	0,29	0,6145
Erro	5	11,13	2,22		
Total	6	11,77			

C.V.= 43,96%

**APÊNDICE 57.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	3,48	3,48	2,00	0,1988
Erro	7	12,18	1,74		
Total	8	15,67			

C.V.= 37,63%

**APÊNDICE 58.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	2,34	2,34	16,68	0,0550
Erro	2	0,28	0,14		
Total	3	2,63			

C.V.= 17,64%

**APÊNDICE 59.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	0,25	0,25	0,62	0,6468
Erro	4	4,15	1,03		
Total	5	4,40			

C.V.= 27,64%

**APÊNDICE 60.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,00000098	0,00000098	0,33	0,5841
Erro	7	0,00000209	0,00000299		
Total	8	0,0000218			

C.V.= 25,96%

**APÊNDICE 61.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,00001843	0,00001843	4,44	0,0731
Erro	7	0,00002905	0,0000415		
Total	8	0,0004748			

C.V.= 29,10%

**APÊNDICE 62.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,0000029	0,00000290	0,58	0,4820
Erro	5	0,00002514	0,00000503		
Total	6	0,00002804			

C.V.= 26,83%

**APÊNDICE 63.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,00000907	0,00000907	1,62	0,2440
Erro	7	0,00003923	0,0000560		
Total	8	0,00004830			

C.V.= 31,05%

**APÊNDICE 64.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	1,96E-6	1,96E-6	1,40	0,3590
Erro	2	2,81E-6	1,40E-6		
Total	3	4,77E-6			

C.V.= 20,26%

**APÊNDICE 65.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,00000353	0,00000353	0,62	0,4745
Erro	4	0,0002269	0,00000567		
Total	5	0,00002622			

C.V.= 37,80%

## 1. INTRODUÇÃO

A salinidade do solo é caracterizada pelo acúmulo, na superfície ou no perfil do solo, de sais em níveis prejudiciais às plantas, ocorrendo em condições de baixa precipitação pluviométrica, alta evapotranspiração, e má drenagem dos solos. Associado a isso, ocorrem altos valores de pH (maior que 7) devido à reação alcalina dos sais. Os solos naturalmente salinos são encontrados em áreas baixas, de regiões áridas e semi-áridas, e em planícies costeiras, originando-se, respectivamente, pela evaporação de água subterrânea salina e por formação de solo em sedimentos marinhos ou periodicamente alagados pelo mar. Durante períodos secos, os sais ascendem com a água capilar, acumulando-se na parte superior do solo na forma de

crostas salinas (Gianello, *et al.*, 1995). A cada chuva, os sais são solubilizados e transferidos para o subsolo. Se o solo apresenta má drenagem, não ocorre a lixiviação dos sais.

Todos os tipos de solos mal drenados e que tenham um acúmulo excessivo de água dentro do seu perfil, na zona das raízes dos cultivos, podem ser considerados hidromorfos, e, estes, na medida em que a precipitação pluviométrica seja menor que a evapotranspiração, e o lençol freático venha carregado de sais, ele se torna também salino (Cando, 1989).

A ocorrência de excesso de sais no solo tem limitado a produção agrícola tanto nas regiões de solos naturalmente salinos, os quais, segundo Larcher (1995), abrangem aproximadamente 6% da superfície continental, como em regiões com solos salinizados.

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta algumas áreas de solos naturalmente salinos que se restringe às áreas de influência de sedimentos marinhos e/ou em contato com águas salinas, sendo mais freqüentes em áreas planas e cotas baixas na planície costeira. Estas áreas de solos salinos do Rio Grande do Sul englobam municípios como Santa Vitória do Palmar, Rio Grande, Jaguarão e Arroio Grande (Streck *et al.*, 2002).

A significância da salinidade do solo para o rendimento da agricultura é enorme (Tester & Davenport, 2003). A importância vai além de solos já naturalmente salinos, uma vez que a proporção de solos salinizados está aumentando em virtude do emprego incorreto de técnicas agrícolas, como adubação excessiva e irrigação mal conduzida, transformando terras férteis e

produtivas em terras impróprias para a agricultura (Almeida, 2001; Tester & Davenport, 2003). A ocorrência de excesso de sais no solo tem limitado a produção agrícola nas regiões áridas e semiáridas principalmente nas áreas irrigadas (Torres *et al*, 2000), já que são regiões que dependem muito da irrigação para garantir um adequado suprimento de água para as culturas (Tal, 1984). A irrigação mal conduzida pode provir do uso de água imprópria para tal finalidade com elevado teor de sódio, ou do uso do tipo de sistema de irrigação inadequado às características do solo.

O processo de salinização do solo por meio da irrigação ocorre ocasionalmente nas lavouras de arroz situadas no litoral do RS, irrigadas com água da Lagoa dos Patos quando esta apresenta alto teor de sódio proveniente da entrada de água salgada do mar nas águas da Lagoa (inversão do fluxo de água) em épocas de baixa precipitação pluviométrica. Este processo se intensifica nos meses de janeiro e fevereiro, o que coincide com o início da fase reprodutiva do arroz, quando as plantas são mais sensíveis à salinidade (Kämpf *et al.*, 1985).

Muitos produtores atualmente estão aderindo à integração lavoura-pecuária para diminuir os seus custos e procurar uma sustentabilidade para o seu sistema de produção. Uma das pastagens mais comumente empregadas para a pecuária, após a lavoura de arroz, no Estado, é o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), por ser altamente adaptado às condições edáfico-climáticas do Estado do Rio Grande do Sul, e proporcionar uma boa resposta no desempenho do rebanho bovino. O Estado do Rio Grande do Sul tem, na pecuária, uma atividade agrícola de extrema importância econômica. A

pesquisa agrícola tem sido constante na busca do conhecimento das plantas forrageiras de alta qualidade e produtividade, e do manejo adequado das mesmas, em condições diversas, para uma boa produção agrícola.

A Organização Mundial de Meteorologia alerta para o fato de que a mudança climática no planeta está agravando e poderá agravar muito mais os processos de desertificação e salinização dos solos em geral e dos campos de cultivo. Segundo constatações e previsões desta organização, as regiões atingidas pela seca estão e estarão aumentando cada vez mais, inclusive na América Latina, podendo ocorrer a degradação dos solos devido à uma alta evapotranspiração contra uma baixa precipitação, condições estas que propiciam os processos de desertificação e salinização dos solos. Estas condições de solo poderão dificultar a alimentação da população mundial a partir de 2020, já que somente 11% da superfície do planeta é cultivável e tem que produzir o suficiente para alimentar a população mundial, que atualmente é de 6,3 bilhões de pessoas, e que, em 2020, segundo estimativas, será de 8,3 bilhões de pessoas.

Neste contexto, a segurança alimentar mundial e a qualidade ambiental tornam-se cada vez mais comprometidas e mais preocupantes, por causa da redução da qualidade dos solos. Frente a isso, adquire cada vez mais importância a busca por soluções para minimizar o efeito sobre a segurança alimentar mundial e a qualidade ambiental.

Diante do exposto, soluções para o problema da salinidade são, a busca ou o conhecimento de espécies que sejam tolerantes à salinidade, e de tecnologias capazes de minimizar este problema, para que as espécies

vegetais possam crescer e produzir nestas condições, garantindo a produção de alimentos. Atualmente se conhecem práticas agrícolas que possam prevenir ou remediar a salinização dos solos, como sistema de drenagem em solos mal drenados, irrigação adequada, e lavagem dos solos. No entanto, outras medidas podem ser adotadas para complementar estas práticas, utilizando plantas tolerantes à salinidade, obtidas através de programas de melhoramento genético, e, como é o propósito deste trabalho, de saber se o revestimento de sementes pode minimizar o efeito do excesso de sais sobre as sementes.

Na busca de plantas tolerantes à salinidade através de melhoramento genético, um aumento no rendimento pode ser obtido ou, na pior das hipóteses, as plantas poderão manter um desenvolvimento satisfatório quando elas se depararem com um subsolo salino (Tester & Davenport, 2003).

Em geral, a salinização do solo afeta negativamente as plantas, principalmente durante a germinação e nos primeiros estádios de crescimento, o estande de plantas, o desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, nos casos mais graves, causa a morte das plântulas (Silva & Pruski, 1997). A fase de germinação é o período crítico de desenvolvimento diante de um estresse salino, para a maioria das espécies.

Desta maneira, é importante que se invista em pesquisas futuras de aproveitamento de regiões com solos afetados por sais, identificando espécies capazes de sobreviverem e produzirem satisfatoriamente nos mesmos (Cavalcante & Perez, 1995), e na busca de tecnologias que minimizem o problema.

Com este trabalho objetivou-se avaliar o efeito da salinidade na

germinação e no vigor de sementes de azevém anual com e sem revestimento, submetidas ao cloreto de sódio, e verificar se o revestimento é capaz de proteger as sementes da ação prejudicial do excesso de sais no solo, para, a partir de então, poder utilizar esta tecnologia de sementes para outras plantas cultivadas, a serem utilizadas em regiões com solos afetados por sais, garantindo um crescimento, pelo menos, satisfatório.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Solos salinos

Os solos salinos do Rio Grande do Sul correspondem às Unidades de Mapeamento de acordo com a classificação de 1973, Lagoa, Mangueira e Taim; com seus respectivos solos de acordo com a classificação atual: Neossolo Quartzarênico hidromórfico típico – RQg 2, Planossolo Nátrico órtico típico – Sno 2, e Organossolo Tiomórfico sáprico salino – Ojs. Estas Unidades de Mapeamento englobam os municípios de Santa Vitória do Palmar, Rio Grande, Jaguarão e Arroio Grande (Streck *et al.*, 2002).

Os solos do litoral são originários de sedimentos recentes. No lado marítimo, predomina o avanço da areia e no lado continental a deposição de partículas transportadas por via fluvial. Os solos do lado marítimo são arenosos, quartzosos, profundos (hidromórficos e não hidromórficos), de fertilidade natural muito baixa. No lado continental, os solos são argilosos, siltosos com horizonte B textural um pouco desenvolvido, com argilas de atividade alta (hidromórficos) (Boldrini, 1997).

No caso de um solo hidromorfo ser também salino, não se pode saber qual o grau de dano nos cultivos pertence ao hidromorfismo e qual pertence a salinidade (Cando, 1989). No caso da salinidade provir do acúmulo de água na zona das raízes das culturas acompanhada de uma baixa precipitação

pluviométrica, o primeiro efeito do excesso de água nos poros do solo é saturar o ar, o que conduz a um déficit de oxigênio; depois é bloquear em grande parte o transporte de gases tendendo a um aumento do conteúdo de gás carbônico. Nestas condições, ocorre uma redução na população de microorganismos aeróbios e a formação de produtos que possam vir a ser tóxicos para as plantas, diferindo-as em termos de resposta a essa condição de estresse, entre espécies, e mesmo entre cultivares (Cando, 1989).

Podem ocorrer problemas físicos pelo excesso de sais na superfície dos solos em forma de cristais, gerando a dispersão das argilas com uma conseqüente desestruturação do solo, prejudicando o desenvolvimento radicular e a emergência das plântulas (Gianello *et al.*, 1995).

Em geral, os maiores teores de sódio ocorrem no subsolo, porém são observadas áreas com manchas esbranquiçadas na superfície, chamadas boleiras. Dependendo do tipo de solo o processo de salinização pode ser irreversível, especialmente nos horizontes subsuperficiais (Kämpf *et al.*, 1985).

Em solos de pH elevado podem ocorrer deficiências de alguns micronutrientes. Com o aumento do pH para níveis acima de 7,0, ocorre baixa disponibilidade de nutrientes como o fósforo e micronutrientes (zinco, cobre, ferro e manganês) devido à predominância de formas insolúveis. Mesmo se houver a adubação com sais solúveis destes elementos, estes serão insolubilizados no solo por causa das reações em condições de pH alto (Gianello *et al.*, 1995).

São formas de se medir a salinidade dos solos: pela condutividade

elétrica, pelo pH, e pela porcentagem de sódio trocável (PST). A condutividade elétrica (CE) é medida do extrato de saturação obtido por filtragem forçada de uma pasta de solo saturada com água, e é expressa em siemens/cm, milisiemens/cm, ou microsiemens/cm, dependendo da magnitude da CE. A CE permite determinar o total de sais solúveis no solo e na água de irrigação, pois os íons em solução conduzem corrente elétrica, e quanto maior a concentração salina, maior a concentração de íons e mais intensa será a corrente elétrica conduzida pela solução. A determinação do total de sais solúveis (TSS) no solo é feita através de:  $TSS \text{ (ppm)} = 640 \times CE$ . A salinidade pode ser detectada no campo pela presença de cristais de sal branco ou pelo sabor; um sabor salgado indica um total de sais solúveis maior que 0,5% (Gianello *et al.*, 1995). A determinação do pH do solo é uma indicação da salinidade do solo, pois os solos salinos geralmente são alcalinos, ou seja, com pH alto (maior que 7) (Gianello, 1995). A porcentagem de sódio trocável (PST) indica a saturação do complexo de troca do solo com o íon sódio. É obtido pela determinação da CTC e do teor de Na trocável:  $PST \text{ (\%)} = Na / CTC \times 100$ . Assim, para um mesmo teor de sódio, quanto menor a CTC, maior será a PST (Gianello *et al.*, 1995).

Com base nestes parâmetros é feita uma classificação dos solos salinos: a) Salino: CE maior que 4 mS/cm, pH menor que 8,5, e PST menor que 15%. B) Sódico: CE menor que 4,0 mS/cm, pH maior que 8,5, e PST maior que 15%. C) Salino/Sódico: CE maior que 4 mS/cm, pH menor que 8,5, e PST maior que 15%. As reações fortemente alcalinas (pH maior que 8,5) ocorrem quando há concentração apreciável de íons Na e íons carbonato e

bicarbonato na solução; neste caso há dispersão de argilas que eluviam formando um horizonte B mais argiloso (Kämpf *et al.*, 1985).

Algumas práticas agrícolas podem reduzir os efeitos da salinidade, tais como: a) utilização de espécies ou cultivares tolerantes à salinização; b) lavagem do excesso de sais solúveis com uma irrigação adequada: usar água livre de sais, e em quantidade suficiente para promover a lixiviação dos mesmos; c) uma boa drenagem do solo permitindo a lixiviação dos sais junto com a água para as camadas mais profundas; d) adubação orgânica ou foliar para manter um bom nível de fertilidade. Os adubos minerais devem ser escolhidos pelo seu índice salino, evitando-se adubos muito solúveis e com alto índice salino (Gianello, *et al.*, 1995).

## **2.2 Efeitos da salinidade na germinação das sementes e no desenvolvimento das plantas**

### **2.2.1 Modo de ação do excesso de sais às sementes e às plantas**

Geralmente, a germinação e o crescimento inicial das plântulas são os estádios de desenvolvimento das espécies vegetais mais sensíveis à salinidade e independem da tolerância da planta mãe ao sal (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989; Ferreira & Rebouças, 1992). Nos casos mais graves, o excesso de sais causa a morte das plântulas (Silva & Pruski, 1997). Na produção agrícola, a germinação das sementes é a etapa fundamental, pois dela depende o estabelecimento das culturas. No entanto, a sensibilidade em arroz, tomate, trigo e cevada, geralmente aumenta após a germinação (Maas &

Hoffman, 1977). A cultura do arroz é mais sensível à toxidez por NaCl no estágio reprodutivo. Cultivares de arroz com alto potencial produtivo, utilizados no RS e SC, não toleram água com teores de NaCl igual ou superior a 0,25%. Lavouras irrigadas com água contendo estes teores de sais, a partir do início da fase reprodutiva, podem reduzir em mais de 50% a produtividade (EMBRAPA, 1999). Trabalhos realizados com arroz irrigado, determinaram que o arroz pode ter uma redução de rendimento de 10% em solo com condutividade elétrica de 5 mS/cm, passando para 50% em solos com condutividade elétrica de 8 mS/cm (EMBRAPA, 1999).

Normalmente, nas espécies vegetais sensíveis à salinidade, o percentual de germinação, a taxa de emergência, o vigor (IVG, comprimento de plântula, peso verde e peso seco da parte aérea e do sistema radicular), são reduzidos à medida em que elas são submetidas ao estresse salino (Aguiar & Pereira, 1980; François, 1985; Oliveira *et al.*, 1998; Shannon *et al.*, 1998; Torres *et al.*, 2000).

Podem ocorrer problemas físicos pelo excesso de sais na superfície dos solos em forma de cristais, gerando a dispersão das argilas com uma conseqüente desestruturação do solo (eluviação), prejudicando o desenvolvimento radicular inicial das culturas, ou até mesmo dificultando ou impedindo a emergência das plântulas (Gianello *et al.*, 1995).

A salinidade, ou seja, o excesso de sais, acarreta problemas fisiológicos às espécies vegetais. O potencial hídrico do solo, ou seja, o estado de energia da água dentro do solo, é influenciado por vários campos de força, determinado pelo potencial gravitacional da água no solo, pelo potencial de pressão que a

água sofre dentro do solo, pelo potencial matricial (interação entre as partículas sólidas do solo (matriz) e a água, e pelo potencial osmótico ou de soluto (quantidade de solutos presente dissolvida na água). O excesso de sais solúveis no solo causa uma elevação da pressão osmótica com uma conseqüente redução do este potencial hídrico induzindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes afetando o processo de embebição pelas mesmas, com influência direta na germinação e no desenvolvimento das plântulas (Rebouças *et al.*, 1989; Santos *et al.*,1992; Cavalcante & Perez, 1995). A inibição da germinação ocasionada pela salinidade, deve-se tanto ao efeito osmótico, ou seja, à seca fisiológica produzida, como ao efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma, promovendo distúrbios fisiológicos à semente, podendo causar sua morte (Mello *et al.*, 1983; Bliss *et al.*,1986, Khatri *et al.*,1991; Santos *et al.*,1992; Fanti & Perez, 1996; Tobe *et al.*, 2000). As sementes são sensíveis aos efeitos da salinidade e, quando semeadas em soluções salinas, observa-se inicialmente uma diminuição na absorção de água (Ferreira & Rebouças, 1992). A toxicidade pode ser devida a um ou mais íons específicos presentes nos sais que estejam no solo, sem que haja excesso na quantidade de sais no solo (Black, 1968). O incremento na concentração salina produz um aumento na porcentagem de plântulas anormais, em virtude da ação tóxica dos sais sobre as sementes (Campos & Assunção, 1990; Santos *et al.*, 1992; Torres *et al.*, 2000).

A salinidade, portanto, influencia o processo de embebição das sementes em germinação, o qual é dependente do gradiente hídrico entre a semente e o meio externo, ou seja, é dependente da diferença que existe entre

o potencial hídrico do meio externo (solo) e o potencial hídrico na semente. Como o potencial osmótico de soluções salinas apresenta valores mais negativos do que aquele apresentado pelas células do embrião, a absorção de água necessária para a germinação das sementes é dificultada.

À medida em que o potencial hídrico do meio germinativo diminui (de 0,0 MPa à -1,5 MPa para muitas espécies cultivadas), há uma redução gradual da germinação e da sua velocidade, até que nenhuma semente germine mais do número total de germinações, e aumenta o número de dias de ocorrência de germinação. Isto revela que as sementes germinam ao longo do tempo, na medida em que as condições hídricas vão se tornando mais adversas até que somente as mais vigorosas germinem. Mantido o aumento da intensidade do estresse, as sementes podem entrar em dormência, uma estratégia importante para a perpetuação da espécie quando em condições extremamente adversas. A faixa de potencial hídrico tolerada para a germinação é bastante variada entre as leguminosas, assim como para o limite de inibição total de germinação, ocorrendo para muitas espécies, este limite, próximo ao ponto de murcha permanente das espécies cultivadas: - 1,5 MPa. Geralmente, sementes que permanecem num meio germinativo com reduzido potencial hídrico, apresentam-se envoltas por uma substância de aspecto gelatinoso liberada por elas mesmas, para reduzir a área de contato com a solução. O reduzido potencial hídrico decorrente do efeito do excesso de sais, pode induzir as sementes à dormência (Cavalcante & Perez, 1995).

No geral, acontece que a velocidade de germinação diminui de acordo com o aumento da concentração de sal do meio onde se encontram as

sementes. O que vale dizer que o tempo médio de germinação das sementes é cada vez maior à medida que se tem uma concentração maior de sais no meio onde se encontram as sementes, ou seja, as sementes levam mais tempo para germinar, levando-se a concluir que o sal afeta a velocidade de germinação das sementes. A redução na porcentagem de germinação e o atraso no início do processo germinativo com o aumento do estresse salino podem estar relacionados com a seca fisiológica produzida, pois quando existe aumento da concentração de sais no meio germinativo, há uma diminuição do potencial osmótico e, conseqüentemente, uma redução do potencial hídrico (Cramer *et al.*, 1986; Tobe *et al.*, 2000).

Dos diversos fatores ambientais capazes de influenciar o processo germinativo, a disponibilidade de água é o mais importante. A água não é apenas o fator iniciante da germinação, mas também, está envolvida, direta ou indiretamente, em todas as demais etapas do metabolismo subsequente. Sua participação é decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização e no transporte de metabólitos e como reagente na digestão hidrolítica de proteínas, carboidratos e lipídios dos tecidos de reserva da semente (Carvalho & Nakagawa, 1988; Woodstock, 1988; Mayber & Poljakoff-Mayer, 1989). De acordo com Prisco *et al.* (1981), a inibição da mobilização das reservas pode ser atribuída aos efeitos dos sais sobre a síntese “de novo” e atividade das enzimas responsáveis pela hidrólise e translocação dos produtos hidrolizados dos tecidos de reserva para o eixo embrionário, afetando deste modo o processo germinativo.

De acordo com Sá (1987), a menor absorção de água pelas sementes

atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e, com isso, as plântulas resultantes desse meio, com menor grau de umidade, apresentam menor desenvolvimento, caracterizado por menores comprimentos de plântula e menor acúmulo de peso da matéria seca. A diminuição da germinação de sementes submetidas ao estresse hídrico é atribuída à redução da atividade enzimática, a qual provoca menor desenvolvimento meristemático e atraso no mesmo e na emergência da radícula. Internamente, a presença do excesso de solutos na planta reduz a energia livre da unidade de massa de água, ainda que a massa absoluta de água na planta não possa ser reduzida depois que a planta tenha se ajustado com o excesso de sais presente externamente (Black, 1968).

A redução na absorção de água pelas plantas em virtude do excesso de sais presente no solo, expresso em termos de pressão osmótica, seria um efeito primário do estresse salino. Depois de um longo período de tempo, diferenças na absorção de solutos pelas plantas, sendo reflexo de mudanças na composição interna das plantas, seria um efeito secundário do estresse salino. Se as diferenças na composição interna eventualmente resultam em diferenças na quantidade de matéria seca produzida, isto seria um outro efeito secundário do estresse salino (Black, 1968).

A presença de altos níveis de íons em espécies não halófitas pode exercer efeitos adversos na permeabilidade da membrana (Greenway & Munns, 1980). A quantidade de íons presentes na água de embebição afeta indiretamente o vigor das sementes, baseando-se no fato de que o vigor está relacionado à integridade do sistema de membranas celulares (Marcos Filho *et*

*al.*, 1987). Durante o processo de embebição, há liberação de solutos citoplasmáticos em intensidade proporcional ao estado de desorganização das membranas. Assim,

as sementes mais deterioradas ou danificadas liberam maiores quantidades de exsudatos (Lima *et al.*, 2005). Desta maneira, o vigor das sementes pode ser medido através da condutividade elétrica da água de embebição das sementes.

O estresse salino representa um dos mais sérios fatores que limitam o crescimento e a produção das culturas, induzindo a modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas superiores (Izzo *et al.*, 1991).

Com o aumento da concentração de sais no solo, o potencial osmótico pode tornar-se tão baixo a ponto de ocorrer a perda de água da planta para o solo, processo conhecido como dessecação osmótica.

### **2.2.2 Os sais nocivos**

De acordo com Ferreira (1997), os sais de alta solubilidade são os mais nocivos, porque as sementes, ao absorverem água do substrato, absorvem também os sais que, por excesso, provocam toxidez e, conseqüentemente, acarretam distúrbios fisiológicos às sementes, produzindo decréscimo no potencial de germinação.

A concentração de vários sais pode ser elevada no solo. Por exemplo, a irrigação pode elevar a concentração de carbonato de cálcio e de magnésio, enquanto que em áreas com influência de sedimentos marinhos ou com precipitação pluviométrica menor que a lixiviação dos sais, os solos podem ter elevada concentração de cloreto de sódio. Entre os elementos que contribuem

para a salinização dos solos, estão o cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, enxofre e o íon carbonato (Agboola, 1998; Freire, 2000).

Os sais comumente encontrados em solos salinos são, cloretos, sulfatos, nitratos, carbonatos e bicarbonatos de íons alcalinos e alcalinos terrosos (Black, 1968; Gianello *et al.*, 1995). Os sais de alta solubilidade são cloretos e sulfatos de sódio e magnésio; e os pouco solúveis, aqueles que possuem o elemento cálcio, que são mais difíceis de chegar a atingir níveis prejudiciais às plantas na solução do solo. O carbonato e o bicarbonato de sódio, além da alta solubilidade, têm reação alcalina que promovem a elevação do pH do meio (Gianello *et al.*, 1995).

De acordo com Younis & Hatata (1971) além da concentração do sal, a composição iônica da solução salina têm importância na germinação das sementes, por causa dos efeitos tóxicos específicos de alguns cátions sobre as sementes.

Todos os sais podem afetar o crescimento das plantas, mas nem todos inibem o crescimento. Assim, os sais não agem sozinhos no solo, mas interagem com seus efeitos nas plantas: algumas das interações são simples (interação entre Na e Ca), enquanto que muitas são complexas (carbonatos e seus efeitos através do aumento do pH) (Tester & Davenport, 2003).

Entre os mais comuns efeitos da salinidade dos solos está a inibição do crescimento pelo sódio e cloro, sendo mais importante o efeito causado pelo sódio. Para muitas plantas, o sódio é retido nas raízes e caules, e o cloro acumulado freqüentemente inibe a fotossíntese. Em cultivos de gramíneas, o

sódio é a primeira causa de um dano tóxico (Tester & Davenport, 2003).

### **2.2.3 Distúrbios fisiológicos causados pelos sais às espécies vegetais**

#### **2.2.3.1 Produção ou redução de solutos**

Em concentrações elevadas, os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  causam intumescimento do protoplasma, afetando a atividade enzimática, causando alterações quantitativas e qualitativas no metabolismo, o que resulta em baixa produção de energia, distúrbios na assimilação do nitrogênio, alterações no padrão de aminoácidos e no metabolismo das proteínas (Freire, 2000).

Um dos mecanismos pelos quais o NaCl pode inibir a germinação é que, o excesso deste reduz os níveis endógenos das poliaminas putrescina e espermidina. A poliamina putrescina é um regulador da síntese e atividade de várias enzimas responsáveis por vários processos celulares, entre eles, está o processo de germinação. E a poliamina espermidina é considerada um regulador de crescimento de plantas atuando na divisão e diferenciação celular (Galston & Kaursawhney, 1987). Em sementes, a espermidina está envolvida na permeabilidade da membrana, estabilidade de DNA, RNA, proteínas e balanço iônico (Willadino *et al.*, 1996). Estas evidências levam a supor que estas poliaminas estejam presentes nas fases iniciais da germinação, podendo ser essenciais para este processo (Fonseca & Perez, 2001). A presença de poliamina putrescina pode aumentar a atividade das enzimas, conseqüentemente, das hidrolases, controlando o aumento do conteúdo de água das sementes. Segundo Hebling (1997), a síntese ativa de poliaminas

precede ou ocorre paralelamente à síntese de macromoléculas, estimulando vários processos associados com a síntese de ácidos nucleicos e proteínas; portanto, a redução na quantidade de macromoléculas e no crescimento do eixo, induzidos pela salinidade, pode ser devida, pelo menos em parte, ao decréscimo na síntese de poliaminas.

A composição quantitativa de aminoácidos livres na planta pode ser afetada pela salinidade do meio germinativo. Em alguns trabalhos (Shevyakova *et al.*, 1985; Willadino *et al.*, 1996; Torres *et al.*, 2000) foi observado que concentrações elevadas de NaCl pode promover, de uma maneira geral, um acúmulo de arginina, glutamina e glutamato (precursores da arginina), ácido  $\gamma$ -aminobutírico, alanina, prolina, além de um aumento no número total de aminoácidos. Foi verificado no trabalho de Camara *et al.* (2000), que o maior acúmulo de prolina livre nos calos de milho de W64Ao2, submetidos ao estresse salino, coincidiu com uma maior taxa de crescimento desses calos. Constatou-se no trabalho de Delauney & Verma (1993), que a prolina parece fazer frente ao efeito inibidor do NaCl sobre o crescimento, contribuindo para uma maior adaptação das plantas e tecidos submetidos a condições adversas. O aumento na concentração de prolina livre em condições de estresse é amplamente documentado, tanto em estresse hídrico (Voetberg & Sharp, 1991; Van Rensburg *et al.*, 1993) como em estresse salino (Bourgeais-Chaillou & Guerrier, 1992; Cachorro *et al.*, 1993). Entre as diversas funções atribuídas à prolina em tecidos vegetais submetidos a estresse destacam-se a osmorregulação, a manutenção do pH citoplasmático, a proteção contra a desnaturação de enzimas, o seqüestro de radicais livres, além de servir como

reserva de carbono e nitrogênio e ser um dos produtos de desintoxicação do íon amônio (Bellinger *et al.*, 1991; Alia *et al.*, 1993; Fedina *et al.*, 1994). Resultados de pesquisa mostram que a via metabólica das poliaminas e da prolina está interligada em condições de estresse salino.

O estresse salino pode ter influência nos sistemas isoenzimáticos durante o processo de germinação, elevando ou reduzindo as atividades das enzimas glutamato desidrogenase e peroxidase. Estas enzimas são importantes para o ajustamento osmótico das células, o que nos leva a inferir que a redução das atividades destas enzimas confere à espécie ou variedade uma sensibilidade ao estresse salino (Kumar *et al.*, 2000; Dash & Panda, 2001).

Estas enzimas, glutamato desidrogenase e peroxidase, estudadas em quatro variedades de *Stylosanthes guianensis*, apresentam comportamentos diferenciados quando submetidas ao estresse causado pelo efeito salino. Nas quatro variedades de estilosantes, *canenscens*, *pauciflora*, *microcephala* e *vulgaris*, consideradas moderadamente tolerantes à salinidade (Quecini *et al.*, 2002), não houve alteração quanto ao número e mobilidade de glutamato desidrogenase em experimento eletroforético, porém ocorreu apenas uma diferença de intensidade em uma banda na variedade *pauciflora*, aumentando a atividade da enzima. Na análise da enzima peroxidase, ocorreu a perda da atividade da enzima nas variedades *pauciflora* e *vulgaris*, quando submetidas ao cloreto de sódio, enquanto nas variedades *canenscens* e *microcephala* ocorreu a manutenção da atividade da enzima, consideradas estas últimas, mais adaptadas ao estresse salino, em relação às outras duas variedades. Nas

variedades *canescens* e *pauciflora* ocorreu a redução no número de bandas, enquanto que nas outras o número permaneceu o mesmo quando submetidas ao cloreto de sódio (Gonela *et al.*, 2004). Deste modo, pode-se inferir que, dentre as quatro variedades de estilosantes, a *microcephala* é a mais adaptada ao estresse salino.

### 2.2.3.2 Desbalanço entre cátions

O excesso de  $\text{Na}^+$  e de  $\text{Cl}^-$  no protoplasma ocasiona distúrbios em relação ao balanço iônico de  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  bem como no efeito específico destes íons sobre as enzimas e membranas (Larcher, 2000).

O sódio apresenta uma grande habilidade de competir com o íon potássio por locais essenciais para as funções celulares. Mais de 50 enzimas são ativadas pelo potássio e o sódio não tem como substituí-lo nestas funções (Bhandal & Malik, 1988). Além do mais, a síntese de proteínas requer altas concentrações de potássio devido ao requerimento de potássio para ligar o RNAt aos ribossomos e provavelmente outros aspectos da função dos ribossomos (Wyn Jones *et al.*, 1979; Blaha *et al.*, 2000). Portanto, altas concentrações de sódio ou a proporção alta de Na: K podem interromper vários processos enzimáticos no citoplasma, e a síntese de proteínas. O  $\text{Na}^+$  ao competir com o  $\text{K}^+$  no transporte de substâncias através da membrana plasmática, reduz a integridade da mesma (Franco *et al.*, 1999).

Os íons  $\text{Ca}^+$  são essenciais na manutenção da integridade da membrana plasmática e contribuem para a diminuição do extravazamento de  $\text{K}^+$ , o qual é responsável pela síntese de proteínas, amido e ativação de muitas enzimas no

processo (Catalan *et al.*, 1994; Franco *et al.*, 1999). No entanto, há um desvio de rota do  $\text{Ca}^{2+}$ , estando este íon envolvido na sinalização da resposta ao estresse osmótico e iônico, relacionado com o estresse salino. O cloreto de sódio provoca um rápido e temporário aumento no cálcio citosólico que desencadeará rotas de transdução de sinais, incluindo a regulação da atividade enzimática, atividade de canais iônicos e expressões de genes, os quais resultarão em diversas respostas celulares (Snedden & Fromm, 1998 e 2001) e intermediarão a adaptação aos sais (Bressan *et al.*, 1998; Liu & Zhu, 1998; Serrano *et al.*, 1999). Deste modo ocorrerá um desbalanço de  $\text{Ca}^{2+}$  na membrana plasmática e a redução da sua integridade.

### **2.2.3.3 Efeito tóxico**

O efeito tóxico dos sais sobre às sementes, deve-se ao fato de que o excesso de íons se concentra no protoplasma, promovendo distúrbios fisiológicos à semente, podendo causar a sua morte (Fanti & Perez, 1996; Tobe *et al.*, 2000).

Cada íon exerce efeito danoso específico. Há evidências de efeitos específicos tóxicos de sódio, magnésio, cálcio, cloreto, bicarbonato e sulfato. Entre os cátions, efeitos específicos parecem ser mais freqüentes com sódio e menos freqüente com cálcio. E entre os ânions, efeitos específicos parecem ser mais freqüentes com cloreto e menos freqüentes com sulfato. O ânion cloreto é o mais freqüentemente responsável, que os outros íons específicos, pelo crescimento reduzido das plantas em solos salinos (Black, 1968).

De acordo com Black (1968), o conhecimento do efeito específico produzido por um determinado íon requer informações suplementares para se atingir tal êxito, uma vez que o efeito causado por um íon pode ser devido à uma exclusão parcial de outros íons, ou pode ser devido a um efeito metabólico produzido pelo íon que foi absorvido em excesso pela planta. Os processos metabólicos celulares são complexos e inter-relacionados, assim que não é fácil determinar o ponto onde o dano causado pelo íon começou.

#### **a) Na**

O teor inicial de sódio nos solos na concentração de 200 ppm já apresenta uma certa restrição ao cultivo, acima de 250 ppm ocorrem danos às culturas, e acima de 350 ppm torna-se inapropriado ao cultivo (Informação pessoal – Amaral, 2007).

Para muitas plantas (cultivos de gramíneas) o sódio é a primeira causa de um dano específico (Tester & Davenport, 2003). A toxicidade do sódio é associada com o acúmulo do íon sódio no tecido das folhas e resulta em necrose das folhas mais velhas, começando na extremidade e na margem das folhas e se estendendo para a base. A redução do crescimento e do rendimento ocorre como resultado da diminuição do tempo de vida da folha, reduzindo progressivamente a produtividade líquida e o rendimento da cultura (Munns, 2002). A extensão do dano é função da taxa de acumulação do íon sódio nas folhas. As raízes mantêm relativamente constante o nível de NaCl todo o tempo, e o regulam exportando para o solo ou para a parte aérea. O sódio é transportado para a parte aérea através do rápido movimento de

transpiração pelo xilema, mas pode retornar para as raízes via floema. Esta recirculação do sódio da parte aérea para as raízes é limitada, pois se observa nitidamente o progressivo acúmulo do íon nas folhas mais velhas.

Alguns efeitos da alta concentração de sódio no solo pode também resultar em uma deficiência de outros nutrientes (Silberbush & BenAsher, 2001), ou de interações com outros fatores ambientais, como a seca, o qual pode ajudar ainda mais no problema da toxicidade pelo sódio. A deficiência de outros nutrientes pode ocorrer porque a elevada concentração de sódio inibe a absorção de outros nutrientes interferindo nos canais transportadores da membrana plasmática das raízes, como os canais seletivos de potássio, por causa da inibição do crescimento das raízes, decorrente do efeito osmótico do sódio e da desestruturação do solo (Wild, 1988). O que ajuda também a dificultar a absorção de outros nutrientes é a presença do crescimento de microorganismos do solo como fungos micorrizas, além do que o próprio efeito osmótico do sal inibe a absorção de água que nela estão dissolvidos os nutrientes.

O metabolismo tóxico do sódio é em grande parte o resultado do desbalanço entre os cátions sódio e potássio, conforme já explicado anteriormente. A interrupção da síntese de proteína pela elevada concentração de sódio parece ser uma importante causa do dano pelo sódio.

A toxicidade celular do sódio causa um outro problema osmótico. As plantas têm que manter um potencial hídrico mais baixo que o solo para que ocorra a absorção de água e nutrientes nela dissolvidos para o seu crescimento. Isto requer um incremento na pressão osmótica interna que pode

ser resolvida com a absorção de solutos do solo ou com a síntese metabólica de solutos (compatíveis). Assim, os componentes da salinidade (Na ou Cl) coloca um dilema para a planta: solutos obtidos com menor gasto energético são Na e Cl, porém eles são tóxicos para o citosol; e solutos sintetizados metabolicamente não são tóxicos, porém são muito mais custosos energeticamente (Tester & Davenport, 2003).

#### **2.2.4 Modificações anatômicas das plantas, causadas pelo excesso de sais**

Com o excesso de sais no solo, a camada de cutícula da folha das plantas fica mais espessa, a proporção do tecido condutivo vascular é reduzida, e a espessura da parede celular das células deste tecido é aumentada (Black, 1968).

Altas concentrações de NaCl no solo promove um incremento na espessura do mesófilo das folhas, tanto para espécies sensíveis como para espécies tolerantes. A espessura do mesófilo das folhas é incrementada com a salinidade devido a um aumento no comprimento das células paliçádicas e ao aumento no número de camadas de células esponjosas. O diâmetro das células esponjosas tende a aumentar com a salinidade tanto em espécies sensíveis, como em moderadamente sensíveis e tolerantes ao sal (Longstreth & Nobel, 1979).

A proporção área anatômica superficial do mesófilo pela área foliar ( $A_{mes} / A$ ), aumenta conforme aumenta a salinidade, porém este aumento é maior para espécies sensíveis, como por exemplo ocorre em *Phaseolus*

*vulgaris*, e menor para espécies tolerantes, como por exemplo ocorre em *Atriplex patula* (Longstreth & Nobel, 1979). Maiores comprimentos das células paliçádicas e mais camadas esponjosas resultam em uma maior proporção da área anatômica do mesófilo com a área foliar para espécies sensíveis e moderadamente sensíveis ao sal (*Phaseolus vulgaris* e *Gossypium hirsutum*). Para a espécie tolerante ao sal, *Atriplex patula*, esta proporção não aumenta com a salinidade, porque as células paliçádicas aumentam em diâmetro também, assim como o comprimento (Longstreth & Nobel, 1979).

A relação (Ames / A) aumenta mais rapidamente com a salinidade nas espécies que são mais sensíveis ao sal (Longstreth & Nobel, 1979).

De acordo com Dillenburg *et al.* (1986), o excesso de sais no solo ocasionou em *Blutaparon portulacoides*, uma espécie pioneira muito freqüente no litoral do Rio Grande do Sul, uma maior densidade estomática com estômatos menores e uma maior espessura das folhas (maior succulência) devido ao aumento do tamanho das células do parênquima aquífero. Esta mudança na anatomia da planta decorre da necessidade da mesma em reservar água para o seu crescimento, já que ela terá dificuldade de absorver água do solo.

### **2.2.5 Parâmetros que são afetados pela salinidade**

#### **a) Germinação**

Várias espécies, como *Vigna unguiculata* Walp. (Enéas Filho *et al.*, 1995), *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996), *Prosopis juliflora* (SW)

D.C. (Perez & Moraes, 1994; Freire *et al.*, 2001), *Adenantha pavonina* (Fonseca & Perez, 2001), e *Chorisia speciosa* (Fanti & Perez, 2004), exibem decréscimo na porcentagem de germinação à medida que aumenta a concentração de NaCl, o que equivale dizer que a germinação diminui devido ao potencial osmótico ser cada vez mais negativo. A germinação máxima das sementes em presença de solução salina menos concentrada e sendo inferior estatisticamente ao tratamento controle, indica a sensibilidade das sementes aos sais.

A beterraba é altamente tolerante à salinidade durante a maior parte do ciclo de vida, mas é sensível durante a germinação (Marschner, 1995). Em contraste, a sensibilidade em arroz, tomate, trigo e cevada, geralmente aumenta após a germinação (Maas & Hoffman, 1977).

Para sementes de *Chorisia speciosa*, (paineira) a porcentagem de germinação apresenta decréscimos significativos em presença dos sais cloreto de sódio, cloreto de potássio e cloreto de cálcio a partir do potencial osmótico de -0,6 MPa (Fanti & Perez, 2004). Nos potenciais osmóticos de -0,8 e -1,0 MPa, observa-se decréscimos mais acentuados da porcentagem de germinação quando as sementes estão embebidas nas soluções de cloreto de sódio e cloreto de cálcio, indicando maior sensibilidade a estes sais. O limite máximo de tolerância ao estresse salino apresentado pelas sementes de paineira é o mesmo para os três sais e está situado entre -1,0 MPa e -1,2 MPa. Sementes de paineira não apresentam um limite elevado de tolerância ao estresse salino, podendo esta espécie ser classificada como glicófita, com moderada tolerância aos sais NaCl, KCl e CaCl<sub>2</sub>. Porém, estas sementes são

mais sensíveis ao NaCl e CaCl<sub>2</sub> em relação ao KCl (Fanti & Perez, 2004).

As sementes de *Leucaena leucocephala* apresentam um limite máximo de tolerância de potencial hídrico para germinação, entre -1,5 MPa e -1,6 MPa, apresentando germinabilidade e velocidade de germinação em uma ampla faixa de potencial hídrico (Cavalcante & Perez, 1995).

A germinação é inibida para *Prosopis juliflora* a -1,9 MPa (Perez & Moraes, 1991), *Acácia* ssp. a -0,6 MPa (Choinski & Tuohy, 1991), *Glycine max* a -1,5 MPa (Santos *et al.*, 1992), *Triticum aestivum* a -2,1 MPa (Ashaf & Abu-Shakra, 1978), *Cratylia floribunda* a -1,7 MPa (Barrueto Cid, 1978), *Stylosanthes humilis* a -1,9 MPa (Delachiave, 1984), *Pinus halepensis* a -2,1 MPa (Thanos & Skordiles, 1987) e *Kochia indica* a -0,1 MPa (Khatri *et al.*, 1991).

Para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Cavalcante & Perez, 1995) a germinabilidade (arco seno  $\sqrt{\text{ }}$  %) máxima se deu até à presença de 75 mM de NaCl (97,5%). Um limite máximo suportável ao NaCl foi estimado, para as sementes de leucena, entre 300 e 330 mM, revelando uma larga faixa de aceitação ao NaCl pelas sementes de leucena para a germinação, conferindo-lhe uma certa tolerância a este sal, e, ao baixo potencial hídrico. Quanto às sementes de leucena que não germinaram nas concentrações 250, 300 e 330 mM, quando fornecidas condições ótimas à germinação, evidenciou-se indução à dormência pelo NaCl. Desta forma, em alguns casos, o NaCl pode induzir as sementes à dormência. As sementes que, anteriormente, estavam em contato com soluções bastante concentradas, apresentavam-se embebidas e envoltas por uma substância de aspecto gelatinoso liberado por elas mesmas, o que

indica uma tentativa de reduzir o contato com as condições estressantes, e, assim, manterem-se viáveis por um período maior de tempo.

Segundo Lima *et al.* (2005), em sementes de cultivares de arroz há um decréscimo na porcentagem de germinação na contagem final aos 14 dias em função do aumento da concentração salina, afetando o desenvolvimento de plântulas normais e reduzindo a viabilidade e o vigor das sementes.

Torres *et al.* (2000) verificaram que em sementes de pepino cv. Rubi, a partir do potencial osmótico de -0,4 MPa, os efeitos deletérios do excesso de sal começam a causar reduções significativas na germinação, chegando a reduzir em 36% a porcentagem de germinação no potencial osmótico de -0,8 MPa. Com base nestes resultados, pode-se afirmar que o aumento da concentração de NaCl afeta, de forma prejudicial, o processo de germinação de sementes de pepino. Para os resultados de primeira contagem da germinação, verifica-se que, com a redução do potencial osmótico no substrato de germinação, a porcentagem de plântulas normais foi significativamente reduzida. Esta redução foi da ordem de 88% quando se compara o potencial osmótico não salino (0,0 MPa) com o potencial osmótico -0,8 MPa. Comparando-se os resultados da primeira contagem de germinação com os de germinação na contagem final, verifica-se que à medida em que se reduziram os potenciais osmóticos das soluções, os resultados da primeira variável foram mais afetados. Este fato tornou-se mais evidente em potenciais osmóticos inferiores a -0,4 MPa. Ocorrência semelhante também foi relatada por Braccini *et al.* (1996) com sementes de soja, sob potencial osmótico de -0,9 MPa. A redução do potencial osmótico resultou num aumento crescente da ocorrência

de plântulas anormais, sendo os maiores percentuais observados nos potenciais osmóticos -0,6 MPa e -0,8 MPa. Resultados similares foram encontrados por Santos *et al.* (1992) para sementes de soja, quando verificaram um aumento significativo no número de plântulas anormais em função do aumento da concentração salina no substrato de germinação.

De acordo com Fonseca & Perez (2001), o limite máximo de tolerância das sementes de *Adenantha pavonina* aos sais KCl e CaCl<sub>2</sub> fica entre -1,2 MPa e -1,4 MPa. Já para o sal NaCl, este limite de tolerância é maior, entre -1,4 e -1,5 MPa. Neste trabalho, observou-se a seguinte ordem decrescente de toxidez dos sais: KCl → NaCl → CaCl<sub>2</sub>. Estes diferentes sais causam efeitos diferentes na porcentagem de germinação de sementes de *Adenantha pavonina*: KCl é mais tóxico, causa 40% de germinação; NaCl medianamente tóxico, causando 44% de germinação; e CaCl<sub>2</sub> se mostra menos tóxico, causando 49% de germinação. Porém, estes diferentes sais não causam diferença na velocidade de germinação.

## **b) Vigor**

### **b.1) Índice de Velocidade de Germinação: IVG**

Para as sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Cavalcante & Perez, 1995) a velocidade de germinação diminui de acordo com o aumento da concentração de NaCl na solução, sendo observado que a máxima velocidade de germinação se dá na concentração de 25 mM de NaCl, sendo superior estatisticamente do controle. Isto sugere que se pode conseguir um

aumento da velocidade de germinação das sementes de leucena com a utilização de soluções de NaCl a 25 mM, após escarificação de 40 minutos e incubação adequada. As sementes de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham apresentam uma germinação com relativa tolerância à salinidade, condizendo com Rab *et al.* (1989) quanto à mesma espécie, e com Misra *et al.* (1988) quanto à *Leucaena diversifolia*.

Experimentos realizados com *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996), *Cnidoscopus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. (Silva *et al.*, 2001), *Prosopis juliflora* (SW) D.C. (Freire *et al.*, 2001) e o cultivar de arroz BRS Agrisul (Lima *et al.*, 2005), mostraram que há uma queda no IVG das mesmas, com o aumento da concentração de NaCl, sugerindo que, as mesmas, apresentam sensibilidade ao sal, e levando a concluir que conforme aumenta a salinidade, diminui o índice de velocidade de germinação e, portanto, o vigor das sementes. Já para os cultivares de arroz BRS 6 Chuí, BRS Bojurú e IAS 12-9 Formosa, os IVGs das suas sementes permaneceram praticamente constantes com o incremento da salinidade, sugerindo uma certa tolerância ao sal destes cultivares. Com estes dados, observa-se que, pode haver uma variação do IVG, na sensibilidade à salinidade, entre cultivares de mesma espécie (Lima *et al.*, 2005).

### **b.2) Comprimento de Plântula**

Em geral, há uma redução do comprimento de plântula à medida que diminui o potencial osmótico das soluções com NaCl: em plântulas de pepino o comprimento das mesmas é expressivamente afetado a partir do potencial

osmótico – 0,4 MPa (Torres *et al.*, 2000). Porém, nos cultivares de arroz BRS 6 Chuí e IAS 12-9 Formosa, a altura da plântula não é influenciada pela concentração salina (Lima *et al.*, 2005).

### **b.3) Massa Fresca e Massa Seca**

A salinidade provoca uma redução drástica na produção de matéria seca por planta em espécies sensíveis à salinidade, como por exemplo, em *Phaseolus vulgaris*, cuja produção de biomassa declina drasticamente com salinidade até 0,1 molal de NaCl, não sobrevivendo acima desta concentração. A salinidade provoca, também, uma redução drástica na produção de matéria seca por planta em espécies moderadamente sensíveis, porém essas espécies toleram uma concentração de sal um pouco maior, como por exemplo, em *Gossypium hirsutum*, cuja produção de biomassa declina drasticamente a partir de 0,1 molal até 0,3 molal de NaCl, não sobrevivendo acima de 0,3 molal de NaCl. E, para espécies tolerantes aos sais, a salinidade provoca um declínio gradual na produção de matéria seca, como por exemplo, em *Atriplex patula*, cuja produção de biomassa declina gradualmente de 0,0 a 0,4 molal de NaCl (Longstreth & Nobel, 1979).

O peso da massa seca das plântulas de pepino sofreu redução progressiva com a redução do potencial osmótico das soluções de NaCl, observando que, a partir de potenciais osmóticos inferiores a -0,4 MPa houve maior decréscimo na absorção de água pelas sementes, acarretando uma redução gradual no peso da massa seca das plântulas, quando comparados ao controle (0,0 MPa), evidenciando o efeito prejudicial do incremento de NaCl no

substrato de germinação sobre o crescimento das plântulas de pepino. Com base nestes resultados, existem potenciais osmóticos negativos da solução do substrato com NaCl que provocam a redução do desempenho das sementes. Seria necessário ter mais pesquisa acerca do estabelecimento das plântulas de pepino em solos afetados por sais, para que possa permitir uma seleção mais criteriosa de espécies tolerantes à salinidade. Como conclusão a que se chega, é: a diminuição progressiva do potencial osmótico de NaCl do substrato é prejudicial à germinação e, principalmente, ao desenvolvimento das plântulas; a partir do potencial osmótico -0,4 MPa os efeitos se acentuam (Torres *et al.*, 2000).

Oliveira *et al.* (1998) constataram para os cultivares de melão Eldorado 300, Amarelo Agroceres e Honey Dew reduções no peso da massa fresca total e de raiz, nos níveis 6,20 e 9,16 dS /m (equivalente a 78,74 mM e 116,33 mM de NaCl) de salinidade.

Cordeiro *et al.* (1999) constataram que a utilização de água salina com níveis 4 a 8 dS/m (equivalente a 50,8 mM e 101,6 mM de NaCl) não comprometeram a produtividade de beterraba, demonstrando que esta espécie vegetal apresenta alta tolerância à salinidade, durante o período vegetativo.

O estresse localizado em uma parte afeta mais a outra parte, porque a planta envia mais assimilados para o local do estresse para aumentar o crescimento desse órgão, para superar problemas de sal, em detrimento da outra parte. De modo geral, em substrato salino, o crescimento da parte aérea é mais afetado do que o crescimento das raízes. Parece que o fator decisivo é o sinal fitohormonal advindo das raízes (Teermaat & Munns, 1986). Assim, a

relação entre a matéria seca da parte aérea e raízes decresce com o aumento na concentração salina (Lima *et al.*, 2005). Nas plantas sensíveis aos sais, o crescimento das raízes é retardado enquanto houver o estresse, e parece ser uma resposta ao efeito osmótico do que propriamente à um efeito tóxico (Munns, 2002).

Para ilustrar esta teoria, Lima *et al.* (2005) apresentaram dados mostrando que o cultivar de arroz BRS Bojurú apresenta uma queda na produção de matéria seca da parte aérea em contrapartida com um acentuado e linear incremento na produção de matéria seca das raízes em função do aumento da concentração salina. Este fato leva a concluir que este cultivar apresenta uma certa tolerância à salinidade, alocando mais assimilados no sistema radicular, de modo a superar problemas de sal. Assim, para um cultivar tolerante ao sal, a matéria seca e o comprimento das raízes aumentam com a concentração salina, enquanto que a matéria seca e o comprimento da parte aérea diminuem.

Para um cultivar sensível ao sal, de um modo geral, a produção de massa seca, o comprimento da parte aérea e do sistema radicular diminuem com a presença de sal.

#### **2.2.6. Sintomas do estresse salino nas plantas: exteriorização do distúrbio**

Plantas que crescem em ambientes salinos tendem a ser relativamente pequenas no tamanho, mas, geralmente não há um sintoma distintivo nas suas folhas. Contudo, em algumas ocasiões pode acontecer sintomas como,

coloração verde-escura das folhas em virtude de apresentarem uma maior quantidade de clorofilas, maior espessura das folhas em virtude de apresentarem uma camada mais espessa de cutícula, redução no tamanho das folhas, amarronzamento da extremidade, porção marginal ou porção interior das folhas, mosaico das folhas, enrolamento das folhas e amarelecimento das folhas (Black, 1968).

A produtividade das plantas reduz drasticamente. De acordo com Black (1968), a produtividade de toronjas caiu de 250 kg por árvore em condições boas, para 50 kg por árvore em condições de estresse salino. De acordo com este mesmo autor, passados alguns anos com a mesma severidade, as árvores de toronjas apresentaram em seu topo parte da madeira morta, folhas pequenas, folhas apresentando amarelecimento em vários graus, e amarronzamento da extremidade das folhas muito evidente.

Sintomas foliares devido à salinidade são associados com altas concentrações de sódio, e especialmente de cloro nas folhas. As concentrações de cloro nas folhas produzem uma injúria visível que se reduz assim que a temperatura do ar aumenta.

#### **2.2.7. Mecanismos de tolerância ao estresse salino**

Segundo Mayer & Poljakoff-Mayber (1989), plantas com baixa tolerância à salinidade nos vários estádios de desenvolvimento, incluindo a germinação, são denominadas glicófitas e as mais tolerantes, halófitas. Uma característica importante das halófitas é que suas sementes permanecem dormentes, sem perda de viabilidade, em altas concentrações salinas, e depois, germinam

prontamente quando a concentração de sal é reduzida.

A resistência à salinidade é descrita como a habilidade de evitar que excessivas quantidades de sal, provenientes do substrato, alcancem o protoplasma, e também, de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento da concentração de sais (Larcher, 2000). A habilidade do protoplasma de tolerar altas concentrações de sal depende da compartimentalização seletiva dos íons que entram na célula. A maior parte dos íons provenientes dos sais acumulam-se nos vacúolos, processo que reduz a concentração de sais a que o citoplasma está submetido, com proteção do sistema de enzimas dos efeitos do estresse salino. O equilíbrio osmótico entre o citoplasma e os diferentes compartimentos celulares, como o vacúolo, é mantido por meio da síntese de compostos orgânicos com atividade osmótica (Larcher, 2000). Este mecanismo de tolerância ao estresse salino, é conhecido como osmorregulação, o qual, em outras palavras, inclui um aumento na concentração de solutos nas células, desempenhando um papel fundamental no equilíbrio osmótico e na manutenção da estabilidade de algumas macromoléculas e na proteção de enzimas em presença de elevadas concentrações de eletrólitos no citoplasma, mantendo a integridade da membrana (Greenway & Munns, 1980; Freire, 2000). Dentre os solutos orgânicos que se acumulam no citoplasma em resposta ao estresse, carboidratos solúveis e/ou aminoácidos (Larcher, 2000), destaca-se a prolina (Kuznetsov & Shevyakova, 1997; Viégas *et al.*, 1999), polióis e açúcares (Freire, 2000). Tem-se demonstrado uma correlação positiva entre a acumulação de prolina e a tolerância ao estresse salino. Assim, a acumulação

de prolina pode também ser interpretada como sintoma de danos causados na planta pelo estresse (Hasegawa *et al.*, 1986; Das *et al.*, 1990). A prolina parece fazer frente ao efeito inibidor do NaCl sobre o crescimento, contribuindo para uma maior adaptação das plantas e tecidos submetidos a condições adversas (Delauney & Verma, 1993). Deste modo, o acúmulo de solutos no citoplasma com função de osmorregulação, é uma adaptação fisiológica das plantas tolerantes a ambientes salinos. Assim como o armazenamento de água, a redução da transpiração, a compartimentalização e diluição dos íons, são também adaptações fisiológicas das plantas a ambientes salinos.

Além do efeito osmótico e tóxico, a tolerância à salinidade envolve o grau de tolerância do protoplasma a um distúrbio no balanço iônico, associado ao estresse salino, o qual depende da espécie vegetal, do tecido e do vigor (Cramer *et al.*, 1986; Larcher, 2000).

A tolerância de uma planta individual, espécie ou variedade, à salinidade aumenta com sua capacidade de se ajustar à uma alta pressão osmótica interna; e decresce com sua sensibilidade para este ajustamento. Plantas nativas de ambientes salinos apresentam uma capacidade notável para este ajustamento. As plantas conhecidas como halófitas, tolerantes à salinidade, normalmente desenvolvem uma pressão osmótica interna na ordem de 3 a 5 MPa, e se desenvolvem melhor em solos salinos do que em não salinos. Plantas cultivadas apresentam uma maior sensibilidade para este ajustamento, porém, ainda apresentam uma considerável capacidade para se ajustar à pressões osmóticas internas.

Como adaptações anatômicas das plantas a ambientes salinos, incluem

uma maior espessura das folhas, ou seja, uma maior succulência, as folhas ficam carnosas, uma maior densidade estomática com estômatos menores, uma maior espessura da camada de cutícula, a redução do tecido condutivo vascular e uma maior espessura da parede celular das células deste tecido (Black, 1968; Dillenburg *et al.*, 1986).

Um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância das plantas ao estresse salino é a observação da capacidade germinativa das sementes nessas condições (Larcher, 2000), pois a germinação é a fase mais crítica do desenvolvimento da planta ao estresse salino. Diferenças no rendimento sob condições salinas freqüentemente refletem diferenças no vigor das plantas. Melhoramento para se obter maior vigor das plantas em condições de estresse salino é a medida mais efetiva para aumentar o rendimento nos solos salinos (Richards, 1992).

A inibição da embebição das sementes induzida pela salinidade pode ser aliviada, algumas vezes, pela adição exógena de giberelina (17 ppm). No entanto, este regulador do crescimento não tem efeito na germinação diante de altas concentrações de sais, acima de 400 mM de NaCl (Bewley & Black, 1985).

A identificação de genes relacionados com a capacidade de adaptação ou tolerância ao estresse salino é essencial nos programas de melhoramento, mas pouco se conhece sobre os mecanismos genéticos quanto à tolerância salina (Hurkman, 1992).

A tolerância das plantas à salinidade do solo não é uma característica fixa de cada espécie ou variedade, pode variar com as condições ambientais

(Black, 1968). A vernalização pode conferir um grau de tolerância à salinidade pela planta conseguir se desenvolver mais cedo (Taeb *et al.*, 1992).

Um fator edáfico de considerável importância em relação à tolerância das plantas aos sais é a localização dos sais no solo. Depois de um período de seca ocorre uma mancha de concentração de sais na superfície do solo. Ocorrendo crescimento das plantas na camada superficial salina do solo, sugere que as espécies são relativamente tolerantes à salinidade. E, depois de uma chuva ou irrigação, um solo pode ficar salino em toda a zona das raízes com exceção da camada superficial do solo. Ocorrendo crescimento das plantas nestas condições, e com as raízes se concentrando mais nas camadas superficiais do solo, sugere que a espécie seja relativamente sensível à salinidade (Black, 1968).

Há uma classificação de espécies de plantas quanto à sua resistência à salinidade e ao íon sódio. As classes são: Tolerantes, toleram uma condutividade elétrica (CE) de 8 a 12 mS./cm, englobando espécies como centeio, capim bermuda, algodão, tamareira e beterraba; Moderadamente tolerantes (CE = 6 a 8 mS./cm), englobando espécies como centeio forrageiro, aveia, centeio, sorgo, soja, capim Sudão, cornichão, e trigo; Moderadamente sensíveis (CE = 4 a 6 mS./cm), englobando espécies como alfafa, trevo, milho, ervilha, batata, arroz e alface; e a última classe, Sensíveis (CE = 0 a 4 mS./cm), englobando espécies como feijoeiro, macieira, limoeiro, moranguinho, laranjeira e cenoura (Gianello *et al.*, 1995).

### **2.3 Análise da qualidade fisiológica das sementes**

Entre as formas de medir a germinação em condições experimentais, está a porcentagem de germinação, a qual, informando apenas o número total de sementes germinadas em relação ao número de sementes postas a germinar, não reflete o comportamento germinativo do lote, podendo este parâmetro variar entre lotes de mesma porcentagem de germinação, pois os tempos, a distribuição da germinação e o vigor podem ser diferentes. Para estas situações, existem medidas que quantificam a germinação sob um ponto de vista cinético, isto é, informando quanto tempo foi necessário para determinado lote de sementes germinar (Ferreira & Borghetti, 2004).

Estudos desenvolvidos têm demonstrado que outras características fisiológicas da semente, além do poder germinativo, podem influir decisivamente não só no estabelecimento de uma população inicial no campo, como também sobre todo o ciclo da planta e sobre a produtividade. A soma dessas características fisiológicas mais sutis é atualmente denominada “vigor” da semente. O vigor da semente é uma característica fisiológica determinada pelo genótipo e modificada pelo ambiente. É avaliado através de uma série de testes, diretos ou indiretos, entre os quais estão a velocidade de germinação e de emergência, comprimento da plântula, peso da matéria verde e da matéria seca das plântulas (Popinigis, 1977). Quanto maiores os valores destes parâmetros, mais vigorosas são as sementes e as plantas por elas originadas. Há um princípio que diz que, de um modo geral, sementes mais vigorosas podem tolerar condições adversas, como estresse hídrico, salino, nutricional, e ataques de pragas e doenças.

O vigor das sementes pode também ser medido através da

condutividade elétrica do extrato das sementes. Baseia-se no princípio de que à medida que a semente se deteriora, ocorre a liberação de eletrólitos dos tecidos da semente, ocorrendo um aumento da permeabilidade da membrana e reduzindo o vigor das sementes. Sementes que liberam uma maior quantidade de eletrólitos, apresentam uma maior condutividade, indicando maior permeabilidade das membranas, e, portanto, uma deterioração mais avançada e menor vigor.

Um índice freqüentemente usado é o índice de velocidade de germinação, simbolizado por IVG, que, quando se considera o critério agrônomo, é dado por IVE (índice de velocidade de emergência), em que o número de plântulas normais é contabilizado a cada dia, relacionando o número de plântulas emergidas por unidade de tempo. Neste critério agrônomo de interpretação dos dados de germinação, considera-se germinação a emergência e a formação de plântula vigorosa no solo ou no substrato utilizado. Entretanto este critério inclui não apenas o processo germinativo *per se*, mas também a velocidade de crescimento e a profundidade da semente no solo, fatores que influem consideravelmente na emergência da plântula (Ferreira & Borghetti, 2004).

Um teste rápido e confiável da viabilidade de sementes, que dura algumas horas, é o Teste de Tetrázólio. Este teste mede a atividade metabólica da semente quiescente. Baseia-se em avaliar a atividade de enzimas do grupo desidrogenases, as quais são responsáveis pelos processos de redução nos tecidos vivos. Utiliza o sal trifeníl-cloreto de tetrázólio em solução aquosa, incolor. As sementes são colocadas, cortadas ao meio, para embebição nessa

solução. Penetrando nas sementes vivas, nas quais as desidrogenases encontram-se ativas, o sal é reduzido para formazan, que é uma substância vermelha, insolúvel e estável. Nas sementes mortas, as desidrogenases estão inativas e os tecidos permanecem incolores, ou de coloração escura, de vermelho intenso a preto. Não só a cor dos tecidos que deve ser cuidadosamente observada na interpretação de um teste, mas também a turgência dos tecidos, ausência de fraturas localizadas em regiões vitais, como áreas de divisão celular, contusões, cavidades de insetos, etc., devem ser levados em consideração, ao observar tanto as partes da semente, como a semente como um todo. Muitas sementes não são nem completamente vivas nem completamente mortas. É necessário o conhecimento da relação das estruturas da semente com as estruturas da plântula para interpretar a importância dos tecidos não-coloridos da semente. Basta somente um pequeno ponto totalmente morto, interrompido ou omissos em uma posição vital, como o ponto de ligação das raízes e cotilédones, para tornar não-germinativa uma semente que, não fora isso, seria sadia. Portanto, na prática, a interpretação do teste de tetrazólio nas sementes é baseada em um padrão de coloração específico para cada classe de semente que se está trabalhando, para determinar se a semente é germinável ou não (Delouche, 1976).

#### **2.4. Revestimento de sementes**

Com a necessidade de aperfeiçoar os sistemas de produção de alimentos e garantir a produtividade, o homem, desde os tempos remotos, está sempre em busca do desenvolvimento de técnicas que melhorem a qualidade

de suas sementes. Neste sentido, o revestimento de sementes constitui uma das técnicas da Tecnologia de Sementes mais prometedoras (Sampaio & Sampaio, 1994).

O objetivo principal do revestimento é o de melhorar o comportamento da semente, tanto do ponto de vista fisiológico como econômico. Entre os objetivos da aplicação destas técnicas de revestimento, as características intrínsecas das espécies trabalhadas são os fatores determinantes de seu uso. Como por exemplo, o pequeno tamanho e reduzido peso das sementes hortícolas e forrageiras, e a necessidade de proteção fitossanitária dos cereais (Sampaio & Sampaio, 1994).

A semeadura mecânica pode ser facilitada com o emprego de sementes que sejam uniformes ou possuam um peso suficiente para fluírem mais facilmente em uma semeadora de precisão (Sampaio & Sampaio, 1994).

A técnica do revestimento vai desde a aplicação de um fungicida em pó até o recobrimento com várias camadas superpostas, dependendo do objetivo a ser alcançado. A técnica de revestimento de sementes é um mecanismo de aplicação de materiais, inertes ou não, sobre as sementes com o objetivo de se obter um conjunto de características favoráveis ao redor e no micro-ambiente de cada semente, que em condições naturais não seriam alcançadas (Sampaio & Sampaio, 1994), de maneira que afetem a semente, o solo ou a superfície comum a ambos (solo/ambiente), permitindo, assim, a oportunidade de acondicionar e influir sobre o micro-ambiente de cada semente (Scott, 1989). Desta maneira, o propósito desta técnica é de melhorar a semeadura e/ou o desenvolvimento ou sobrevivência de espécies cultivadas (Hathcock,

1984). O revestimento de sementes adquire sua importância na medida em que se torna um potencial necessário para resolver questões fundamentais, como a proteção das sementes contra ataques exteriores, o fornecimento de nutrientes, oxigênio, reguladores de crescimento e/ou aplicação localizada de herbicidas, entre outros; mas sobretudo, permitir uma semeadura de precisão nos cultivos problemáticos de instalação direta no campo (Sampaio & Sampaio, 1994).

Com os rápidos avanços ocorridos com a Tecnologia de Sementes no que se refere ao recobrimento de sementes, algumas confusões terminológicas ocorrem. Termos como sementes recobertas, sementes revestidas, sementes encrustadas, sementes peletizadas e afins, são trocados freqüentemente. A semente revestida se refere à consecução de uma fina superfície sólida ou líquida, mediante a aplicação de sólidos dissolvidos ou suspensos, de tal forma que dê lugar à aparição de uma capa que cubra a cobertura natural da semente. As sementes assim tratadas mantêm-se individualizadas modificando o peso e a forma original (Sampaio & Sampaio, 1994).

Tonkin (1979), avaliou a precisão na colocação da semente revestida no solo, como um método para o estabelecimento de plântulas de cenoura, cebola, alface e beterraba açucareira, concluindo que com o uso de sementes recobertas pode-se conseguir populações ótimas, com altas taxas de emergência e com a mínima utilização de mão-de-obra.

Uma vantagem adicional, no caso da semeadura direta sobre o solo com vegetação preexistente, é que as sementes recobertas possuem uma

capacidade muito maior de penetrar no interior desta vegetação, favorecendo seu estabelecimento (Sampaio & Sampaio, 1994).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), sob condições não controladas (condições ambientais), no período de maio a agosto de 2007.

As sementes de azevém anual utilizadas são provenientes do município de Júlio de Castilhos, Rio Grande do Sul, colhidas em 2006.

Utilizou-se sementes nuas e sementes revestidas de azevém anual. O revestimento utilizado consistiu de material a base de farelo de madeira, o qual aumentou o tamanho e peso da semente mas manteve seu formato. A Empresa RIGRANTEC<sup>®</sup> foi responsável pelo revestimento das sementes, com tecnologia protegida. Antes de iniciar o experimento, as sementes de azevém anual foram analisadas quanto à pureza, umidade, e porcentagem de germinação, sendo que as sementes nuas apresentaram uma pureza de 97%, umidade de 15%, e germinação de 81%. As sementes revestidas apresentaram uma umidade de 10%. As sementes de azevém foram submetidas à superação de dormência por pré-esfriamento na temperatura de 5 a 10°C por 8 dias. Testou-se cinco concentrações de cloreto de sódio (48, 64, 97, 129, 145 mM) além da testemunha. Foram utilizadas cinco repetições em cada tratamento. O sal utilizado foi o cloreto de sódio para a análise (P.A.) da Quimex, com uma porcentagem de 99% do sal.

O potencial osmótico das diferentes soluções de cloreto de sódio, com as diferentes concentrações, foi medido diretamente em um equipamento de laboratório conhecido por “Vapor Pressure Osmometer” (VAPRO), modelo 5520, da Wescor Indústria. A correlação entre as concentrações de NaCl e potencial osmótico da solução encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Correlação entre concentração de NaCl e potencial osmótico da solução.

NaCl (mM)	Potencial osmótico (MPa)
0,0	0,0
48	-0,8
64	-0,9
97	-1,4
129	-2,1
145	-2,2

Quatro sementes foram semeadas a uma profundidade de 2 cm, em cada copo plástico de 700 ml, utilizando-se um substrato composto de uma mistura de areia e vermiculita, na proporção de 2:1, sendo mantidos sobre uma bancada com incidência direta de luz solar. Frequentemente realizava-se um rodízio entre os mesmos. A quantidade de água a ser irrigada por unidade experimental seguiu os critérios das Regras de Análise de Sementes (Brasil, 1992), ou seja, foi calculada em função da capacidade de retenção de água do substrato composto, correspondendo a 50% desta capacidade de campo do solo, para as sementes de azevém. Os substratos foram irrigados com a

solução salina, e a reposição da mesma foi feita sempre de acordo para se chegar a 50% da capacidade de campo, através de diferenças de pesagem dos substratos, tarefa executada aproximadamente de dois em dois dias.

As avaliações feitas foram: porcentagem de emergência, velocidade de emergência, porcentagem de sementes mortas, sementes dormentes, e de plântulas anormais, comprimentos da parte aérea e das raízes das plântulas e peso da massa fresca da parte aérea das plântulas. A contagem final foi realizada aos 14 dias.

O número de sementes germinadas e emergidas e o número de dias para a germinação e emergência, foram avaliados através de contagens diárias em todos os tratamentos. Foi avaliado o número de dias que as sementes levaram para germinar e emergir a contar da data de semeadura, para posterior avaliação da velocidade de emergência, através do IVE. Este índice indica o somatório dos índices diários os quais representam o número de sementes que germinaram ou emergiram a cada dia dividido pelo número de dias que as sementes levaram para germinar e emergir:  $IVE = E1/N1 + E2/N2 + E3/N3 + \dots + En/Nn$ . Desta equação resulta um índice que relaciona o número de sementes germinadas e emergidas por unidade de tempo.

O comprimento da parte aérea e das raízes das plântulas foi obtido medindo-se as mesmas com a ajuda de um paquímetro. Os resultados foram expressos em centímetros e obtidos no final do experimento quando se processou a coleta das partes.

O peso da massa fresca da parte aérea das plântulas foi obtido no final do experimento, logo após a coleta das plântulas. As plântulas foram retiradas

cuidadosamente dos substratos para que as raízes não quebrassem e não tivessem nenhum resquício de substrato, e separadas as partes aéreas das suas respectivas raízes. As partes aéreas foram pesadas, separadamente, em balança de precisão de 0,0001g; plântula por plântula cada uma em suas respectivas repetições.

As sementes não germinadas foram analisadas através do Teste de Tetrazólio, com a finalidade de determinar o número de sementes mortas e dormentes após o experimento. As sementes foram primeiramente embebidas em água destilada com duração de 14 a 18 horas. Após, foram cortadas ao meio com o auxílio de um estilete e colocadas, apenas a metade de cada semente, à embebição em sal de tetrazólio a 0,5% de diluição, com duração de quatro a cinco horas, para a posterior leitura na lupa. A leitura do Teste de Tetrazólio das sementes de azevém foi realizada com base no padrão de coloração das sementes de pensacola, conforme Delouche (1976).

No caso das sementes revestidas, houve a necessidade de descascá-las, ou seja, foi retirado o revestimento das mesmas com o auxílio de um estilete para poder executar o referido teste.

As plântulas anormais foram avaliadas com base nas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 1992).

O experimento foi conduzido em delineamento completamente casualizado, sendo a análise estatística dos dados obtidos (Análise de variância) realizada com o auxílio do programa computacional SAS. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Duncan a nível de 5% de significância.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as porcentagens de emergência, sementes dormentes, sementes mortas, plântulas anormais, comprimentos da parte aérea e de raiz, peso da massa fresca da parte aérea e índice de velocidade de emergência de sementes nuas de azevém anual, em função de diferentes concentrações de NaCl, em condições ambientais, durante 14 dias.

Pode-se observar que houve um decréscimo significativo na porcentagem de emergência das sementes nuas de azevém, com a adição de NaCl no substrato, reduzindo o desenvolvimento de plântulas normais. Reduções na porcentagem de germinação causadas pela simples presença ou aumento nas concentrações de sais, tem sido documentadas por vários autores, em muitas espécies, tais como, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae) (Tobe *et al.*, 2000), *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996), *Kalidium indica* (Khatri *et al.*, 1991), soja (Santos *et al.*, 1992), *Vigna unguiculata* Walp. (Enéas Filho, 1995), *Adenanthera pavonina* (Fonseca & Perez, 2001), *Chorisia speciosa* (Fanti & Perez, 2004), melão (Aguiar & Pereira, 1980), cultivares de abóbora White Bush, Scallop e Aristocrat Succhini (François, 1985), cultivares de arroz (Lima *et al.*, 2005), pepino cv. Rubi (Torres *et al.*, 2000), alface (*Lactuca sativa* L.) (Zapata *et al.*, 2003), *Salicornia rubra* Nels (Khan *et al.*, 2000), duas espécies de algaroba (*Prosopis alpataco* e *P. Argentina*) (Vilagra,

1997), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Jeller & Perez, 1997), mamão (*Carica papaya* L.) cv. Havaí (Costa *et al.*, 2000); sendo que cada espécie ou cultivar

TABELA 2. Porcentagem de emergência, plântulas anormais, sementes dormentes, sementes mortas, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), peso da massa fresca da parte aérea (PFPA) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes nuas de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Porto Alegre – RS, 2008.

Concentração NaCl (mM)	Emergência (%)	Anormais (%)	Dormentes (%)	Mortas (%)
	<i>Médias</i>			
0	70,00 a	5,00 c	15,00 cd	10,00 a
48	37,50 b	35,00 a	12,50 d	20,00 a
64	25,00 b	35,00 a	37,50 bc	5,00 a
97	20,00 b	31,25 ab	50,00 ab	5,00 a
129	25,00 b	15,00 bc	62,50 a	6,25 a
145	18,75 b	18,75 abc	50,00 ab	12,50 a
C.V.	44,37	55,76	12,68	125,52
Concentração NaCl (mM)	CPA (cm)	CR (cm)	PFPA (g)	IVE
	<i>Médias</i>			
0	6,48 a	2,25 ab	0,006360 a	2,27 a
48	5,81 a	1,28 b	0,005400 a	0,80 b
64	8,06 a	3,04 a	0,009100 a	0,70 b
97	5,97 a	2,81 ab	0,006500 a	0,26 b
129	6,91 a	2,89 ab	0,006550 a	0,66 b
145	7,99 a	3,48 a	0,007067 a	0,29 b
C.V.	24,53	36,98	31,57	61,00

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

apresenta sensibilidades distintas à ação dos sais, mostrando limites de tolerância diferentes (Galina, 2004). Sabe-se que com o excesso de sais no solo, há uma elevação da pressão osmótica com uma conseqüente redução do potencial hídrico, induzindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes, afetando o processo de embebição pelas mesmas, com influência direta na germinação e no desenvolvimento das plântulas (Santos *et al.*, 1992;

Cavalcante & Perez, 1995). Como o potencial osmótico das soluções salinas apresenta valores mais negativos do que aquele apresentado pelas células do embrião, a absorção de água necessária para a germinação das sementes é dificultada. Nos dados de emergência, observou-se que a partir de 48 mM de NaCl, os efeitos deletérios do excesso de sal causaram reduções significativas na germinação e emergência das sementes de azevém, chegando a provocar queda de 51,25 pontos percentuais da germinação sob 145 mM (Tabela 2). A partir da concentração de 48 mM não ocorreram diferenças significativas entre as concentrações. Com base nestes resultados, pode-se afirmar que a presença de NaCl afeta, de forma prejudicial, o processo de germinação e emergência de sementes de azevém.

Diante do percentual de germinação original das sementes de azevém anual recebidas para a execução deste experimento, que foi de 81%, observou-se uma diferença entre este percentual original e o percentual de emergência das sementes nuas (Tabela 2). Esta diferença provavelmente pode resultar dos fatos: a) no experimento com o substrato areia-vermiculita, algumas sementes conseguiram germinar mas não conseguiram emergir; b) a presença da vermiculita pode ter causado uma retenção de água, tornando-a menos disponível para as sementes.

O aumento na concentração salina provocou aumento da ocorrência de plântulas anormais até 64 mM de NaCl, verificando-se uma redução nas maiores concentrações (97, 129 e 145 mM). Coincidentemente, houve um aumento na porcentagem de sementes dormentes, o que nos leva a crer que as maiores concentrações de sal podem induzir as sementes de azevém à

dormência, já que não houve aumento na porcentagem de sementes mortas, normais e anormais. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos *et al.* (1992), em sementes de soja, Torres *et al.* (2000), em sementes de pepino e Torres *et al.* (2007), em sementes de melancia. Estes autores verificaram aumentos significativos no número de plântulas anormais, em função do aumento da concentração salina no substrato de germinação. Vários autores (Campos & Assunção, 1990; Santos *et al.*, 1992; Torres *et al.*, 2000) constataram que o incremento na concentração salina produziu um aumento na porcentagem de plântulas anormais, em virtude da ação tóxica dos sais sobre as sementes, resultante da concentração de íons no protoplasma, ocasionando distúrbios fisiológicos à semente, podendo causar até a sua morte. Assim, o alto teor de sais no solo, especialmente o NaCl, pode inibir a germinação, em função dos efeitos osmótico e tóxico (Bliss, 1986). Essa toxicidade pode ser devida a um ou mais íons específicos presentes nos sais que estejam no solo, sem que haja excesso na quantidade de sais no solo (Black, 1968).

Houve um aumento significativo na porcentagem de sementes dormentes (Tabela 2) à medida que aumentou a concentração de NaCl, sendo que os maiores percentuais foram observados a partir de 64 mM. Esta resposta coincide com o reportado por Cavalcante & Perez (1995), os quais explicam que, o reduzido potencial hídrico decorrente do efeito do excesso de sais, pode induzir as sementes à dormência. Deste modo, com o aumento da concentração salina, as sementes encontram-se em condições de maior estresse, e tendem, cada vez mais a entrar em dormência, de modo a preservar sua espécie.

Não houve diferenças significativas entre tratamentos com relação a porcentagem de sementes mortas, no entanto, observou-se que nas maiores concentrações de NaCl, o percentual de sementes mortas de azevém foi um pouco menor (Tabela 2). Este resultado condiz com a resposta das sementes de leucena à salinidade, sendo o percentual de sementes mortas desta espécie reduzido nas maiores concentrações de sais, e, conseqüentemente, nos menores potenciais hídricos (Cavalcante & Perez, 1995). Em contrapartida, Martinelli-Seneme *et al.* (2000) constataram que nas sementes de milho, à medida que os potenciais osmóticos diminuem (cada vez mais negativos), isto é, quando as concentrações de sais se tornam maiores, há um aumento significativo nas porcentagens de sementes mortas.

Os efeitos sobre o peso da massa fresca da parte aérea das plântulas foram semelhantes aos verificados sobre o comprimento da parte aérea, ou seja, não houve diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 2), contrariando resultados obtidos por Queiroga *et al.* (2006) em sementes de híbridos de melão e Torres *et al.* (2000), com sementes de pepino, sob vários níveis de salinidade e potenciais osmóticos, respectivamente. Segundo Sá (1987), a menor absorção de água pelas sementes atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e, com isso, as plântulas resultantes apresentam menor desenvolvimento, caracterizado por menores comprimentos de plântulas e menor acúmulo de peso de massa seca. Torres *et al.* (2007) também constataram que o comprimento de plântulas de melancia foi afetado negativamente com a redução dos potenciais osmóticos das soluções; a partir do potencial osmótico -0,4 MPa o efeito foi severo. Em contrapartida,

para os cultivares de arroz BRS 6 Chuí e IAS 12-9 Formosa, o comprimento da parte aérea também não foi influenciado pela concentração salina (Lima *et al.*, 2005).

Com relação ao comprimento da raiz, houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2). Este resultado também foi observado em outras espécies, tais como, pepino (Torres *et al.*, 2000), soja (Santos *et al.*, 1992; Braccini *et al.*, 1996), arroz e feijão (Galina, 2004), para as quais o aumento na concentração de sal inibiu o comprimento da raiz das plântulas. Já para um cultivar de arroz, BRS Bojurú, o comprimento da raiz aumentou com o incremento no teor de NaCl até a concentração de 100 mM, apresentando, este cultivar, uma maior tolerância ao sal quando comparado com outras cultivares estudadas (Lima *et al.*, 2005). Segundo Popinigis (1977), o comprimento da raiz das plântulas é uma medida do vigor das sementes. Assim, nesta situação, considerando somente esta variável, o aumento da concentração de NaCl não inibiu o vigor das sementes de azevém. Muito pelo contrário, os maiores comprimentos de raiz nas concentrações de 64 e 145 mM indicaram que houve uma superação da plântula de azevém à condição de estresse salino imposta, mostrando que o azevém pode apresentar uma certa tolerância ao sal, na fase de plântula. Ocorreu um aumento no comprimento da raiz no sentido de aumentar a área superficial específica da mesma para atingir uma maior área de contato com a solução do substrato de germinação, a fim de conseguir absorver uma maior quantidade de água. De acordo com Teermat & Munns (1986), o crescimento da parte aérea é mais afetado do que o crescimento de raízes. Parece que o fator decisivo é o sinal fitohormonal advindo das raízes

para a parte aérea, e esta, envia assimilados para a raiz de modo a superar os problemas com o excesso de sais. Conforme Munns (2002) e Izzo *et al.* (1991), para espécies tolerantes aos sais, o crescimento de raízes não é inibido, e a maior tolerância das raízes aos sais contribui para a tolerância das plantas aos mesmos.

A velocidade de emergência é o primeiro parâmetro afetado pela redução da disponibilidade de água para as sementes. Em azevém, o índice de velocidade de emergência diminuiu com a presença de cloreto de sódio, levando-se a concluir que, a presença de NaCl diminuiu a velocidade de emergência e, portanto, o vigor. Os efeitos tornaram-se marcantes a partir da concentração de 48 mM de NaCl (Tabela 2). Resultados similares foram encontrados em *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit (Cavalcante, 1993), trigo (Damiani *et al.*, 2003) e cevada (Silva, 2005). O índice de velocidade de emergência nas plântulas de beterraba das cvs. Maravilha e Early Wonder 2000 decresceram, enquanto que na cv. Scarlet Supreme o IVE não foi afetado pelo NaCl até a concentração de 40 mM (Abreu, 2005). Esta redução na velocidade de germinação de sementes sob efeito da presença de sais, também foi observada em sementes de *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996), *Cnidoculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. (Silva *et al.*, 2001), *Prosopis juliflora* (SW) D.C. (Freire *et al.*, 2001), e arroz cv. BRS Agrisul (Lima *et al.*, 2005). Já para as cultivares de arroz BRS 6 Chuí, BRS Bojurú e IAS 12-9 Formosa, o índice de velocidade de germinação permaneceu praticamente constante com o incremento da salinidade, sugerindo uma certa tolerância destes cultivares ao sal. Com estes dados, observou-se que pode haver uma

variação do IVG, na sensibilidade à salinidade, entre cultivares de mesma espécie (Lima *et al.*, 2005). Estas respostas ajudam a reforçar a teoria de que o sal diminui a viabilidade e o vigor das sementes em espécies relativamente sensíveis ao sal; já que o índice de velocidade de germinação é uma das formas usuais de medir o vigor das sementes.

A Tabela 3 apresenta as porcentagens de emergência, sementes dormentes, sementes mortas, plântulas anormais, comprimentos da parte aérea e da raiz, peso da massa fresca da parte aérea e índice de velocidade de emergência de sementes revestidas de azevém anual, em função de diferentes concentrações de NaCl, em condições ambientais, durante 14 dias. Nesta Tabela, também se observou uma redução significativa na porcentagem de emergência das sementes revestidas de azevém, com a adição de NaCl ao substrato. No entanto, ao contrário das sementes nuas, onde a porcentagem de emergência foi menor a partir de 64 mM de NaCl, nas sementes revestidas isto ocorreu a partir de 97 mM. Não ocorreu diferenças significativas entre as concentrações a partir de 97 mM. É provável que o revestimento tenha dificultado um pouco a penetração do sal nas menores concentrações de NaCl. Esta menor porcentagem de plântulas normais foi acompanhada de um aumento nas porcentagens de sementes dormentes e de sementes mortas.

Verifica-se, nesta Tabela 3, que a porcentagem de emergência somente começa a ser reduzida, significativamente, na concentração de 64 mM, decaindo conforme vai aumentando a concentração salina. Ao contrário do que se verifica nas sementes nuas, em que a porcentagem de emergência é reduzida na mínima presença de sal, não havendo diferenças

TABELA 3. Porcentagem de emergência, plântulas anormais, sementes dormentes, sementes mortas, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), peso da massa fresca da parte aérea (PFPA) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes revestidas de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Porto Alegre – RS, 2008.

Concentração NaCl (mM)	Emergência (%)	Anormais (%)	Dormentes (%)	Mortas (%)
	<i>Médias</i>			
0	70,00 a	10,00 b	10,00 b	10,00 b
48	70,00 a	10,00 b	15,00 b	10,00 b
64	50,00 ab	31,25 a	18,75 b	15,00 ab
97	31,25 bc	10,00 b	43,75 a	18,75 ab
129	15,00 c	5,00 b	50,00 a	30,00 a
145	20,00 c	10,00 b	55,00 a	18,75 ab
C.V.	47,11	108,84	48,91	76,31
Concentração NaCl (mM)	CPA (cm)	CR (cm)	PFPA (g)	IVE
	<i>Médias</i>			
0	7,68 a	3,22 ab	0,007025 a	1,86 a
48	7,70 a	3,43 a	0,008280 a	1,70 a
64	7,34 ab	3,65 a	0,007800 a	1,29 ab
97	7,76 a	4,06 a	0,008520 a	0,51 b
129	4,75 b	1,36 b	0,005150 a	0,31 b
145	5,47 ab	3,89 a	0,005553 a	0,33 b
C.V.	21,13	33,95	27,89	72,31

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

significativas entre as concentrações.

Quanto à porcentagem de plântulas anormais nas sementes revestidas, houve uma superioridade do tratamento 64 mM, enquanto que as outras concentrações não diferiram entre si significativamente (Tabela 3). A concentração de 64 mM de NaCl foi a que causou as maiores porcentagens de plântulas anormais em sementes revestidas de azevém, pois, concentrações mais elevadas induziram as sementes à dormência, e a concentração mais baixa, de 48 mM, não chegou a causar danos tóxicos à semente revestida. Este resultado, no entanto, não é uma resposta comum observada em

sementes de várias espécies quando na presença de sais, conforme já foi citado anteriormente.

A porcentagem de sementes dormentes em sementes revestidas submetidas à salinidade, foi maior nas concentrações de NaCl mais elevadas (Tabela 3). Este resultado foi semelhante ao das sementes nuas, confirmando que o reduzido potencial hídrico do meio germinativo decorrente do excesso de sais, pode induzir as sementes à dormência (Cavalcante & Perez, 1995), não importando se a semente está nua ou revestida. Ou seja, o revestimento não impediu as sementes de azevém de entrarem em dormência na presença de sal.

Na Tabela 3, verificou-se que a porcentagem de sementes mortas nas sementes revestidas aumentou conforme o incremento na concentração salina. Este resultado diferiu das sementes nuas, as quais não apresentaram diferenças significativas do percentual de sementes mortas, entre as concentrações testadas, nem mesmo com a testemunha. Ou seja, para as sementes revestidas, o incremento na concentração de sais provocou a morte das sementes. Deste modo, surge a hipótese de que o excesso de sais pôde se acumular no revestimento, causando uma retenção de água pelo mesmo, e uma conseqüente deterioração das sementes. Esta hipótese, no entanto, precisa ser melhor investigada. Ou então, a morte das sementes pode ter sido causada por alguma substância liberada pelo revestimento usado, já que a Empresa não revelou a composição do material utilizado.

O comprimento da parte aérea das plântulas provenientes das sementes revestidas apresentou diferenças significativas entre as concentrações de

NaCl, diminuindo nas concentrações mais altas (129 e 145 mM), diferentemente das sementes nuas em que, o mesmo, não apresentou diferenças significativas entre as concentrações de sal e testemunha (Tabela 3). Conforme o que já foi mencionado antes, para algumas espécies é normal o comprimento da parte aérea ser reduzido com o excesso de sais no meio germinativo.

Quanto aos dados de peso da massa fresca da parte aérea das plântulas, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, pelo teste de Duncan ( $P \leq 0,05$ ); o mesmo aconteceu com as sementes nuas (Tabela 3). No entanto, houve diferenças significativas entre as concentrações de sal, para as variáveis comprimento da parte aérea (distinto das sementes nuas) e comprimento da raiz (semelhante às sementes nuas). Observou-se na Tabela 3, que os maiores comprimentos da parte aérea e de raiz foram observados na concentração de 97 mM de NaCl e os menores, na concentração de 129 mM. Nas sementes revestidas, o comprimento da raiz das plântulas praticamente se manteve constante em função do aumento na concentração salina, com exceção da concentração de 129 mM. Acredita-se que nas sementes revestidas, houve um menor acúmulo de sais nas sementes proporcionando maiores comprimentos de raiz, e que nas maiores concentrações, o revestimento não tenha sido capaz de impedir os danos provocados pelo sal nas mesmas. Diversos autores (Lima, 2002; Galina, 2004) detectaram redução na altura das plantas com o aumento de estresse salino, entretanto não testaram em sementes revestidas.

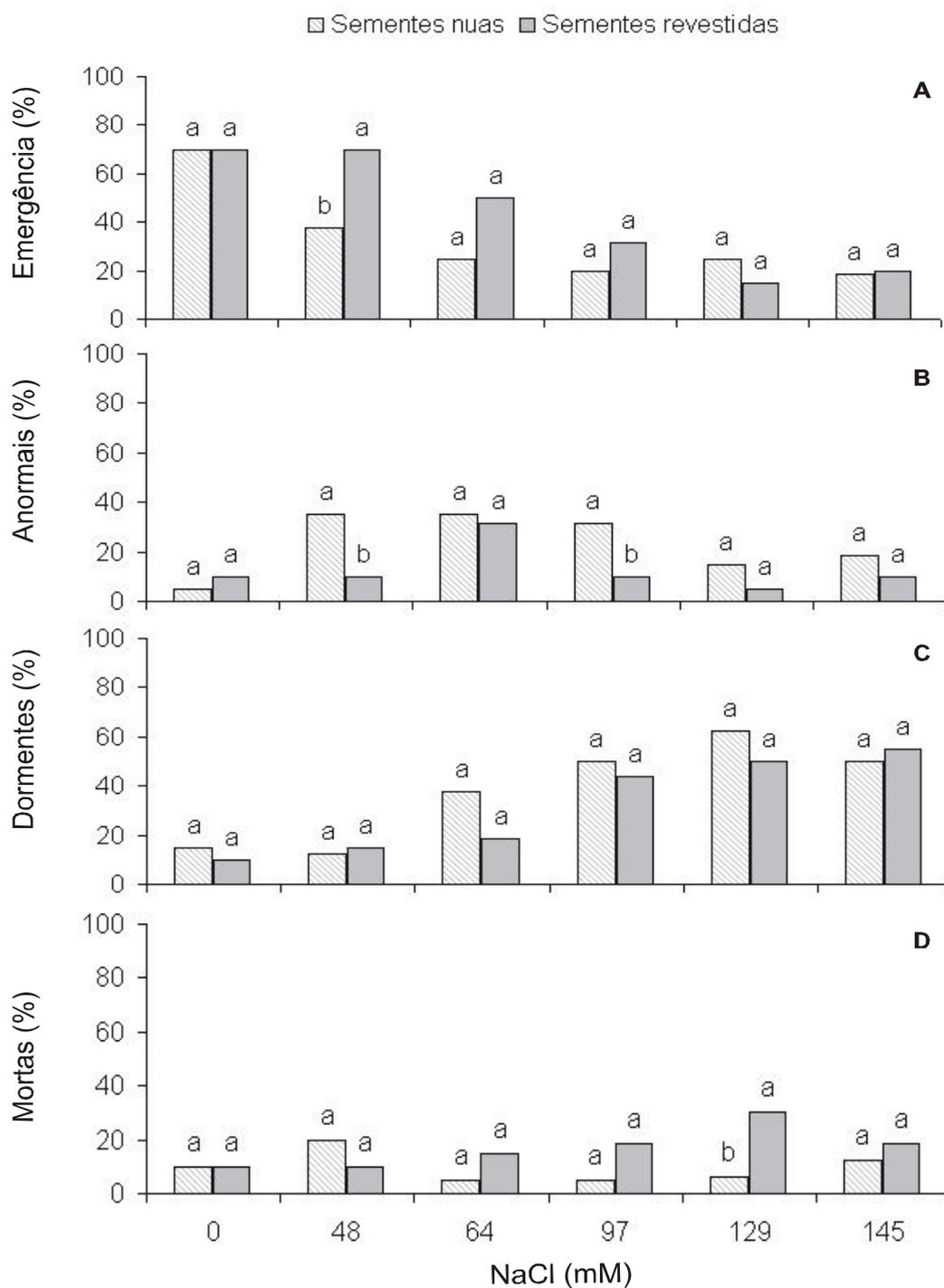
Apesar do índice de velocidade de emergência considerar que quanto

mais rapidamente a semente germina, maior é o seu vigor, a queda no IVE (Tabela 3) com o aumento da concentração de NaCl, sugere que o azevém apresentou uma sensibilidade ao sal para germinar, mesmo quando as sementes são revestidas, levando-se a concluir que o aumento da salinidade ocasionou a diminuição da velocidade de emergência e, portanto, o vigor.

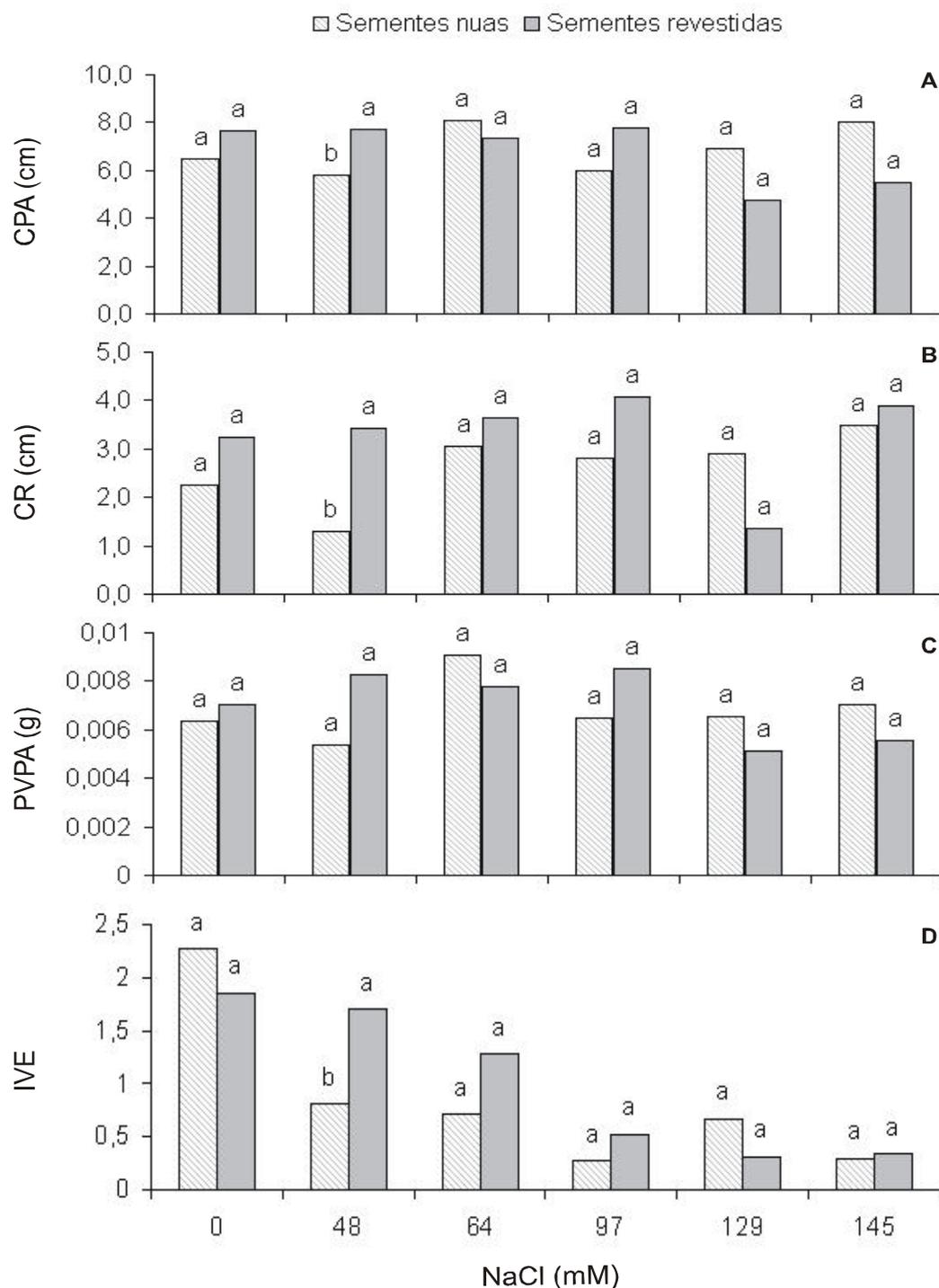
As Figuras 1 e 2 apresentam os dados de porcentagem de emergência, plântulas anormais, sementes dormentes, sementes mortas, índice de velocidade de emergência, comprimentos da parte aérea e de raiz, e peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de sementes de azevém anual, nuas e revestidas, em função de diferentes concentrações de NaCl, em condições ambientais, durante 14 dias.

Quando foram comparadas sementes nuas com sementes revestidas, os resultados da análise de variância revelaram que o fator revestimento mostrou-se significativo para algumas variáveis estudadas (porcentagem de emergência, plântulas anormais, sementes mortas, comprimento da parte aérea e raiz e IVE), em algumas concentrações (48, 97 e 129 mM).

O revestimento proporcionou um aumento na porcentagem de emergência, no índice de velocidade emergência, e no comprimento da parte aérea e da raiz somente na concentração de 48 mM de NaCl. Ainda, o revestimento proporcionou uma redução da porcentagem de plântulas anormais somente nas concentrações de 48 e 97 mM. Somente nestes casos o revestimento mostrou-se eficiente no desempenho da germinação das sementes de azevém anual. No entanto, o revestimento não se mostrou eficiente, na concentração de 129 mM, ao proporcionar um aumento



**FIGURA 1.** Percentagem de emergência (A), plântulas anormais (B), sementes dormentes (C) e sementes mortas (D) de sementes nuas e revestidas de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Colunas encimadas por mesmas letras não diferem entre si (Duncan 5%). Porto Alegre – RS, 2008.



**FIGURA 2.** Comprimento da parte aérea (A), comprimento da raiz (B), peso da massa fresca da parte aérea (C) e Índice de velocidade de emergência (D) de sementes nuas e revestidas de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias). Colunas encimadas por mesmas letras não diferem entre si (Duncan 5%). Porto Alegre – RS, 2008.

na porcentagem de sementes mortas.

O revestimento não se mostrou significativo para a porcentagem de sementes dormentes e peso da massa fresca da parte aérea, em todas as concentrações estudadas. Diante deste resultado, pode-se inferir que o revestimento não foi um empecilho para as sementes entrarem em dormência na presença do sal.

De uma maneira geral, houve uma tendência das sementes revestidas apresentarem maior porcentagem de emergência, menor porcentagem de plântulas anormais e de sementes dormentes, e maior porcentagem de sementes mortas do que as sementes nuas. Quanto ao vigor, houve uma tendência das sementes revestidas apresentarem maior comprimento de raiz no geral, maiores índice de velocidade de emergência, comprimento e peso da massa fresca da parte aérea nas menores concentrações, e menores índice de velocidade de emergência, comprimento e peso da massa fresca da parte aérea nas maiores concentrações, comparando com as sementes nuas. Isto leva a crer que nas concentrações mais elevadas, para o revestimento servir de barreira e proteger as sementes da ação tóxica e prejudicial do sal, se torna muito difícil devido à elevada concentração de íons no meio germinativo, inibindo o vigor das sementes. Nas concentrações mais baixas de sal, o revestimento permitiu que as sementes de azevém manifestassem o seu vigor, representando uma certa barreira á penetração do sal nas sementes.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições e níveis de salinidade em que as sementes de azevém anual foram expostas durante o desenvolvimento do experimento, pode-se concluir que:

- a emergência de sementes nuas e revestidas de azevém decresce com o incremento da salinidade, afetando negativamente o desenvolvimento de plântulas normais e reduzindo a viabilidade;
- o peso da massa fresca da parte aérea das plântulas não foi afetado pela salinidade, tanto nas plantas oriundas de sementes nuas como nas plantas oriundas de sementes revestidas;
- o revestimento usado nas sementes de azevém não foi capaz de protegê-las da ação tóxica e prejudicial do sal nas maiores concentrações. No entanto, nas menores concentrações, em alguns casos, o revestimento cumpriu com esta função.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.M. **Estresse salino em sementes e plantas de beterraba (*Beta vulgaris* L.)**. Pelotas: UFPel, 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), Brasil, 2005.

AGBOOLA, D.A. Effect of saline solutions and salt stress on seed germination of some tropical forest tree species. **Revista de Biologia Tropical**, Costa Rica, v.46, p.1109 -1115, 1998.

AGUIAR, P.A.A.; PEREIRA, J.R. Efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.2, p.207-210, 1980.

ALIA, P.; SARADHI, P.; MOHANTY, P. Proline in relation to free radical production in seedlings of *Brassica juncea* raised under sodium chloride stress. **Plant and Soil**, Netherlands, v.155/156, p.497-500, 1993.

ALMEIDA, F. de A.C.; GONÇALVES, N.J.M.; GOUVEIA, J.P.G. de; CAVALCANTE, L.F. Comportamento da germinação de sementes de arroz em meios salinos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande (SP), v.3, n.1, p.47-51, 2001.

ASHAF, C.M.; ABU-SHAKRA, S. Wheat germination under low temperature and moisture stress. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, p.135-139, 1978.

BARRUETO CID, P. **Efeito do potencial hídrico sobre a embebição, a respiração e a germinação de leguminosa *C. floribunda***. Viçosa : UFV, 1978. Dissertação (Mestrado) – Mestrado (Ciências Agrárias -Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1978.

BELLINGER, Y; BENSOUUD, A.; LARHER, F. Physiological significance of proline accumulation, a trait of use to breeding for stress tolerance. In: ACEVEDO, E.; CONESA, A.P.; SRIVASTAVA, J.P. (Eds.) **Physiology-breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments**. Paris: INRA, 1991. p.449-458.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York : Plenum Press, 1985. 367p.

BHANDAL, I.S.; MALIK, C.P. Potassium estimation, uptake, and its role in the in the physiology and metabolism of flowering plants. **International Review of Cytology**, Punjab, v.110, p.205-254, 1988.

BLACK, C.A.. **Soil-Plant Relationships**. 2. Ed. Ames, Iowa : John Wiley & Sons : Iowa State University, 1968.

BLAHA, G.; STELZ, U.; SPAHN, C.M.T.; AGRAWAL, R.K.; FRANK, J.; NIERHAUS, K.H. Preparation of functional ribosomal complexes and effect of buffer conditions on tRNA positions observed by cryoelectron microscopy. In: **METHODS in Enzymology**. Berlin, Germany : Max-Planck-Institut für Molekulare Genetik, 2000. 317p.

BLISS, R.D.; PLATT-ALOIA, K.A.; THOMPSON, W.W. **Plant cell environment**. Oxford : [s.l.], 1986. 727p.

BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização Fisionômica e Problemática Ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências**, Porto Alegre, n. 56, 1997.

BOURGEAIS-CHAILLOU, P.; GUERRIER, G. Salt response in *Lycopersicum esculentum* calli and whole plants. **Journal of Plant Physiology**, Leipzig, v.140, p. 495-501, 1992.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília, 1992. 365p.

BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M.; PARDO, J.M. Plants use calcium to resolve salt stress. **Trends Plant Science**, London, v. 3, p.411-412, 1998.

CACHORRO, P.; ORTIZ, A.; CERDA, A. Growth, water relations and solute composition of *Phaseolus vulgaris* under saline conditions. **Plant Science**, Chicago, v.95, p.23-29, 1993.

CAMPOS, I.S.; ASSUNÇÃO, M.V. Efeito do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.6, p.837-843, 1990.

CANDO, J. B. Hidromorfismo y Salinidad, su relacion com la geomorfologia y sus consecuencias en los suelos y en los cultivos. In: CURSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE REGADIOS: IRYDA, 3., 1989, Madrid. **Proceedings**: Madrid, 1989. Acuerdo de Cooperacion Tecnica: Republica Federativa de Brasil y el Reino de Espana, Madrid, 1989.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. Campinas : Fundação Cargill, 1988. 424p.

CATALAN, L.; BALZARINI, Z.; ALESNIK, E.; SERENO, R.; KARLIN, U. Effects of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa* (D.C.). **Forest Ecology and Management**, Irvine, United States, v.63, p.347-357, 1994.

CAVALCANTE, A.M.B. **Germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit**. São Carlos: UFSCar, 1993. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), Brasil, 1993.

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

CHOINSKI, J.S.; TUOHY, J.M. Effect of water potential and temperature on the germination of four species of african savana trees. **Annals of Botany**, Oxford, v.68, p.227-233, 1991.

CORDEIRO, G.G.; RESENDE, G.M.; PEREIRA, J.R.; COSTA, N.D. Utilização de água salina e condicionador de solo na produção de beterraba no semi-árido brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.1, p.39-41, 1999.

COSTA, N.P. da; BRUNO, R. de L.A.; BRUNO, G.B.; CRANEJ. H. Germination and vigour of pawpaw (*Carica papaya* L.) cv. Havaí seeds, subject to different substrates, sources and salinity levels. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Barquisemeto, v.42, p.142-147, 2000.

CRAMER, G.R.; LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub> on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. **Plant Physiology**, Waterbury, VT, v.81, p.792-797, 1986.

DAMIANI, C.R.; MORAES, D.M.; LOPES, N.F.; ABREU, C.M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) induzidas por reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas (RS), v.9, n.4, p.347-352, 2003.

DAS, N.; MISRA, M.; MISRA, A. Sodium chloride salt stress induced metabolic changes in callus cultures of Pearl millet: free solute accumulation. **Journal of Plant Physiology**, Germain, v.137, p.244-246, 1990. Under & Fisher Verlag.

DASH, M.; PANDA, S.K. Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating mung seeds. **Biologia Plantarum**, Czech Republic,

v.44, p.587-589, 2001.

DELACHIAVE, M.E.A. **Efeito de diferentes potenciais da água sobre alguns aspectos fisiológicos da germinação de sementes de *S. guianensis***. São Carlos : UFSCar, 1984. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), Brasil, 1984.

DELAUNEY, A.J.; VERMA, D.P.S. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. **The Plant Journal**, Columbus (USA), v.4, p.215-223, 1993.

DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente**. Brasília : AGIPLAN, 1976. 103p.

DILLENBURG, L. R.; ROSA, L. M. G.; OLIVEIRA, P. L. Anatomia foliar de *Blutaparon portulacoides* (St. Hil.) Mears (Amaranthaceae) sob condições salinas e não salinas. **IHERINGIA. Série Botânica**, Porto Alegre, v.35, p.151-164, 1986.

EMBRAPA. **Arroz Irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Pelotas : Embrapa.Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, 1999. 124p.

ENÉAS-FILHO, J.; OLIVEIRA NETO, O.B.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E.; MONTEIRO, C. Effects of salinity in vivo and in vitro on cotyledonary galactosidases from *Vigna unguiculata* (L.) Walp. during seed germination and seedling establishment. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina (PR), v.7, n.2, p.135-142, 1995.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de *Bauhinia forficata* Link. **Revista Ceres**, Viçosa (MG), v.43, n.249, p.654-662, 1996.

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

FEDINA, I.S.; TSONEV, T.D.; GULEVA, E.I. ABA as a modulator of the response of *Pisum sativum* to salt stress. **Journal of Plant Physiology**, Leipzig, Germain, v.143, p.245-249, 1994.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.209-212.

FERREIRA, P.A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande (SP): UFPB/SBEA, 1997. p.37-67.

FERREIRA, L.G.R.; REBOUÇAS, M.A.A. Influência da hidratação /

desidratação de sementes de algodão na superação dos efeitos da salinidade na germinação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.609-615, 1992.

FONSECA, S.C.L.; PEREZ, S.G.A. Germinação de sementes de olho-de-dragão (*Adenantha pavonina* L.): ação de poliaminas na atenuação do estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.2, p.14-20, 2001.

FRANCO, O.L.; ENÉAS-FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES-FILHO, E. Effects of  $\text{CaCl}_2$  on the growth and osmoregulator accumulation in NaCl stressed cowpea seedlings. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina (PR), v.11, p.145-151, 1999.

FRANÇOIS, L.E. Salinity effects on germination, growth, and yield of two squash cultivars. **Hort Science**, Alexandria, v.20, n.6, p.1102-1104, 1985.

FREIRE, A.L.O. **Fixação do nitrogênio, crescimento e nutrição mineral de leucena sob condições de salinidade**. Jaboticabal: UEP, 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal (SP), Brasil, 2000.

FREIRE, A.L.O.; RODRIGUES, T.J.D.; SOUSA FILHO, G.M. Efeitos da salinidade do substrato na germinação de sementes de algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.) In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 52., João Pessoa, 2001. **Anais...** João Pessoa, 2001. p.47.

GALINA, S. **Efeito da salinidade na qualidade fisiológica de sementes de arroz e feijão submetidas a estresse salino**. Pelotas: UFPel, 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), Brasil, 2004.

GALSTON, A.W.; KAURSAWHNEY, R. Polyamines as endogenous growth regulators. In: DAVIES, P.J. **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Martinus Nijhoff Publishers, 681p., New York, 1987.

GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. **Princípios de Fertilidade de Solo**. Departamento de Solos, UFRGS. Porto Alegre (RS), 1995. 277 p.

GONELA, A.; LEMOS, E.G.M.; RODRIGUES, T.J.D.; PATERNIANI, M.L.S. Reação enzimática ao estresse salino durante a germinação de estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, 2004.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.31, p.149-190, 1980.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.D.; HANDA, A.K. Cellular mechanism of

- salinity tolerance. **Hort Science**, Alexandria, v.21, p.1317-1324, 1986.
- HATHCOCK, A.L. Tall fescue and Kentucky bluegrass response to fertilizer and lime seed coatings. **Agronomy Journal**, Madison (USA), V.76, p.879-883, 1984.
- HEBLING, S.A. **Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquun* (Vellozo)**. São Carlos: UFSCar, 1997. (Tese Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), Brasil, 1997.
- HURKMAN, W.J. Effect of salt stress on plant gene expression: a review. **Plant and Soil**, Netherlands, v.146, 1992.
- IZZO, R.; NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.14, n.7, 1991.
- JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G. de A. Efeito da salinidade e sementeira em diferentes profundidades na viabilidade e no vigor de *Copaefera langsdorfii* desf. – Caesalpiniaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.2, p.219-225, 1997.
- KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P.; KLAMT, E. **Introdução à ciência do solo**. Porto Alegre : Departamento de Solos da UFRGS, 1985. Apostila de aula.
- KHAN, M. A.; GUL, B.; WEBER, D.J. Germination responses of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. **Journal of Arid Environments**, Utah (USA), v.45, n.3, p.207-214, 2000.
- KHATRI, R.; SETHI, V.; KAUSHIK, A. Inter-population variations of *K. indica* during germination under different stresses. **Annals of Botany**, Oxford (USA), v.67, p.413-415, 1991.
- KUMAR, R.G.; SHAH, K.; DUBEY, R.S. Salinity inducec behavioural changes in malate dehydrogenase and glutamate dehydrogenase activities in rice seedlings of differing salt tolerance. **Plant Science**, Chicago (USA), v.156, p.23-34, 2000.
- KUZNETSOV, V.V.; SHEVYAKOVA, N.I. Stress response of tobacco cells to high temperature and salinity. Proline accumulation and phosphorylation of polypeptides. **Physiologia Plantarum**, Russia, v.100, p.320-326, 1997.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology: ecophysiological and stress physiology of functional groups**. 3ª ed. Berlin : Springer Verlag, 1995. 506p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos (SP): Prado, 2000. 531p.

LIMA, M.G.S. **Sensibilidade de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) ao estresse salino**. Pelotas : UFPel, 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), 2002.

LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; ABREU, C.M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.1, p.54-61, 2005.

LIU, J.; ZHU, J.K. A calcium sensor homolog required for plant salt tolerance. **Science**, Washington, n.280, p.1943-1945, 1998.

LONGSTRETH, D.J.; NOBEL, P.S. Salinity effects on leaf anatomy. consequences for photosynthesis. **Plant Physiology**, Urbana, IL, v.63, p.700-703, 1979.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. **ASCE Journal Irrigation Drainagen Divisuon**, New York, v.103, n.1, p.115-134, 1977.

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

MARTINELLI-SENEME, A.; MARTINS, C.C.; NAKAGAWA, J. Germinação de milho cv. AL-34 em função do tamanho da semente e do potencial hídrico do substrato. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.131-138, 2000.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Great Britain: Pergamon Press, 1989. 270p.

MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S. **Fertilidade do Solo**. Piracicaba (SP): Nobel, 1983. 400p.

MISRA, C.M.; SINGH, S.L.; BEHAL, S. Germination of tropical leguminous tree species under high pH. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**, Waimanalo, Hawaii, v.6, n.13, p.36-42, 1988.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, Canberra (Austrália), v.25, p.239-250, 2002.

OLIVEIRA, P.M.; BLANK, A.F.; PEREIRA, A.J.; LIMA, L.A. Efeito da salinidade da água sobre a germinação de cultivares de melão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande (SP), v.2, n.2, p.235-238, 1998.

PEREZ, S.C.J.G.A.; MORAES, J.A.P.V. Estresse salino no processo germinativo de algarobeira.e atenuação de seus efeitos pelo uso de reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,

v.29, n.3, p.389-396, 1994.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.

PRISCO, J.T.; ENÉAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E. Effect of NaCl salinity on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp seeds. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.4, p.63-71, 1981.

QUEIROGA, R.C.; ANDRADE NETO, R.C.; NUNES, G.H.S.; MEDEIROS, J.F.; ARAÚJO, W.B.M. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.3, p.315-319, 2006.

RAB, N.; ALTAF, H.; MAKHDUM, M.I. Effects of sucrose on seed germination of Ipil-Ipil (*Leucena leucocephala*) at different salinity levels. **Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research**, Paquistão, v.32, n.1, p.55-57, 1989.

REBOUÇAS, M.A.; FAÇANHA, J.G.V.; FERREIRA, L.G.R.; PRISCO, J.T. Crescimento e conteúdo de N, P, K e Na em três cultivares de algodão sob condições de estresse salino. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Londrina (PR), v.1, n.1, p.79-85, 1989.

RICHARDS, R.A. Increasing salinity tolerance of grain crops: is it worthwhile? **Plant and Soil**, Netherlands, n.146, p.89-98, 1992.

SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1987. Tese (Doutorado) – Escola Superior Agrônoma Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 1987.

SAMPAIO, G.T.; SAMPAIO, N.V. Recobrimento de sementes. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.4, n.3, 1994.

SANTOS, V.L.M.; CALILI, A.C.; RUIZ, H.A.; ALVARENGA, E.M.; SANTOS, C.M.. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.2, p.189-194, 1992.

SCOTT, J.M. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. **Advances Agronomy**, Madison, v.42, p.43-83, 1989.

SERRANO, R.; MULET, J.M.; RIOS, G.; MARQUEZ, J.A.; de LARRINOVA, I.; LEUBE, M.P.; MENDIZABAL, I.; PASCUAL-AHUIR, A.; PROFT, M.; ROS, R.; MONTESINOS, C. A glimpse of the mechanisms of ion homeostasis during salt stress. **Journal of Experimental Botany**, Oxford (USA), v.50, p.1023-1036, 1999.

SHANNON, M.C.; RHOADES, J.D.; DRAPER, J.H.; SCARDACI, S.C.;

SPYRES, M.D. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in Califórnia. **Crop Science**, Madison (USA), v.38, n.2, p.394-398, 1998.

SHEVYAKOVA, N.I.; STROGONOV, B.P.; KIRYAN, G.I. Metabolism of polyamines in NaCl-resistant cell lines from *Nicotiana sylvestris*. **Plant Growth Regulation**, New York, v.3, p.365-369, 1985.

SILBERBUSH, M.; BEN-ASHER J. Simulation study of nutrient uptake by plants from soilless cultures as affected by salinity built up and transpiration. **Plant and Soil**, Netherlands, v.233, p.59-69, 2001.

SILVA, D.; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA, SBH, ABEAS, 1997. 252p.

SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B.; RODRIGUES, T.J.D. Efeito do estresse salino na germinação de sementes de faveleira (*Cnidoculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm.). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 52., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa (PB), 2001. p.47.

SILVA, R.N. **Crescimento de plantas de cevada (*Hordeum vulgare* L.) submetidas a estresse salino**. Pelotas : UFPel, 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS), 2005.

SNEDDEN, W.A.; FROMM, H. Calmodulin as a versatile calcium signal transducer in plants. **New Phytologist**, Kingston (Canadá), v.151, p.35-66, 2001.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre (RS) : UFRGS, 2002. 128p.

TAEB, M.; KOEBNER, R.M.D.; FORSTER, B.P.; LAW, C.N. Association between genes controlling flowering time and shoot sodium accumulation in the Triticeae. **Plant and Soil**, Netherlands, n.146, p.117-121, 1992.

TAL, M. Physiological genetics of salt resistance in higher plants. In: STAPLESS, R. C.; TONNIESEN, H. E. (Eds.) **Salinity tolerance in plants**. New York : J. Willey, 1984. p.301-320.

TEERMAAT, A.; MUNNS, R. Use of concentrated macronutrient solutions to separate osmotic from NaCl-specific effects on plant growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne (Austrália), v.13, n.4, p.509-522, 1986.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, Cambridge, UK, v.91, n.5, p.503-527, 2003.

THANOS, C.A.; SKORDILES, A. The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* seeds. **Seed Science & Technology**, Bassersdorf, Switzerland, v.15, p.163-174, 1987.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, Cambridge, UK, v.85, p.391-396, 2000.

TONKIN, J.H.B. Pelleting and other pre sowing treatments. **Advances of Seed Technology**, New York, v.4, p.84-105, 1979.

TORRES, S.B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.29, n.3, p.68-72, 2007.

TORRES, S.B.; VIEIRA, E.L.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da salinidade na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.39-44, 2000.

VAN RENSBURG, L.; KRUGER, G.H.J.; KRUGER, H. Proline accumulation as drought-tolerance selection criterious: its relationships to membrane integrity and chloroplast ultrastructure in *Nicotiana tabacum*. **Journal Plant Physiology**, Leipzig, Germany, v.141, p.188-194, 1993.

VIÉGAS, R.A.; MELO, A.R.B.; SILVEIRA, J.A.G. Nitrate reductase activity and proline accumulation in cashew in response to salt (NaCl) shock. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina (PR), v.11, p.21-28, 1999.

VILLAGRA, P.E. Germination of *Prosopis argentina* and *P. alpataco* seeds under saline conditions. **Plant Cell**, Bethesda (USA), v.37, p.261-267, 1997.

VOETBERG, G.S.; SHARP, R.E. Growth of the maize primary root at low water potentials. III. Role of increased proline deposition in osmotic adjustment. **Plant Physiology**, Waterbury, VT, v.96, p.1125-1130, 1991.

WILD, A. **Russell's soil conditions and plant growth**. 11<sup>a</sup> ed. Londres: Harlow Longman, 1988.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R.; BOGET, N.; SANTOS, M.A.; TORNE, J.M. Polyamine variations in sensitive embryogenic callus of maize as a response to NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina (PR), v.8, n.2, p.161-164, 1996.

WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, Wageningen, v.12, n.1, p.1-15, 1988.

WYN JONES, R.G.; BRADY, C.J.; SPEARS, J. Ionic and osmotic relations in plant cells. In: LAIDMAN D.L., WYN JONES, R.G.(Eds.) **Recent advances in the biochemistry of cereals**. Londres: Academic Press, 1979. p.63-103.

YOUNIS, A.F.; HATATA, M.A. Studies on the effects of certain salts on germination, on growth of root and on metabolism. **Plant and Soil**, Netherlands, v.34, p.183-200, 1971.

ZAPATA, P.J.; SERRANO, M.; PRETEL, M. T.; AMORÓS, A.; BOTELLA, M.A. Changes in ethylene evolution and polyamine profiles of seedlings of nine cultivars of *Lactuca sativa* L. in response to salt stress during germination. **Plant Science**, Chicago, v.164, n.4, p.557-563, 2003.

## 7. APÊNDICES

**APÊNDICE 2.** Dados originais das variáveis medidas do desempenho de sementes nuas e revestidas de azevém anual, em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias).

Trat	Rep	Revest	Conc	Germ	IVE	Dorm	Mortas	Anorm	CPA	CR	PVPA
Nua	1	1	0	75	2,9047	25	0	0	6,563	2,63	0,0063
Nua	2	1	0	75	1,6317	0	25	0	5,745	1,5	0,0054
Nua	3	1	0	75	2,9047	25	0	0	8,437	2,58	0,0094
Nua	4	1	0	50	1,7698	25	0	25	6,53	3,1	0,007
Nua	5	1	0	75	2,1681	0	25	0	5,115	1,432	0,0037
Nua	1	1	48	25	0,8015	25	25	25	4,765	1,01	0,0034
Nua	2	1	48	50	0,7301	25	0	50	6,44	1,27	0,0081
Nua	3	1	48	50	1,4603	0	25	25	5,95	1,15	0,0049
Nua	4	1	48	.	.	.	25	25	.	.	.
Nua	5	1	48	25	0,2316	0	25	50	6,08	1,7	0,0052
Nua	1	1	64	0	0	50	0	25	.	.	.
Nua	2	1	64	50	0,807	25	0	50	8,775	3,13	0,0092
Nua	3	1	64	25	0,8015	25	25	25	8,65	2,4	0,012
Nua	4	1	64	50	1,9364	.	0	50	6,755	3,605	0,0061
Nua	5	1	64	0	0	50	0	25	.	.	.
Nua	1	1	97	0	0	50	25	25	.	.	.
Nua	2	1	97	25	0,0714	50	0	25	3,53	3,74	0,0048
Nua	3	1	97	25	0,2316	75	0	.	5,855	4,275	0,0051
Nua	4	1	97	25	0,8015	25	0	50	8,445	1,57	0,0087
Nua	5	1	97	25	0,2316	50	0	25	6,07	1,655	0,0074
Nua	1	1	129	25	0,8015	50	0	25	7,9	3,2	0,0071
Nua	2	1	129	25	0,9682	50	25	25	.	.	.
Nua	3	1	129	25	0,6586	75	0	0	5,915	2,585	0,006
Nua	4	1	129	25	0,2316	75	0	0	.	.	.
Nua	5	1	129	.	.	.	.	25	.	.	.
Nua	1	1	149	0	0	25	.	25	.	.	.
Nua	2	1	149	.	.	.	25	.	6,582	2,17	0,0057
Nua	3	1	149	25	0,1483	75	0	25	.	.	.
Nua	4	1	149	25	0,8015	50	25	0	11,305	3,365	0,0096
Nua	5	1	149	25	0,2316	50	0	25	6,1	4,91	0,0059
Revest	1	2	0	100	2,6601	0	0	0	8,65	4,497	0,0076
Revest	2	2	0	50	1,6031	25	25	25	9,58	3,737	0,0082
Revest	3	2	0	50	1,0333	25	25	0	6,055	2,032	0,0062
Revest	4	2	0	100	3,2061	0	0	0	6,44	2,646	0,0061

**APÊNDICE 1.** Continuação... Dados originais das variáveis medidas do desempenho de sementes nuas e revestidas de azevém anual, em função de diferentes concentrações de NaCl, sob condições ambientais (14 dias).

Trat	Rep	Revest	Conc	Germ	IVE	Dorm	Mortas	Anorm	CPA	CR	PVPA
Revest	5	2	0	50	0,8015	0	0	25	.	.	.
Revest	1	2	48	75	2,119	25	0	0	6,435	3,742	0,0058
Revest	2	2	48	75	2,119	0	25	0	6,608	2,267	0,0079
Revest	3	2	48	75	1,692	0	25	0	7,845	3,125	0,0082
Revest	4	2	48	75	1,2638	25	0	25	9,652	4,422	0,0116
Revest	5	2	48	50	1,3174	25	0	25	7,995	3,62	0,0079
Revest	1	2	64	25	0,2316	25	0	50	9,2	5,13	0,0097
Revest	2	2	64	50	1,1924	25	25	25	5,235	1,42	0,0059
Revest	3	2	64	25	0,5336	25	25	25	7,6	5,25	0,0073
Revest	4	2	64	100	3,2061	0	0	.	7,357	2,827	0,0083
Revest	4	2	64	100	3,2061	0	0	.	7,357	2,827	0,0083
Revest	5	2	97	.	.	.	25	25	.	.	.
Revest	1	2	97	50	0,2316	75	0	25	5,67	3,8	0,0061
Revest	2	2	97	.	.	.	25	0	8,9	3,025	0,0091
Revest	3	2	97	25	0,2316	50	25	0	6,305	5,995	0,0061
Revest	4	2	97	25	0,8015	25	25	25	10,125	4,53	0,0126
Revest	5	2	129	25	0,8015	25	.	0	7,8	2,965	0,0087
Revest	1	2	129	25	0,8015	25	25	0	4,6	1,145	0,0062
Revest	2	2	129	25	0,5336	50	25	25	.	.	.
Revest	3	2	129	25	0,2316	50	25	0	4,91	1,575	0,0041
Revest	4	2	129	0	0	50	50	0	.	.	.
Revest	5	2	129	0	0	75	25	0	.	.	.
Revest	1	2	145	25	0,2316	50	25	25	5,525	3,4	0,0047
Revest	2	2	145	0	0	50	.	0	.	.	.
Revest	3	2	145	25	0,6586	50	25	0	5,42	4,23	0,0035
Revest	4	2	145	25	0,8015	75	0	0	.	4,05	0,0084
Revest	5	2	145	25	0	50	25	25	.	.	.

**APÊNDICE 2.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes nuas de azevém em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	5	9156,25	1831,25	8,37	0,0002
Erro	21	4593,75	218,75		
Total	26	13750,00			

C.V.= 44,37%

**APÊNDICE 3.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes revestidas de azevém em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	5	14602,67	2920,53	7,16	0,0004
Erro	22	8968,75	407,67		
Total	27	23571,42			

C.V.= 47,11%

**APÊNDICE 4.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	5	3723,21	744,64	4,44	0,0060
Erro	22	3687,50	167,61		
Total	27	7410,71			

C.V.= 55,76%

**APÊNDICE 5.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	5	1807,11	361,42	2,09	0,1028
Erro	23	3968,75	172,55		
Total	28	5775,86			

C.V.= 108,84%

**APÊNDICE 6.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	5	8937,50	1787,50	6,98	0,0006
Erro	20	5125,00	256,25		
Total	25	14062,50			

C.V.= 12,68%

**APÊNDICE 7.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	5	9383,92	1876,78	7,59	0,0003
Erro	22	5437,50	247,15		
Total	27	14821,42			

C.V.= 48,91%

**APÊNDICE 8.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	5	830,35	166,07	1,09	0,3922
Erro	22	3343,75	151,98		
Total	27	4174,10			

C.V.= 125,52%

**APÊNDICE 9.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	5	1379,46	275,89	1,65	0,1897
Erro	22	3687,50	167,61		
Total	27	5066,96			

C.V.= 76,31%

**APÊNDICE 10.** Resumo da análise da variância da variável comprimento da parte aérea de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	5	16,16	3,23	1,18	0,3632
Erro	15	41,00	2,73		
Total	20	57,16			

C.V.= 24,53%

**APÊNDICE 11.** Resumo da análise da variância da variável comprimento da parte aérea de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	5	21,78	4,35	1,89	0,1519
Erro	16	36,83	2,30		
Total	21	58,61			

C.V.= 21,13%

**APÊNDICE 12.** Resumo da análise da variância da variável comprimento da raiz de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	5	10,70	2,14	2,46	0,0809
Erro	15	13,05	0,87		
Total	20	23,76			

C.V.= 36,98%

**APÊNDICE 13.** Resumo da análise da variância da variável comprimento da raiz de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	5	11,57	2,31	1,68	0,1925
Erro	17	23,37	1,37		
Total	22	34,95			

C.V.= 33,95%

**APÊNDICE 14.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	5	0,00002522	0,00000504	1,12	0,3902
Erro	15	0,00006740	0,00000449		
Total	20	0,00009263			

C.V.= 31,57%

**APÊNDICE 15.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	5	0,00003192	0,00000638	1,50	0,2421
Erro	17	0,00007242	0,00000426		
Total	22	0,00010434			

C.V.= 27,89%

**APÊNDICE 16.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de azevém (sementes nuas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	5	13,33	2,66	9,60	<0,0001
Erro	21	5,83	0,27		
Total	26	19,16			

C.V.= 61,00%

**APÊNDICE 17.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de azevém (sementes revestidas) em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	5	11,98	2,39	4,49	0,0057
Erro	22	11,75	0,53		
Total	27	23,74			

C.V.= 72,31%

**APÊNDICE 18.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	0,00	0,00	0,00	1,0000
Erro	8	3500,00	137,50		
Total	9	3500,00			

C.V.= 29,88%

**APÊNDICE 19.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	2347,22	2347,22	14,60	0,0065
Erro	7	1125,00	160,71		
Total	8	3472,22			

C.V.= 22,81%

**APÊNDICE 20.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	1388,88	1388,88	1,56	0,2524
Erro	7	6250,00	892,85		
Total	8	7638,88			

C.V.= 82,74%

**APÊNDICE 21.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	281,25	281,25	2,03	0,1970
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	1250,00			

C.V.= 47,05%

**APÊNDICE 22.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	222,22	222,22	2,07	0,1930
Erro	7	750,00	107,14		
Total	8	972,22			

C.V.= 53,23%

**APÊNDICE 23.** Resumo da análise da variância da variável emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Emergência	1	3,47	3,47	0,03	0,8786
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	972,22			

C.V.= 60,50%

**APÊNDICE 24.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	62,50	62,50	0,40	0,5447
Erro	8	1250,00	156,25		
Total	9	1312,50			

C.V.= 166,66%

**APÊNDICE 25.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	1562,50	1562,50	8,33	0,0203
Erro	8	1500,00	187,50		
Total	9	3062,50			

C.V.= 60,85%

**APÊNDICE 26.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	31,25	31,25	0,18	0,6845
Erro	7	1218,75	174,10		
Total	8	1250,00			

C.V.= 39,58%

**APÊNDICE 27.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	1003,47	1003,47	5,76	0,0474
Erro	7	1218,75	174,10		
Total	8	2222,22			

C.V.= 67,85%

**APÊNDICE 28.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	250,00	250,00	1,60	0,2415
Erro	8	1250,00	156,25		
Total	9	1500,00			

C.V.= 125,00%

**APÊNDICE 29.** Resumo da análise da variância da variável plântulas anormais de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Anormais	1	170,13	170,13	0,98	0,3558
Erro	7	1218,75	174,10		
Total	8	1388,88			

C.V.= 95,00%

**APÊNDICE 30.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	62,50	62,50	0,33	0,5796
Erro	8	1500,00	187,50		
Total	9	1562,50			

C.V.= 109,54%

**APÊNDICE 31.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	13,88	13,88	0,07	0,7980
Erro	7	1375,00	196,42		
Total	8	1388,88			

C.V.= 100,91%

**APÊNDICE 32.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	703,12	703,12	3,86	0,0972
Erro	6	1093,75	182,29		
Total	7	1796,87			

C.V.= 48,00%

**APÊNDICE 33.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	420,13	420,13	3,04	0,1250
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	1388,88			

C.V.= 105,87%

**APÊNDICE 34.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	1253,47	1253,47	9,06	0,0197
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	2222,22			

C.V.= 60,50%

**APÊNDICE 35.** Resumo da análise da variância da variável sementes dormentes de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Dormentes	1	55,55	55,55	0,22	0,6517
Erro	7	1750,00	250,00		
Total	8	1805,55			

C.V.= 29,95%

**APÊNDICE 36.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	0,00	0,00	0,00	1,0000
Erro	8	1500,00	187,50		
Total	9	1500,00			

C.V.= 136,93%

**APÊNDICE 37.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	250,00	250,00	1,60	0,2415
Erro	8	1250,00	156,25		
Total	9	1500,00			

C.V.= 83,33%

**APÊNDICE 38.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	703,12	703,12	3,86	0,0972
Erro	8	1093,75	182,29		
Total	9	1796,87			

C.V.= 48,00%

**APÊNDICE 39.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	420,13	420,13	3,04	0,1250
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	1388,88			

C.V.= 105,87%

**APÊNDICE 40.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	1253,47	1253,47	9,06	0,0197
Erro	7	968,75	138,39		
Total	8	2222,22			

C.V.= 60,50%

**APÊNDICE 41.** Resumo da análise da variância da variável sementes mortas de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Mortas	1	78,12	78,12	0,43	0,5370
Erro	6	1093,75	182,29		
Total	7	1171,87			

C.V.= 86,40%

**APÊNDICE 42.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,43	0,43	0,59	0,4629
Erro	8	5,79	0,72		
Total	9	6,22			

C.V.= 41,15%

**APÊNDICE 43.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	1,78	1,78	8,61	0,0219
Erro	7	1,45	0,20		
Total	8	3,23			

C.V.= 34,92%

**APÊNDICE 44.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,75	0,75	0,67	0,4411
Erro	7	7,90	1,12		
Total	8	8,65			

C.V.= 109,81%

**APÊNDICE 45.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,13	0,13	1,34	0,2853
Erro	7	0,72	0,10		
Total	8	0,86			

C.V.= 84,98%

**APÊNDICE 46.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,27	0,27	2,44	0,1623
Erro	7	0,78	0,11		
Total	8	1,06			

C.V.= 71,45%

**APÊNDICE 47.** Resumo da análise da variância da variável índice de velocidade de emergência de sementes de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
IVE	1	0,004	0,004	0,03	0,8652
Erro	7	0,92	0,13		
Total	8	0,93			

C.V.= 113,96%

**APÊNDICE 48.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	3,21	3,21	1,50	0,2597
Erro	7	14,97	2,13		
Total	8	18,18			

C.V.= 20,85%

**APÊNDICE 49.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	8,00	8,00	6,76	0,0354
Erro	7	8,29	1,18		
Total	8	16,29			

C.V.= 15,85%

**APÊNDICE 50.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	0,86	0,86	0,41	0,5487
Erro	5	10,52	2,10		
Total	6	11,38			

C.V.= 18,95%

**APÊNDICE 51.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	7,08	7,08	1,95	0,2058
Erro	7	25,48	3,64		
Total	8	32,56			

C.V.= 27,38%

**APÊNDICE 52.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	4,63	4,63	4,59	0,1654
Erro	2	2,01	1,00		
Total	3	6,65			

C.V.= 17,22%

**APÊNDICE 53.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CPA	1	7,63	7,63	1,38	0,3241
Erro	3	16,54	5,51		
Total	4	24,18			

C.V.= 33,61%

**APÊNDICE 54.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	2,13	2,13	2,55	0,1541
Erro	7	5,84	0,83		
Total	8	7,97			

C.V.= 34,05%

**APÊNDICE 55.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	10,29	10,29	25,48	0,0015
Erro	7	2,82	0,40		
Total	8	13,12			

C.V.= 25,65%

**APÊNDICE 56.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	0,64	0,64	0,29	0,6145
Erro	5	11,13	2,22		
Total	6	11,77			

C.V.= 43,96%

**APÊNDICE 57.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	3,48	3,48	2,00	0,1988
Erro	7	12,18	1,74		
Total	8	15,67			

C.V.= 37,63%

**APÊNDICE 58.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	2,34	2,34	16,68	0,0550
Erro	2	0,28	0,14		
Total	3	2,63			

C.V.= 17,64%

**APÊNDICE 59.** Resumo da análise da variância da variável comprimento de raiz de plântulas de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
CR	1	0,25	0,25	0,62	0,6468
Erro	4	4,15	1,03		
Total	5	4,40			

C.V.= 27,64%

**APÊNDICE 60.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 0 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,00000098	0,00000098	0,33	0,5841
Erro	7	0,00000209	0,00000299		
Total	8	0,0000218			

C.V.= 25,96%

**APÊNDICE 61.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 48 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,00001843	0,00001843	4,44	0,0731
Erro	7	0,00002905	0,0000415		
Total	8	0,0004748			

C.V.= 29,10%

**APÊNDICE 62.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 64 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,0000029	0,00000290	0,58	0,4820
Erro	5	0,00002514	0,00000503		
Total	6	0,00002804			

C.V.= 26,83%

**APÊNDICE 63.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 97 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,00000907	0,00000907	1,62	0,2440
Erro	7	0,00003923	0,0000560		
Total	8	0,00004830			

C.V.= 31,05%

**APÊNDICE 64.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 129 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	1,96E-6	1,96E-6	1,40	0,3590
Erro	2	2,81E-6	1,40E-6		
Total	3	4,77E-6			

C.V.= 20,26%

**APÊNDICE 65.** Resumo da análise da variância da variável peso da massa fresca da parte aérea de plântulas de azevém em solução de NaCl 145 mM em condições ambientais (14 dias). Porto Alegre, 2008.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
PFPA	1	0,00000353	0,00000353	0,62	0,4745
Erro	4	0,0002269	0,00000567		
Total	5	0,00002622			

C.V. = 37,80%