UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Dissertação

ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE ARROZ: CORRELAÇÃO ENTRE DOIS SISTEMAS DE CULTIVO

Rodrigo Danielowski

Pelotas, 2013

Rodrigo Danielowski

ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE ARROZ: CORRELAÇÃO ENTRE DOIS SISTEMAS DE CULTIVO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências (área do conhecimento: Fitomelhoramento).

Orientador: Prof. Dr. Luciano Carlos da Maia - FAEM/UFPel
Co-orientador: Prof. Ph.D. Antônio Costa de Oliveira. - FAEM/UFPel
Co-orientador: Dr. Ariano Martins de Magalhães Júnior, - EMBRAPA

Pelotas, 2013

Dados Internacionais de Publicação (CIP)

D184e Danielowski, Rodrigo
ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE ARROZ: CORRELAÇÃO ENTRE DOIS SISTEMAS DE CULTIVO / Rodrigo Danielowski; Luciano Carlos da Maia, orientador; Antônio Costa de Oliveira Oliveira, co-orientador. - Pelotas, 2013.
68 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.Estresse. 2.Correlação. 3.Abiótico. 4.Oryza sativa L.. 5.Salinidade. I. Maia, Luciano Carlos da , orient. II. Oliveira, Antônio Costa de Oliveira, co-orient. III. Título.

CDD: 633.18

Catalogação na Fonte: Gabriela Machado Lopes CRB:10/1842
Universidade Federal de Pelotas

Banca Examinadora:

Prof. Ph.D. Antonio Costa de Oliveira. - Dep. de Fitotecnia, FAEM/UFPel

Prof. Dr. . Ledemar Carlos Vahl – Dep. De Solos, FAEM/UFPel

Prof. Dr. José Antonio Peters. – Dep. De Botânica, IB/UFPel

A minha esposa Tais da Rosa Vieira.
Aos meus país Maria Terezinha Cardoso Danielowski e
Carlos Henrique Danielowski

Dedico e Ofereço

Agradecimentos

Á Deus, por me proteger e iluminar os meus caminhos, me dando sabedoria para fazer as escolhas certas.

Ao professor Luciano Carlos Da Maia pela orientação, confiança e apoio no desenvolvimento das atividades.

Ao professor Antonio Costa de Oliveira e ao pesquisador Ariano Martins de Magalhães Junior, pela co-orientação e auxilio na condução dos trabalhos.

Aos meus amigos e colegas, Elisane Weber Tessmann, Taiane Peres Viana e Mateus Olivo, que desde a graduação acompanham e contribuem para a minha formação profissional

Aos amigos, colegas do Centro de Genômica e Fitomelhoramento por terem contribuído no desenvolvimento dos meus trabalhos e pelos ensinamentos.

Aos estagiários, bolsistas de iniciação científica, do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, pela amizade e contribuição em todos os trabalhos.

A Universidade Federal de Pelotas, e a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, pela oportunidade de realização do curso de graduação e pós-graduação. A CAPES, por conceder a bolsa de mestrado.

RESUMO

DANIELOWSKI, Rodrigo. **Estresse em arroz (*Oryza sativa* L.): Correlação dos efeito de dois ambientes de cultivo**. 2013 68f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O arroz (*Oryza sativa* .L) é o segundo cereal mais produzido no mundo. A salinidade dos solos é um dos estresses abióticos mais severos para diversas espécies cultivadas. Atualmente 6 % das áreas agricultáveis do planeta apresentam limitação devido aos níveis de salinidade presentes no solo, estima-se que até o ano de 2050, 50% dos solos agricultáveis apresentem limitações devido a salinidade dos solos. O arroz é uma das culturas mais sensíveis a salinidade dos solos, reduções na produtividade são observados em níveis de condutividade elétrica de 3,0 dS m^{-1}. Os sistemas de cultivo hidropônico vem sendo cada vez mais utilizados em estudos científicos, sendo que uma das principais vantagem desta técnica, é o controle dos fatores estudados e a homogeneidade do ambiente. O presente trabalho teve como objetivo avaliar genótipos de arroz do banco de germoplasma da EMBRAPA clima temperado, em dois sistemas de cultivo hidropônico efetuando-se a correlação dos resultados obtidos nos dois sistemas. O experimento um foi conduzido em casa de vegetação e o segundo em ambiente com controle de fotoperíodo e temperatura. A solução nutritiva utilizada nos experimentos foi YOSHIDA et al. (1976) com algumas adaptações, e os níveis de salinidade empregados foram de 0, 30, 60 e 90 mM de NaCl. O estudo das correlações dos resultados foi realizado com os 24 genótipos que foram avaliados nos dois experimentos, adotando-se também apenas os nível de 0, 30 e 60 mM do fator dose. Os dois ambientes de cultivo proporcionaram variação da resposta dos genótipos em função dos níveis da concentração de NaCl. O sistema de cultivo em ambiente controlado no nível de 90 mM causou a morte de quase todas as plantas. O estudo da correlação não revelou associação entre os dois ambientes de cultivo, devendo-se realizar um próximo estudo em condições de campo para validar e comparar a eficiência dos métodos.

Palavra-chave: Estresse, Abiótico, Salinidade, NaCl, Hidropônico, Correlação, *Oryza sativa* L.

ABSTRACT

DANIELOWSKI, Rodrigo. **Stress in rice (*Oryza sativa* L.): Correlation of the effect of two culture environments**. 68p. 2013. Dissertation (Master of Science) – Postgraduate Program in Agronomy. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Rice (*Oryza sativa*. L) is the second most produced cereal worldwide. Soil salinity is one of the most severe abiotic stresses for various crop species. Currently, 6% of arable land on the planet have a limitation due to salinity levels in the soil, it is estimated that by the year 2050, 50% of agricultural soils present limitations due to soil salinity. Rice is one of the crops most sensitive to soil salinity, reductions in productivity are observed at levels of electrical conductivity of 3.0 dS m^{-1}. The hydroponic growing systems are being increasingly used in scientific studies, and a major advantage of this technique is the control of the studied factors and homogeneity of the environment. This study aimed to evaluate genotypes of rice germplasm bank of EMBRAPA temperate in two hydroponic growing systems effecting the correlation of the results obtained in the two systems. The one experiment was conducted in a greenhouse and the second in a room with controlled temperature and photoperiod. The nutrient solution used in the experiments was YOSHIDA et al. (1976) with some adaptations, and salinity levels used were 0, 30, 60 and 90 mM NaCl. The correlation study was conducted with 24 genotypes evaluated in two experiments, adopting also only 0, 30 and 60 mM as dose factors. The two cultivation environments provided genotype variation of the response as a function of NaCl concentration levels. The cropping system in a controlled environment at the level of 90 mM caused the death of almost all plants. The correlation study revealed no association between the two culture environments, should be made a further study in field conditions to validate and compare the efficiency of the methods.

Keyword: Stress, Abiotic, Salinity, NaCl, Hydroponic, Correlation, *Oryza sativa* L.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Média das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRAIZ) em gramas e área foliar (AREA) em cm^2, para o efeito simples de genótipo em plantas cultivadas em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 26
Tabela 1.2 - Média das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRAIZ) e área foliar (AREA), para o efeito simples de dose em plantas cultivadas em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.... 27
Tabela 1.3 - Médias da variável comprimento da parte aérea (CPA) em centímetros (cm) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl,: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 30
Tabela 1.4 - Médias da variável comprimento da raiz (CRAIZ) em centímetros (cm) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 31
Tabela 1.5 - Médias da variável número de folhas (NF) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 32
Tabela 1.6 - Médias da variável número de afilhos (NA) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 34
Tabela 1.7 - Médias da variável número de folhas dos afilhos (NFA) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.... 35
Tabela 1.8 - Médias da variável volume de raiz (VOL.RAIZ) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl,: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 36
Tabela 2.1 - Média das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSRAIZ) em gramas (g), para o efeito simples de genótipo em

plantas cultivadas em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 44
Tabela 2.2 - Média das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSRAIZ) em gramas (g), para o efeito simples do fator dose em plantas cultivadas em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 45
Tabela 2.3 - Médias da variável comprimento da parte aérea (CPA) em centímetros (cm) para os 28 genótipos cultivados em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 46
Tabela 2.4 - Médias da variável comprimento da raiz (CRAIZ) em centímetros (cm) para os 28 genótipos cultivados em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 47
Tabela 2.5 - Médias da variável número de folhas (NF) em unidades para os 28 genótipos cultivados em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 49
Tabela 2.6 - Médias da variável área foliar (AREA) em centímetros quadrados (cm^2) para os 28 genótipos cultivados em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl,: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva. 50
Tabela 3.1 – Coeficiente de correlação de Pearson entre o cultivo hidropônico em casa de vegetação e cultivo em ambiente controlado, para as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CRAIZ), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRAIZ) e área foliar (AREA) em 24 genótipos de arroz submetidos ao estresse salino com três concentrações de NaCl: 0, 30 e 60 mM em solução nutritiva. 59

SUMÁRIO

RESUMO.....vii

ABSTRACT viii

LISTA DE TABELAS ix

SUMÁRIO.....xi

INTRODUÇÃO GERAL 13

CAPÍTULO I 20

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ AO ESTRESSE SALINO EM CASA DE VEGETAÇÃO 20

1.1 INTRODUÇÃO..... 21

1.2 MATERIAL E MÉTODOS 22

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 24

1.4 CONCLUSÃO 38

CAPÍTULO II 39

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ AO ESTRSSE SALINO EM AMBIENTE CONTROLADO 39

2.1 INTRODUÇÃO..... 40

2.2 MATERIAL E MÉTODOS 41

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 43

2.4 CONCLUSÃO 52

CAPITULO III 53

CORRELAÇÕES ENTRE DOIS AMBIENTES DE AVALIAÇÃO AO ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE ARROZ 53

3.1 INTRODUÇÃO..... 54

3.2 MATERIAL E MÉTODOS 55

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 57

3.4 CONCLUSÃO 60

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: 61

APÊNDICES..... 66

INTRODUÇÃO GERAL

O arroz, é a terceira *commoditiy* mais produzida no mundo, sendo também o segundo cereal em produtividade, com aproximadamente de 4,4 Mg ha^{-1}, totalizando mais de 722 milhões de Megagramas em todo o mundo (FAOSTAT, 2013). Assume grande importância social e econômica, uma vez que segundo o centro de notícias da Organização das Nações Unidas (ONU) a população mundial atingiu em Outubro de 2011 a marca de 7 bilhões de habitantes, sendo que cerca de metade destas pessoas conforme estimativas do International Rice Researche Institute (IRRI, 2013) dependem do arroz para se alimentar. O Brasil é o país com a maior produção de arroz (11,9 milhões Mg) fora do continente asiático (FAOSTAT, 2013). Na safra 2012/13 a área cultivada foi de 2,4 milhões de hectares, com produtividade média de 4,9 Mg ha^{-1}. O Rio Grande do Sul responde por 67,2% da produção brasileira, com produtividade média de 7,5 Mg ha^{-1}, gerando uma produção total de 8 milhões Mg (CONAB, 2013).

Em condições naturais ou de cultivo as plantas estão constantemente expostas a adversidades que causam interferência em sua homeostase. Estas adversidades podem ser de caráter biótico e abiótico e são comumente denominados de estresse. O conceito de estresse está intimamente ligado ao conceito de tolerância ao estresse, que é a aptidão das plantas em enfrentar ambientes desfavoráveis ao crescimento e desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2004). A produtividade das culturas é expressa em função do genótipo da espécie cultivada, do ambiente de cultivo e da interação do genótipo com o ambiente (MAGALHÃES JUNIOR, 2010). Sendo assim situações que provoquem distúrbios de ordem fisiológica reduzem a eficiência das plantas na

sintetese de fotoassimilados acarretando perdas de produtividade e reduzindo a produção dos sistemas agrícolas.

O estudo dos estresses abióticos tem ganhado cada vez mais importância, uma vez que está diretamente ligado às condições edafoclimaticas das regiões de cultivo, sendo que entre as formas de estresse abiótico, a salinização dos solos destaca-se pela severidade de seus danos as culturas (ANDJELKOVIC e THOMPSON, 2006; YAMAGUCH-SHINOZAKI e SHINOZAKI, 2006; LAL et al., 2007). O estresse salino reduz a produtividade de uma grande quantidade de espécies cultivadas em todo o mundo (MANSOUR et al., 2003, LUTTS et al., 2004), o arroz é uma destas culturas e é classificado como uma espécie sensível (MUNNS e TESTER, 2008), ou seja, apresenta decréscimo de produtividade em níveis de condutividade elétrica da ordem de 3,0 dS m^{-1} que correspondem a perdas de 12% para cada dS m^{-1} acima do limite tolerável (MAAS, 1993).

O primeiro relato escrito de solo com problemas de salinidade data de aproximadamente 2400 anos aC. na região das planícies aluviais dos rios Tigres e Eufrates no Iraq (RUSSEL, KADRY, e HANNA, 1965). Solos afetados por salinidade são encontrados em praticamente todas as regiões climáticas, desde o tropico húmido até regiões polares, em diferentes altitudes e abaixo do nível do mar, por exemplo, ao redor do Mar Morto e até mesmo em montanhas acima de 5000 metros, como o planalto Tibetano e as Montanhas Rochosas, não limitando-se assim a regiões desérticas ou semiáridas (SINGH e CHATRATH, 2001).

O USDA (United States Department of Agricultura) classifica os solos quanto a salinidade em função da condutividade elétrica em extrato de solo saturado, sendo aferida em deciSiemens por metro (dS m^{-1}) ou em miliSiemens por centímetro (mS cm^{-1}), desta forma os solos foram classificados como salinos quando apresentam condutividade elétrica igual ou superior a 4 dS m^{-1} que corresponde a aproximadamente 40 mM de NaCl, que por sua vez gera uma pressão osmótica ao redor de 0,2 MPa (USDA-ARS, 2008).

Estima-se que aproximadamente 6% das áreas agricultáveis do planeta, ou seja, mais de 800 milhões de hectares já apresentam algum grau de limitação em função da salinidade dos solos (FAO, 2008), outra estimativa também de grande importância e muito preocupante é de que até 2030 ocorra um aumento

de 30%, chegando em 2050 com aproximadamente 50% das terras agricultáveis com algum grau de limitação em função dos níveis de salinidade presentes no solo (FAO, 2006). Soma-se a estes fatos a alta taxa do crescimento populacional que segundo estimativas da (FAO, 2010) deverá alcançar em 2030 a marca de 8,3 bilhões de habitantes. Sendo que para garantir a segurança alimentar da população em crescimento será necessário aumentar a produção de grãos em 57% até o ano de 2050 (WILD, 2003).

Existem dois processos que promovem o aumento da salinidade dos solos. Primeiramente temos a salinidade de causa natural, denominada de salinidade primária, a segunda forma de salinização dos solos é a salinidade causada pela intervenção do homem no ambiente, salinidade secundária. A salinidade primária possui várias origens, uma delas é o intemperismo da rocha original que se desgasta e libera os sais solúveis para o meio que se acumulam nos solos, outro fenômeno é o acréscimo de sais por meio da ascensão dos lençóis freáticos pouco profundos em regiões áridas, que em condições de alta evapotranspiração alcançam camadas mais superficiais carregando os sais solúveis das camadas inferiores para a zona radicular (CARMMONA et al., 2011). Também temos a deposição de cloreto de sódio no solo através da chuva e dos ventos em regiões litorâneas, sendo que nestas regiões a chuva pode conter de 6 – 50 mg de cloreto de sódio por quilograma de água da chuva, ocorrendo um decréscimo neste valor conforme a distância em relação ao oceano (MUNNS, 2009). Em função da quantidade de sal que a chuva pode carregar, estimou-se que a ocorrência de uma precipitação de 100 mm com uma concentração de cloreto de sódio de 10 mg Kg^{-1}, deposita 10 Kg de NaCl por hectare (MUNNS, 2009). No estado do Rio Grande Do Sul o processo de formação da Laguna dos Patos proporcionou a formação dos páleocanais, que estão relacionados aos últimos grandes eventos transgressivos-regressivos do período Quaternário (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995). Estes páleocanais propiciam a mistura da água salgada do mar com a água doce da Laguna dos Patos, que em função das condições de evapotranspiração pode promover um deslocamento de água salgada para o interior da Laguna dos Patos, abastecendo a laguna e os lençóis freáticos com água salgada do mar (CARMMONA et al., 2011).

O processo de salinização secundária se dá principalmente por meio da intervenção do homem no equilíbrio hidrológico. Toda água utilizada na irrigação

até mesmo as consideradas de boa qualidade, sejam subterrâneas ou de rios e lagoas, possuem sais dissolvidos (CARILLO et al., 2011), como Ca^{++}, Mg^{++} e Na^{+}, sendo que os dois primeiro após a evaporação da água precipitam e formam carbonatos, deixando o sódio como elemento dominante no solo (SERRANO et al., 1999). Outro processo se dá pelo dimensionamento incorreto da irrigação, que acaba por fornecer um volume muito superior de água ao qual as plantas necessitam, promovendo um abastecimento e posterior elevação do nível dos lençóis freáticos fazendo com que sais presentes nas camadas mais inferiores do solo sejam transportados para camadas mais superiores, as plantas por sua vez absorvem a água e consequentemente começa a se formar um acumulo de sais na rizosfera, formando níveis de sal incompatíveis com o desenvolvimento normal da maioria das culturas (MUNNS, 2009).

No Brasil a área afetada pela salinidade é de aproximadamente 4 milhões de hectares, no estado do Rio Grande Do Sul, que responde por 67% da produção nacional, apresenta cerca de 200 mil ha^{-1} que estão sujeitos a problemas de salinidade em níveis variados (MACHADO e TERRES 1995; OLIVEIRA, 1997). De maneira geral, os solos do Rio Grande do Sul estão pouco sujeitos à salinização, mesmo aqueles que apresentam problemas de drenagem. Isto ocorre devido ao volume de chuvas suficiente para lixiviar os sais solúveis acumulados, especialmente o NaCl. Nas lavouras de arroz irrigado das Planícies Costeiras do RS, problemas de salinidade do solo podem ocorrer, devido à irrigação com água salina e também pela própria formação dos solos, originados de sedimentos marinhos (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995). A região sul da costa brasileira possui um grande número de lagoas costeiras que são separadas do oceano por uma pequena barreira arenosa que funciona como um obstáculo ao fluxo superficial de água doce (MACHADO et al., 2008). A irrigação de lavouras de arroz com água salina proveniente de rios litorâneos e da Laguna dos Patos é um fator que contribui para a salinidade dos solos da região.

A salinidade dos solos afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas de arroz em dois fundamentais estádios, sendo que estes tem ligação direta com os níveis de produtividade das lavouras. Durante a germinação o arroz é tolerante a níveis de salinidade de aproximadamente 12 dS m^{-1}, passando rapidamente para uma fase de alta sensibilidade durante o estádio plântula (1-3 semanas),

sendo esta afetada por níveis de salinidade entre 2,0 e 3,0 dS m^{-1}, provocando uma redução no estabelecimento do estande de plantas, reduzindo a produção e a produtividade das lavouras. Outro período crítico para a cultura inicia 10 dias antes e se estende até 10 dias após ao período correspondente a floração, sendo que a planta de arroz é sensível a níveis de salinidade entre 2,0 e 5,0 dS m^{-1}, nesta fase a presença da salinidade ocasiona a infertilidade das flores acarretando em um grande número de panículas improdutivas reduzindo muito a produtividade das propriedades (SINGH e FLOWERS 2010).

Durante o crescimento e o desenvolvimento a salinidade dos solos pode afetar as plantas de duas maneiras, altas concentrações de sal no solo prejudicam a absorção de água pelas raízes uma vez que esta fica retida no solo a pressões osmóticas suficientes para gerar um quadro característico de deficiência hídrica para as culturas. A outra maneira vem por meio da toxidez dos íons absorvidos em altas concentrações pela planta (MUNNS, SCHACHTMAN, e CONDON, 1995; HASEGAWA, BRESSAN, ZHU, e BOHNERT, 2000; MUNNS, 2002; MUNNS e TESTER, 2008). Na primeira fase do estresse salino que é caracterizado como a fase osmótica, a planta responde imediatamente com uma redução significativa na taxa de crescimento da parte aérea assim que, os níveis de salinidade do solo atinjam o limiar, que é de 3,0 dS m^{-1}. Esta estratégia resulta em uma menor área foliar, ou seja, uma menor superfície de transpiração refletindo em uma menor necessidade de água, o que evita o aumento da concentração de sais ao redor das raízes, porém esta estratégia não é eficiente para longos períodos de estresse (HASEGAWA et al., 2000). A segunda estratégia adotada pelas plantas vem por meio do controle dos níveis de sódio no interior das células. Este processo envolve a regulação da expressão de canais transportadores específicos que controlam a entrada e a distribuição dos íons em toda a planta (CARILLO et al., 2011). A exclusão de sódio a partir das folhas está associado a tolerância a salinidade em poaceas como arroz, trigo e cevada (MUNNS e TESTER, 2008). Esta estratégia se dá por meio de uma menor absorção de sódio pelas células do cortéx da raiz e pelo controle rigoroso do transporte liquido das células do parênquima para o xilema (DAVENPORT et al., 2005). Assim a exclusão de sódio pelas células da raiz evita o acumulo de sal na lamina foliar, sendo que uma falha neste sistema de exclusão permite o surgimento de efeitos de fitotoxidade por sódio em alguns

dias ou semanas dependendo da espécie (MUNNS e TESTER, 2008). Outra estratégia utilizada pelas plantas é uma eficiente compartimentalização do Na^+ e do Cl^- a nível celular e intracelular evitando concentrações toxicas dentro do citoplasma (MUNNS e TESTER, 2008), e síntese de solutos compatíveis como Prolina e Glicina Betaína. Estes solutos desempenham um papel osmoprotetor evitando a desnaturação de enzimas e protegendo a estrutura celular através da limpeza de espécies reativas de oxigênio (HASEGAWA et al, 2000).

O desenvolvimento de cultivares de arroz irrigado no Rio Grande Do Sul pelos programas de melhoramento se deu em sua grande maioria em condições de nula ou então de baixa salinidade, desta maneira não deve haver genótipos tolerantes a salinidade provenientes dos programas de melhoramento do Rio Grande Do Sul até os dias de hoje. A existência de diferenças entre genótipos quanto à capacidade de absorção de nutrientes, tolerância a elementos tóxicos e eficiência de utilização dos nutrientes absorvidos no processo de produção das plantas é um fato comprovado em várias espécies de plantas cultivadas (CLARK, 1983; FURLANI et al., 1986).

O cultivo hidropônico é uma importante e eficiente ferramenta na avaliação de plantas em resposta a estresses abióticos, salientando o fato de se controlar as condições ambientais e os níveis do fator estressante em estudo, porém o mesmo afirma a que o cultivo em sistema hidropônico deve ser empregado como uma ferramenta de investigação (SHAVRUKOV et al., 2012). A discriminação dos genótipos quanto a tolerância a diferentes níveis de salinização deve ser feita com técnicas que permitam a repetitividade dos resultados a campo e que proporcione o trabalho com um grande número de matérias, fato que a campo se torna difícil já que existem heterogeneidades química e física nos solos, ocasionando a não receptibilidade dos resultados, devido as interações com o ambiente. A caracterização em cultivo hidropônico vem sendo utilizadas em instituições como o Instituto Internacional De Pesquisa Em Arroz (IRRI) e no centro de genômica funcional de plantas na Universidade Australiana de Adelaide em estudos de estresses abióticos, entre eles o sal, sendo reportada a eficiência deste sistema por estas instituições em diversos meio de comunicação científicos. O fato é que todas estas instituições realizaram seus estudos em ambientes do tipo casa de vegetação, sendo que a técnica de cultivo hidropônico aliada a

sistemas com controle de temperatura, luz e umidade pode ser vantajosa do ponto de vista de se minimizar os efeitos do ambiente e da praticidade da aplicação da técnica, uma vez que o trabalho pode ser conduzido em laboratório apropriado proporcionado o uso do sistema continuamente durante todo o ano.

Sendo assim este trabalho teve o objetivo de realizar o estudo comparativo de cultivares de arroz irrigado durante a fase vegetativa em resposta a níveis de salinidade em dois sistemas de cultivo hidropônico e correlacionar suas respostas gerando informações complementares a bibliografia existente, além de dar suporte com informações científicas sobre as cultivares estudadas e sobre os sistemas de cultivo utilizados, possibilitando uma seleção mais adequada de genótipos que irão compor cruzamentos que tenham por objetivo uma maior tolerância aos níveis de salinidade encontrados no estado do Rio Grande do Sul, ou até mesmo em outras regiões.

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ AO ESTRESSE SALINO EM CASA DE VEGETAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

O estudo do estresse abiótico tem ganhado cada vez mais importância, uma vez que está diretamente ligado às condições edafoclimaticas das regiões de cultivo, sendo que dentre as formas de estresse abiótico, a salinização dos solos destaca-se pela severidade de seus danos as culturas (ANDJELKOVIC E THOMPSON, 2006; YAMAGUCH-SHINOZAKI E SHINOZAKI, 2006; LAL et al., 2007).

A tolerância do arroz à salinidade varia conforme o estádio de desenvolvimento da cultura, sendo as fases de plântula e florescimento as mais críticas para esta cultura. Quando em níveis acima do tolerável, a salinidade dos solos ocasiona perdas no estabelecimento de estande e diminuição do afilhamento, clorose e morte de folhas e redução da estatura de plantas, além de aumentar a esterilidade das espiguetas e o número de afilhos não produtivos.

O *screening* de genótipos de arroz e outras espécies cultivadas pelo homem vem sendo realizados em diversas instituições de pesquisa ao redor do mundo, identificando a variabilidade existente em resposta aos níveis de salinidades dos solos. Os protocolos existentes, em sua maioria utilizam sistemas de cultivo hidropônico, uma vez que nestes sistemas é possível ter um maior controle dos fatores, como a homogeneidade do substrato empregado, a solução nutritiva fornecida e principalmente os níveis e a qualidade do fator estressante. Já nos estudos realizados em campo, uma série de fatores intríncicos ao ambiente interferem diretamente no desempenho das culturas, como a heterogeneidade dos solos e a dificuldade de se controlar os níveis do fator em estudo. Estes fatores por não serem controlados podem mascarar as respostas da espécie em estudo levando a conclusões incorretas.

Desta forma o presente trabalho tem o objetivo identificar por meio de cultivo hidropônico em casa de vegetação genótipos de arroz que durante a fase vegetativa possuam características genéticas capazes de proporcionar uma maior tolerância a ambientes com níveis de salinidade que impediriam o estabelecimento de genótipos sensíveis, obtendo-se assim informações suficientes para o auxílio no estabelecimento de estratégias de melhoramento na obtenção de genótipos superiores.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos meses de Dezembro/2011 e Janeiro/2012 em estufa da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel na Universidade Federal de Pelotas, *campus* do Capão do Leão, localizado no município do Capão do Leão – RS, equipada com bancadas onde foram instalados pequenos tanques com capacidade total de 20 litros e bandejas multicelulares, para a condução do experimento em sistema de cultivo hidropônico tipo *floating*. Os genótipos utilizados no estudo pertencem a coleção de trabalho da Embrapa Clima Temperado, sendo utilizados 24 genótipos BRS 6 CHUI, BRS 7 TAIM, BRS CONAI, BRS COLOSSO, BRS AGRISUL, BRS LIDERANÇA, BRS LIGEIRINHO, BRS QUERÊNCIA, BRS PELOTA, BRS ATALANTA, BRS BOJURU, BR IRGA 413, BR IRGA 411, BR IRGA 410, IRGA 418, IRGA 416, IRGA 420, IRGA 417, BRS SINUELO, IR8, DIAMANTE, BRS TALENTO, CANA ROXA e BRS PAMPA. As sementes dos 24 genótipos foram colocadas para germinar em *gerbox* utilizando-se duas folhas de papel filtro dobradas em forma de gaita de modo que formassem um mínimo de dez calhas uteis. Em cada calha da gaita foram colocadas no mínimo dez sementes previamente tratadas, sendo que para cada genótipo foram colocados para germinar um total de quatro *gerbox*. Obtendo-se assim o dobro de plântulas necessárias para a montagem do experimento, sendo esta técnica adotada como controle preventivo da desuniformidade e qualidade das sementes e para que o experimento fosse instalado com 100% de plântulas normais e sadias. O tratamento das sementes foi realizado primeiramente com álcool 70% pelo período de um minuto, sendo realizado na sequencia o tratamento com solução de hipoclorito de sódio em concentração de 2,5 % por dez minutos e ao final as

sementes foram lavadas com água destilada, para eliminar os resíduos dos tratamentos.

Os *gerbox* com as sementes foram colocados para germinar em incubadora do tipo B.O.D. com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 14 horas, permanecendo nestas condições por 14 dias. Após o período de germinação plântulas normais foram transplantadas para as bandejas multicelulares de 72 celulas que foram preenchidas com o substrato vermiculita expandida de granulometria média já umedecida com solução nutritiva normal, permanecendo com esta solução pelo período mínimo de uma semana, evitando-se assim o somatório do estresse causado pelo transplante, com o efeito dos tratamentos com doses de sal. Após o período de aclimatação em solução nutritiva normal, as bandejas foram irrigadas com água destilada em abundância, para proporcionar a lixiviação dos nutrientes no substrato. Após o escorrimento da água, cada bandeja foi instalada em seu respectivo tanque, agora contendo solução nutritiva com suas respectivas doses de sal, ficando neste sistema por um período de 21 dias. A solução nutritiva foi trocada semanalmente e sempre realizando o processo de esgotamento dos nutrientes com a irrigação em abundancia da bandeja com água destilada, evitando-se assim o acumulo de sais no substrato. O delineamento experimental adotado foi em parcela subdividida com três blocos, sendo o fator dose a parcela e o fator genótipo a subparcela.

A solução nutritiva fornecida foi a solução de YOSHIDA et al., (1976), realizando-se a substituição do Fosfato de Sódio Monobásico ($NaH_2PO_4.2H_2O$) pelos reagentes Fosfato de Potássio Monobásico (KH_2PO_4) e Fosfato de Potássio Dibásico (K_2HPO_4) sendo estas as substituições utilizadas por (SINGH et al., 2010), devido à presença de sódio na composição do Fosfato de Sódio, evitando-se assim um acréscimo na concentração do íon sódio na composição final da solução nutritiva. A composição final da solução nutritiva foi de: 1,4 mM NH_4NO_3; 0,7 mM K_2SO_4; 0,27 mM KH_2PO_4; 0,057 mM; K_2HPO_4; 1 mM $CaCl_2$ $6.H_2O$; 1,64 mM $MgSO_4$ $7.H_2O$; 9,47 µM $MnCl_2$ $4.H_2O$; 0,0748 µM $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ $4.H_2O$; 18,81 µM H_3BO_3; 0,1522 µM $ZnSO_4$ $7.H_2O$; 0,1502 µM $CuSO_4$ $5.H_2O$; 35,62 µM $FeCl_3$ $6.H_2O$ com pH ajustado para 4,5. O estresse foi gerado pela a adição de NaCl P.A., na solução nutritiva nas concentrações de 0, 30, 60 e 90

mM. A escolha das doses de sal foi baseada no limite tolerável pelo arroz conforme descrito por (MASS, 1993) e pelos níveis de salinidade encontrados em solos do Rio Grande do Sul apresentados por (CARMONA et al., 2011) no boletim técnico n° 10 do IRGA .

Após o período de 21 dias todas as plantas foram avaliadas em função do comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (C.RAIZ), volume de raiz (V.RAIZ), número de folhas (NF), número de afilhos (NA), número de folhas dos afilhos (NFA), área foliar (ÁREA), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSRAIZ). Os comprimentos foram obtidos com régua graduada em centímetros, para a avaliação do volume de raiz, procedeu-se primeiramente a limpeza do sistema radicular para eliminar o substrato aderido as raízes e logo em seguida mediu-se o volume deslocado pelas raízes em uma proveta graduada em mL, imediatamente após a leitura do volume de raízes efetuou-se a estimação da área foliar das plantas em um determinador fotoelétrico (Area Meter, modelo LI-3100 da Li-cor Ltda.) pertencente ao programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes – UFPel, que fornece a leitura diretamente em cm^2. Após a coleta dos dados morfológicos e já com as plantas separadas em sistema radicular e parte aérea colocou-se cada parte da planta em um saco de papel devidamente identificado, colocando-se estes para secar em estufa de ventilação forçada com temperatura ajustada para 60 °C até que atingissem peso seco constante, efetuando-se a avaliação da massa seca em balança analítica com precisão de três casas decimais. Após as coletas de dados, estes foram analisados com o uso dos softwares SAS® LEARNING EDITION (2013) e o Genes (CRUZ, 2009).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a verificação das pressuposições do modelo estatístico de aditividade de efeitos, erros não correlacionados e distribuição normal dos erros, efetuou-se a transformações necessárias, realizou-se a análise de variância. As variáveis número de afilhos e número de folhas dos afilhos, foram transformadas pela raiz quadrada do valor observado acrescido de três oitavos $\sqrt{\left(y+\frac{3}{8}\right)}$, sendo toda a análise realizada com os dados transformados efetuando-se a

retransformação dos dados para os valores reais apenas nos resultados finais da análise.

Com os resultados da análise de variância foi possível detectar efeitos simples dos fatores dose e genótipo para as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRAIZ) e área foliar (AREA). Detectou-se também efeito significativo para a interação dos fatores para as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CRAIZ), número de folhas (NF), número de afilhos (NA), número de folhas dos afilhos (NFA) e volume de raiz (VOL.RAIZ). Após a verificação dos efeitos dos tratamentos na análise de variância, procedeu-se o agrupamento de médias segundo o procedimento proposto por (SCOTT e KNOTT, 1974) que utiliza a razão de verossimilhança para atestar a significância de que os tratamentos podem ser divididos em dois grupos que maximizem a soma de quadrados entre grupos (RAMALHO et al., 2012), tornando a visualização dos resultados mais dinâmica e de fácil interpretação.

São apresentados na tab. 1.1 os efeitos simples do fator genótipo para as variáveis massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e área foliar. Observa-se a formação de quatro categorias de médias para a variável MSPA, destacando-se os genótipos BRS LIGEIRINHO, IRGA 410, BRS AGRISUL, BR IRGA 413 e BRS CONAI sendo os que formam o grupo que obteve os maiores valores de pesos seco da parte aérea. Para a variável MSRAIZ os genótipos continuam sendo agrupados em quatro categorias, porém apenas os genótipos BR IRGA 410 e BR IRGA 413 fazem parte do grupo que obteve as maiores médias, os genótipos BRS LIGEIRINHO e BRS AGRISUL compõem a segunda categoria de médias, e, sendo respectivamente as que obtiveram maiores médias dentro da categoria (b). Os genótipos BRS AGRISUL, BR IRGA 410 e BRS LIGEIRINHO mantiveram-se como os genótipos com as maiores médias observadas formando um grupo com médias semelhantes, na variável área foliar.

Tabela 1.1 - Média das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRAIZ) em gramas e área foliar (AREA) em cm^2, para o efeito simples de genótipo em plantas cultivadas em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	MSPA	MSRAIZ	AREA
BRS LIGEIRINHO	2,29 a	1,08 b	404,82 a
BR IRGA 410	2,12 a	1,23 a	407,01 a
BRS AGRISUL	2,07 a	1,06 b	420,66 a
BR IRGA 413	1,96 a	1,37 a	348,40 b
BRS CONAI	1,93 a	0,84 c	327,43 b
IRGA 418	1,80 b	1,05 b	358,13 b
BR IRGA 411	1,67 b	0,84 c	252,68 c
BRS LIDERANÇA	1,66 b	1,00 b	242,45 c
IRGA 417	1,57 b	1,01 b	291,44 c
BRS 6 CHUI	1,54 b	0,80 c	293,42 c
IRGA 420	1,43 c	0,75 c	252,71 c
BRS QUERÊNCIA	1,37 c	0,88 b	308,12 b
BRS PAMPA	1,36 c	0,74 c	248,57 c
IRGA 416	1,34 c	0,72 c	270,08 c
CANA ROXA	1,23 c	0,72 c	250,35 c
BRS ATALANTA	1,21 c	0,57 d	248,15 c
BRS TALENTO	1,13 c	0,62 d	237,68 c
IR8	1,12 c	0,58 d	272,28 c
DIAMANTE	1,12 c	0,61 d	174,05 d
BRS 7 TAIM	0,95 d	0,57 d	218,22 d
BRS COLOSSO	0,92 d	0,45 d	176,80 d
BRS PELOTA	0,92 d	0,53 d	207,62 d
BRS BOJURU	0,91 d	0,51 d	163,63 d
BRS SINUELO	0,75 d	0,35 d	164,46 d

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

O genótipo BR IRGA 410 é uma linhagem vinda do CIAT-Colômbia, a qual foi avaliada e liberada para o cultivo em 1980, sendo ela uma das precursoras do aumento de produtividade no Rio Grande do Sul, são características desta cultivar o alto índice de afilhamento e a mediana tolerância aos danos por frio na fase reprodutiva (TERRES et al., 2004). Segundo a fonte citada anteriormente, o genótipo BRS LIGEIRINHO (planta lisa) foi uma seleção feita dentro da BR IRGA 410 (planta pilosa) sendo o genótipo BRS LIGEIRINHO caracterizado como sensível ao nível de salinização de 40 mM a partir da diferenciação da panícula, sendo esta última característica também é presente na BRS AGRISUL, que tem sua origem no cruzamento da BRS LIGEIRINHO com a CL seleção 49-

2, ambas do programa de melhoramento da EMBRAPA Clima Temperado. Os melhores resultados para área foliar na tab. 1.1 são confirmados pela associação genética entre estas três cultivares.

Os efeitos simples do fator dose para as variáveis massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e área foliar são apresentados na tab. 1.2, na tabela é possível observar que as dose de 60 e 90 milimolar de cloreto de sódio, causaram redução das variáveis estudadas, sendo que para a MSRAIZ e AREA os danos foram mais severos, uma vez que estes formaram três categorias de média na linha, em quanto para a MSPA foi dividida em duas categorias. Outra observação que se pode fazer é que as médias na dose de 30 mM foram superiores ou praticamente iguais as médias na dose controle (zero de NaCl), mesmo assim estas médias formaram um único grupo em suas respectivas variáveis.

Tabela 1.2 - Média das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRAIZ) e área foliar (AREA), para o efeito simples de dose em plantas cultivadas em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

VARIÁVEL	NaCl [mM]			
	0	30	60	90
MSPA	1,53 A	1,60 A	1,31 B	1,29 B
MSRAIZ	0,96 A	0,95 A	0,70 B	0,54 C
AREA	303,68 A	325,03 A	255,14 B	206,00 C

Médias acompanhadas da mesma letra na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Para a variável comprimento de parte aérea a interação dos fatores teve efeito significativo sendo os resultados apresentados na tab. 1.3. Para esta variável pode-se destacar o comportamento do genótipo BRS LIGEIRINHO que teve redução significativa de seu comprimento na dose de 30 mM de NaCl, mantendo-se estável nas demais doses, sendo incluída na categoria de médias (b) nas doses de 60 e 90 mM, sendo que nestas duas doses os genótipos tiveram suas médias separadas em cinco grupos. O genótipo BRS BOJURU que é uma planta pertencente a subespécie *japonica* e tem como uma das principais características a tolerância ao frio, também apresentou redução significativa para a dose de 30 mM de NaCl, porém nas demais doses manteve seu comprimento semelhante ao do tratamento controle, este genótipo é integrante do grupo (d),

para a dose controle 0 mM, sendo que as médias do fator genótipo foram divididas em até seis grupos pelo método empregado. Os genótipos BRS TALENTO e BRS CONAI se comportaram de forma semelhante, apresentando aumento significativo do CPA na dose 30 mM, sendo que, neste nível os genótipos foram respectivamente classificados nos grupos (d) e (b). Nas dose de 60 e 90 mM os genótipos tiveram, uma redução significativa na primeira e aumento na segunda, mantendo-se no final na categoria (A) para diferença na linha. Os genótipos BRS TAIM, BR IRGA 413, IRGA 420 e BRS PAMPA foram os genótipos que tiveram as reduções mais significativas em seus comprimentos, sendo estas as únicas cultivares que tiveram as médias separadas em três grupos na linha. Outra observação que pode ser feita é que os genótipos BR IRGA 413 e BRS PAMPA mantiveram-se estáveis entre a dose zero e 30 mM, tendo um forte declínio em seus comprimento nas doses de 60 e 90 mM. Outro fato de importância é que a BR IRGA 413 mantem-se entre os genótipos que compõem o grupo (a) nas doses de 0, 30 e 60 mM sendo rebaixado para a categoria (b) apenas na última dose. O genótipo BR IRGA 413 é caracterizado como uma planta de alto vigor inicial, tolerando a semeadura no cedo, quando as temperaturas no estado do Rio Grande do Sul são baixas (TERRES et al., 2004 Jr., 2004). O alto vigor característico do genótipo BR IRGA 413 beneficiou a sua resposta frente ao estresse, uma vez que todos os tratamentos permaneceram pelo período de uma semana em solução nutritiva normal, favorecendo um maior desempenho para quem tem maior vigor nesta fase de crescimento. Uma análise que corrige este efeito e que será adotada em analises posteriores é o desempenho relativo, que atribui aos tratamentos controle o valor de 100%, fazendo para os demais tratamentos uma relação com este.

Outra abordagem para o estudo dos resultados pode ser feita observando-se os genótipos que se mantiveram estáveis nas diferentes doses. Assim pode-se dar atenção aos genótipos BRS COLOSSO, BRS LIDERANÇA, BR IRGA 411, IRGA 416, BRS SINUELO, IR8 e DIAMANTE que não diferiram estatisticamente do tratamento controle (zero de NaCl) que deve ser visto como uma resposta muito positiva para estes genótipos, observando-se para estes uma resposta isolada do efeito de genótipo, como é demostrado pelo fato destes ficarem quase sempre em grupos distintos na coluna.

Uma importante observação deve ser feita ao BRS SINUELO na tab.1.3 que é um genótipo tolerante ao grupo de herbicidas das imidazolinonas, sendo este é resultante do cruzamento e retrocruzamento da cultivar BRS 7 TAIM e 93AS3510, recuperando-se 88% do genoma do BRS 7 TAIM, proporcionado resposta diferenciada destes genótipos aos efeitos do fator dose de NaCl empregadas neste estudo.

Os resultados para a variável comprimento da raiz são apresentados na tab. 1.4, onde é possível observar em uma análise mais ampla o efeito do fator dose, olhando-se apenas as categorias de médias que se formaram para os genótipos nas quatro concentrações de NaCl. É possível observar que na dose controle obtém-se a máxima separação de médias em grupos, cinco categorias. Já para a dose de 30 mM formaram quatro categorias, que reduzem para três na dose de 60 mM e na última dose ocorre a formação de quatro grupos, porém dos 24 genótipos, 19 estão agrupados nas categorias (a) e (b), três na categoria (c) e apenas dois na categoria (d). Com esta prévia observação pode-se perceber o quanto esta variável é afetada pela concentrações de sal em solução e que a maioria dos genótipos não se distinguem muito a medida que a concentração de NaCl aumenta.

Os genótipos BRS QUERÊNCIA, BR IRGA 413 e BR IRGA 411 apresentam os maiores comprimentos para o tratamento controle, porém já na primeira dose de sal, 30 mM apresentam redução no comprimento desta variável, sendo este efeito significativo apenas para o genótipo BRS QUERÊNCIA. Já na dose de 60 mM de cloreto de sódio o genótipo BRS QUERÊNCIA se mantem estável, ocorrendo redução significativa para os dois genótipos BR IRGA. Na última dose o genótipo BRS QUERÊNCIA mantém-se estável enquanto o BR IRGA 411 tem a sua média aumentada, mas o genótipo BR IRGA 413 manteve a tendência de redução no comprimento da raiz ficando no grupo (c) de médias para a última dose.

Tabela 1.3 - Médias da variável comprimento da parte aérea (CPA) em centímetros (cm) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl,: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [mM]											
	0			30			60			90		
BR IRGA 413	55,04	a	A	55,51	a	A	49,52	a	B	45,85	b	C
CANA ROXA	54,79	a	A	53,58	a	A	46,05	b	B	46,88	b	B
BRS LIGEIRINHO	54,61	a	A	44,22	c	B	45,42	b	B	44,86	b	B
BR IRGA 411	53,22	a	B	55,08	a	B	52,71	a	B	58,75	a	A
IRGA 418	50,43	b	A	48,65	b	A	42,16	b	B	39,96	c	B
DIAMANTE	47,90	b	A	49,64	b	A	47,38	b	A	45,72	b	A
IRGA 417	47,73	b	A	45,07	c	A	36,73	c	B	36,79	c	B
BRS LIDERANÇA	46,14	b	A	46,70	c	A	44,22	b	A	45,18	b	A
BRS ATALANTA	44,98	c	A	42,41	d	A	40,31	c	B	37,88	c	B
BRS PAMPA	44,48	c	A	44,53	c	A	38,73	c	B	34,58	d	C
BRS CONAI	43,76	c	B	49,80	b	A	43,61	b	B	46,70	b	A
IRGA 420	43,18	c	A	39,74	e	B	34,74	d	C	39,33	c	B
BRS AGRISUL	42,65	c	A	42,44	d	A	35,85	c	B	36,14	c	B
BRS COLOSSO	42,30	c	A	43,68	c	A	45,48	b	A	43,49	b	A
BRS 6 CHUI	41,90	c	A	42,23	d	A	38,85	c	B	38,58	c	B
IRGA 416	41,26	d	A	38,09	e	A	37,52	c	A	40,18	c	A
BR IRGA 410	41,14	d	A	38,87	e	A	38,80	c	A	35,61	c	B
BRS 7 TAIM	40,63	d	A	35,64	e	B	31,57	d	C	32,27	d	C
BRS BOJURU	39,17	d	A	33,52	f	B	38,96	c	A	39,78	c	A
BRS PELOTA	38,64	d	A	37,47	e	A	33,45	d	B	37,96	c	A
BRS QUERÊNCIA	38,47	d	A	38,89	e	A	33,88	d	B	37,54	c	A
BRS TALENTO	35,46	e	B	41,60	d	A	38,11	c	B	42,86	b	A
BRS SINUELO	34,02	e	A	31,05	f	A	32,65	d	A	32,72	d	A
IR8	30,75	f	A	27,12	g	A	27,09	e	A	27,63	e	A

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Foi possível destacar os genótipos BRS LIDERANÇA e IR8 como os que se mantiveram mais estáveis desde a dose controle até a dose máxima, sendo estes já mencionados na variável anterior devido a este comportamento. Também chamou a atenção o comportamento do genótipo BRS TALENTO que responde positivamente a todas as concentrações de sal. Segundo (HUANG et al., 2012) 73 genes em arroz foram responsivos aos estresses causados por frio seca e alta salinidade, destes 40% responderam a seca, alta salinidade e também ao frio. Em contrapartida 98% dos genes que responderam a alta salinidade também responderam ao estresse por seca.

Tabela 1.4 - Médias da variável comprimento da raiz (CRAIZ) em centímetros (cm) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [mM]											
	0			30			60			90		
BRS QUERÊNCIA	37,50	a	A	30,71	b	B	28,88	a	B	28,46	a	B
BR IRGA 413	35,16	a	A	32,41	a	A	28,04	a	B	22,13	c	C
BR IRGA 411	34,08	a	A	31,36	b	A	25,08	b	C	28,25	a	B
CANA ROXA	32,91	b	A	33,62	a	A	31,00	a	B	28,71	a	B
IRGA 420	32,45	b	A	31,10	b	A	21,21	c	C	28,14	a	B
IRGA 418	32,14	b	A	35,02	a	A	28,24	a	B	30,38	a	B
IRGA 417	31,95	b	A	29,10	b	B	28,00	a	B	28,21	a	B
BRS CONAI	31,79	b	B	34,07	a	A	30,32	a	B	29,55	a	B
BRS LIGEIRINHO	30,16	c	A	29,54	b	A	28,34	a	A	25,63	b	B
BRS 6 CHUI	30,13	c	A	30,38	b	A	26,85	a	B	24,96	b	B
BRS 7 TAIM	29,70	c	A	25,75	c	B	25,50	b	B	25,09	b	B
BRS PAMPA	29,49	c	A	28,20	b	A	25,52	b	B	26,13	b	B
BR IRGA 410	29,09	c	B	33,64	a	A	29,13	a	B	23,94	b	C
BRS AGRISUL	27,33	d	B	29,06	b	A	31,07	a	A	24,90	b	B
BRS SINUELO	25,88	d	A	22,05	d	B	24,17	b	B	26,44	b	A
DIAMANTE	25,68	d	A	24,00	c	A	21,91	c	B	22,07	c	B
BRS ATALANTA	25,20	d	A	21,16	d	B	22,34	c	B	23,93	b	A
BRS BOJURU	25,00	d	A	22,19	d	B	20,76	c	B	23,83	b	A
BRS PELOTA	24,80	d	B	28,53	b	A	21,40	c	C	25,80	b	B
BRS LIDERANÇA	23,06	e	A	21,71	d	A	23,59	b	A	25,84	b	A
BRS TALENTO	22,42	e	B	24,20	c	B	27,58	a	A	28,69	a	A
IRGA 416	22,04	e	A	21,68	d	A	18,54	c	B	16,35	d	B
IR8	20,79	e	A	20,84	d	A	23,19	b	A	21,75	c	A
BRS COLOSSO	20,59	e	B	20,03	d	B	23,41	b	A	17,33	d	B

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

O trabalho citado anteriormente pode explicar o fato do genótipo BRS TALENTO apresentar resposta positiva as concentrações de NaCl utilizados neste estudo, já que em sua genealogia estão presentes 12,5% da IAC-47 um genótipo de terras altas, 12,5% da TOX1010-45-1-1 uma linhagem africana do International Institute of Tropical Agriculture (IITA), com boa tolerancia à seca, 31,25% da TOX1780-2-1-1P-3 linhagem também de origem africana e reconhecidamente tolerante à seca, 12,5% da RHS107-2-1-2TB linhagem mexicana oriunda de programa de melhoramento para tolerancia à seca e 9,38% da $OS6^{-1}$ genótipo tradicional da África (CASTRO et al., 2002).

Tabela 1.5 - Médias da variável número de folhas (NF) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [mM]											
	0			30			60			90		
IRGA 420	5,17	a	A	4,60	a	B	3,83	b	C	4,00	b	C
BR IRGA 413	4,55	b	A	4,45	a	A	4,62	a	A	4,38	a	A
BRS PAMPA	4,50	b	A	4,00	b	B	4,54	a	A	4,00	b	B
IRGA 417	4,45	b	A	4,40	a	A	4,69	a	A	4,36	a	A
IRGA 418	4,44	b	A	4,00	b	A	4,35	a	A	4,42	a	A
BRS TALENTO	4,44	b	A	3,40	b	B	4,58	a	A	4,38	a	A
BRS COLOSSO	4,36	b	A	4,45	a	A	3,91	b	B	4,75	a	A
IRGA 416	4,29	b	B	4,00	b	B	4,62	a	A	4,85	a	A
BRS BOJURU	4,25	b	A	4,60	a	A	4,60	a	A	4,23	b	A
BR IRGA 411	4,25	b	A	4,50	a	A	3,58	b	B	4,38	a	A
BRS SINUELO	4,22	b	B	4,00	b	B	4,77	a	A	4,56	a	A
CANA ROXA	4,22	b	A	3,77	b	B	3,63	b	B	4,22	b	A
BRS ATALANTA	4,17	c	A	4,43	a	A	4,07	b	A	3,90	b	A
BRS LIGEIRINHO	4,14	c	A	4,08	b	A	4,19	b	A	4,13	b	A
BRS LIDERANÇA	4,11	c	B	3,86	b	B	4,54	a	A	4,00	b	B
BRS QUERÊNCIA	4,11	c	A	3,94	b	A	4,00	b	A	3,92	b	A
BRS 6 CHUI	4,10	c	B	4,83	a	A	4,00	b	B	4,64	a	A
BRS CONAI	4,00	c	A	3,57	b	A	3,65	b	A	3,90	b	A
BRS PELOTA	4,00	c	A	4,33	a	A	3,90	b	A	4,33	a	A
IR8	4,00	c	A	4,36	a	A	4,31	a	A	3,82	b	A
BR IRGA 410	3,81	c	A	3,86	b	A	4,33	a	A	4,21	b	A
BRS AGRISUL	3,75	c	A	4,18	a	A	4,40	a	A	4,29	a	A
BRS 7 TAIM	3,73	c	A	4,20	a	A	4,00	b	A	4,45	a	A
DIAMANTE	3,45	c	B	4,71	a	A	3,82	b	B	4,44	a	A

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Na tab. 1.5 estão apresentadas as médias para a variável número de folhas, expressa em unidades, contadas no colmo principal. Nesta variável podemos destacar os genótipos BRS TAIM, BRS AGRISUL, BR IRGA 410, BR IRGA 418, BR IRGA 416, BRS SINUELO e BRS TALENTO que tiveram em média mais folhas nas doses de 60 e 90 mM do que nas doses zero e 30 mM, apresentando assim uma resposta positiva ao aumento da concentração de NaCl.

Outros genótipos que tiveram comportamento positivo são os BRS LIGEIRINHO, BRS QUERENCIA, BR IRGA 413, BR IRGA 417 e a IR8 que se mostraram significativamente invariáveis ao efeito do fator dose sendo em alguns casos, beneficiados pelo acréscimo da concentração de sal quando comparados com os demais genótipos. A resposta negativa mais significativa ao efeito do fator dose foi para o genótipo BR IRGA 420 que possuía a maior média na dose zero e que na dose de 30 mM já apresentou redução em sua média, ficando entre os piores resultados nas doses de 60 e 90 mM.

O efeito simples do fator dose não teve efeito significativo segundo o teste F da ANOVA, este fato pode estar diretamente relacionado ao fator genótipo que teve efeito simples significativo, sendo que este pode ser explicado pelo fato de alguns genótipos apresentarem um maior vigor inicial do que outros, beneficiando-se então da fase de aclimatização que os genótipos tiveram no início do experimento. A variável número médio de folhas foi a que apresentou menor redução relativa, obtendo um decréscimo de 33,2% para a dose de 204 mM NaCl em solução nutritiva (BENITEZ, 2008).

Analisando-se os resultados da tab.1.6 é possível perceber o destaque que a cultivar BR IRGA 410 teve em relação aos demais genótipos nas três primeiras doses, sendo superada apenas pela IRGA 417 na dose de 90 mM. Merecem destaque também os genótipos IRGA 420, BRS QUERÊNCIA, IR 8 e IRGA 418 que apresentaram as maiores médias para esta variável na dose de 90 mM, sendo que destas a IR8 e a IRGA 418 já eram uns dos melhores genótipo na dose de 60 mM. Redução em escala linear para esta variável foram relatadas por (MELO et al., 2006), em seu estudo os níveis do fator dose foram 0, 6, 12 e 18 dS m^{-1} , sendo estes valores equivalentes a 0, 60, 120 e 180 mM de NaCl.

Tabela 1.6 - Médias da variável número de afilhos (NA) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [mM]							
	0		30		60		90	
BR IRGA 410	3,13 a	B	3,36 a	B	4,20 a	A	3,29 a	B
IRGA 417	2,73 a	B	2,67 a	B	2,23 c	B	3,64 a	A
IRGA 418	2,67 a	A	2,38 a	A	3,29 a	A	2,92 a	A
IRGA 416	2,57 a	A	2,45 a	A	2,54 b	A	2,08 b	A
BRS 7 TAIM	2,45 a	A	2,10 b	A	2,22 c	A	1,27 c	B
BRS TALENTO	2,44 a	A	2,60 a	A	1,92 c	A	2,38 b	A
IR8	2,42 a	A	2,27 b	A	2,85 b	A	3,00 a	A
BR IRGA 413	2,36 a	A	2,00 b	A	2,23 c	A	1,77 b	A
BRS AGRISUL	2,19 b	A	2,65 a	A	2,80 b	A	2,59 b	A
BRS BOJURU	2,17 b	A	1,30 c	B	2,50 b	A	2,08 b	A
BRS LIGEIRINHO	2,14 b	A	1,77 b	A	2,44 b	A	2,47 b	A
BRS 6 CHUI	2,00 b	A	2,17 b	A	2,08 c	A	2,36 b	A
BRS QUERÊNCIA	2,00 b	B	2,59 a	A	2,21 c	B	3,00 a	A
BRS PAMPA	2,00 b	A	2,40 a	A	2,46 b	A	1,50 c	B
BRS CONAI	1,93 b	A	2,21 b	A	2,18 c	A	2,30 b	A
CANA ROXA	1,89 b	A	1,92 b	A	1,75 d	A	1,00 c	B
BRS SINUELO	1,78 b	A	1,22 c	B	2,00 c	A	2,00 b	A
BRS LIDERANÇA	1,67 b	A	1,50 c	A	1,69 d	A	1,00 c	A
IRGA 420	1,67 b	B	2,40 a	A	1,67 d	B	3,29 a	A
BRS ATALANTA	1,58 b	B	2,57 a	A	2,00 c	B	1,60 c	B
BR IRGA 411	1,25 c	A	1,75 c	A	1,42 d	A	1,13 c	A
BRS PELOTA	1,18 c	B	1,80 b	A	1,90 c	A	2,25 b	A
DIAMANTE	1,00 c	A	1,14 c	A	1,45 d	A	0,33 d	B
BRS COLOSSO	0,36 d	B	0,36 d	B	1,45 d	A	0,38 d	B

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

A tab. 1.7 possui as médias referentes ao número de folhas dos afilhos, sendo estes expressos em unidades, representando o número total de folhas somente dos afilhos. Mais uma vez o genótipo BR IRGA 410 se destaca em relação aos demais, fato que já era esperado uma vez que esta variável é diretamente influenciada pela variável NA. Pode-se salientar nestes resultados que a dose de 60 mM de NaCl foi a que em média apresentou o maior número de folhas dos afilhos.

Tabela 1.7 - Médias da variável número de folhas dos afilhos (NFA) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [Mm]			
	0	30	60	90
BR IRGA 410	9,3 a A	11,1 a A	12,2 a A	10,8 a A
IR8	9,2 a A	7,6 b A	9,8 a A	10,6 a A
IRGA 416	9,0 a A	7,9 a A	8,3 b A	6,3 b A
IRGA 418	8,6 a A	8,9 a A	11,4 a A	8,0 a A
IRGA 417	8,6 a A	8,7 a A	7,5 b A	8,9 a A
BRS TALENTO	7,9 a A	9,4 a A	5,3 c B	6,4 b B
BRS 7 TAIM	7,3 a A	6,5 b A	5,9 c A	4,2 c B
BR IRGA 413	7,3 a A	7,0 b A	6,9 b A	5,5 b A
BRS AGRISUL	7,2 a A	9,1 a A	8,5 b A	8,7 a A
BRS LIGEIRINHO	7,2 a A	5,5 b A	7,00 b A	7,9 b A
BRS BOJURU	7,0 b A	4,1 c B	7,3 b A	6,3 b A
BRS 6 CHUI	6,7 b A	6,4 b A	6,5 c A	7,3 b A
CANA ROXA	6,2 b A	5,6 b A	4,4 d A	2,4 c B
BRS CONAI	6,1 b A	6,2 b A	5,3 c A	6,0 b A
BRS SINUELO	6,1 b A	4,0 c A	6,1 c A	7,1 b A
BRS QUERÊNCIA	5,9 b A	7,8 a A	7,4 b A	8,8 a A
BRS PAMPA	5,9 b B	8,5 a A	7,5 b A	4,8 c B
IRGA 420	5,8 b B	8,6 a A	6,2 c B	11,4 a A
BRS LIDERANÇA	4,9 b A	3,8 c A	4,2 d A	2,6 c A
BRS PELOTA	3,9 c A	5,5 b A	5,5 c A	6,8 b A
BRS ATALANTA	3,5 c A	5,6 b A	5,4 c A	4,2 c A
BR IRGA 411	3,3 c A	3,7 c A	2,9 d A	1,9 d A
DIAMANTE	1,9 d B	2,9 d B	4,4 d A	0,6 d C
BRS COLOSSO	0,9 d B	1,6 d B	3,8 d A	1,1 d B

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Para a variável volume de raiz apresentada na tab. 1.8, observamos que os genótipos BRS 6 CHUI, BRS PELOTA e DIAMANTE não apresentam variação significativa em seus volumes até a dose de 60 mM, ocorrendo aumento significativo quando os genótipos foram tratados com a dose de 90mM. Já os genótipos BR IRGA 410, IRGA 416 apresentaram incremento no volume de raiz com a dose de 30 mM. Comportamento oposto ao citado anteriormente ocorreu com os genótipos BRS TAIM, BRS CONAI, BR IRGA 413, BR IRGA 411, IRGA 420 E CANA ROXA que reduziram o volume de raiz em função do aumento da concentração de NaCl em solução, entre estas ainda pode-se observar que os genótipos BR IRGA 413 e IRGA 420 foram as mais prejudicadas com o aumento

das doses. Também ocorre uma certa insensibilidade de alguns genótipos pela presença do cloreto de sódio em solução, são eles BRS BOJURU, BRS ATALANTA, BRS AGRISUL e BRS LIGEIRINHO que apresentaram uma menor variação entre as dose utilizadas. BENITEZ (2008), observou crescimento das raízes para o genótipo BRS BOJURU em concentrações de até 100 mM.

Tabela 1.8 - Médias da variável volume de raiz (VOL.RAIZ) para os 24 genótipos cultivados em casa de vegetação, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl,: 0, 30, 60 e 90 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [Mm]			
	0	30	60	90
BR IRGA 413	7,2 a A	5,0 a B	3,4 c C	3,4 d C
IRGA 417	5,6 b A	5,1 a A	5,5 a A	3,0 e B
BRS TALENTO	5,5 b A	3,6 b B	5,5 a A	5,3 c A
BR IRGA 411	5,4 b A	3,8 b B	3,3 c B	3,8 d B
IRGA 420	5,3 b A	4,1 b B	2,6 d C	3,4 d C
IRGA 418	5,2 b A	4,5 a B	4,2 b B	5,6 c A
CANA ROXA	5,1 b A	5,4 a A	3,5 c B	3,9 d B
BRS CONAI	5,1 b A	3,9 b B	4,0 b B	3,2 d B
BRS LIDERANÇA	4,6 b A	3,6 b A	3,0 c A	3,8 d A
BRS 7 TAIM	3,8 c A	2,5 c B	2,0 d B	1,7 e B
BRS 6 CHUI	3,8 c B	3,8 b B	3,6 c B	4,9 c A
BRS PAMPA	3,7 c A	4,3 b A	3,4 c A	3,7 d A
BRS LIGEIRINHO	3,7 c A	3,9 b A	4,0 b A	3,6 d A
BRS COLOSSO	3,6 c A	2,1 c B	3,5 c A	3,6 d A
BRS QUERÊNCIA	3,3 c A	3,7 b A	2,4 d A	2,8 e A
IRGA 416	3,3 c C	5,1 a B	5,2 a B	6,8 b A
BRS AGRISUL	3,3 c A	3,6 b A	3,5 c A	3,4 d A
BR IRGA 410	3,3 c C	5,0 a B	3,7 c C	8,1 a A
BRS SINUELO	3,0 c A	1,6 c A	2,6 d A	2,6 e A
DIAMANTE	3,0 c B	4,0 b B	3,1 c B	5,2 c A
BRS ATALANTA	2,8 d A	2,9 c A	3,0 c A	2,9 e A
BRS BOJURU	2,3 d A	2,6 c A	2,6 d A	2,5 e A
IR8	2,3 d C	3,6 b B	2,5 d C	5,9 c A
BRS PELOTA	1,7 d B	2,5 c B	2,0 d B	3,8 d A

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Durante o crescimento e o desenvolvimento a salinidade dos solos pode afetar as plantas de duas maneiras, altas concentrações de sal no solo prejudicam a absorção de água pelas raízes uma vez que esta fica retida no solo a pressões osmóticas suficientes para gerar um quadro característico de

deficiência hídrica para as culturas. A outra maneira se dá por meio da toxidez dos íons absorvidos em altas concentrações pela planta (MUNNS et al., 1995; HASEGAWA et al., 2000; MUNNS, 2002; MUNNS e TESTER, 2008). Na primeira fase do estresse salino que é caracterizado como a fase osmótica, a planta responde imédiatamente com uma redução significativa da taxa de crescimento da parte aérea assim que, os níveis de salinidade do solo atinjam o limiar, que é de 4,0 dS m^{-1}, sendo que para o arroz este limiar é de 3,0 dS m^{-1}, efeito observado neste estudo, destacando-se os genótipos BRS TAIM, BR IRGA 413, IRGA 420 e BRS PAMPA que tiveram reduções significativas para a variável CPA em função do fator dose, em contrapartida o BRS TALENTO respondeu de forma positiva ao fator dose. Esta estratégia por meio da redução dos orgãos resulta em uma menor área foliar, ou seja, uma menor superfície de transpiração refletindo em uma menor necessidade de água, o que evita o aumento da concentração de sais ao redor das raízes, porém esta estratégia não é eficiente para longos períodos de estresse (HASEGAWA et al., 2000). A segunda estratégia adotada pelas plantas vem por meio do controle dos níveis de sódio no interior das células. Este processo envolve a regulação da expressão de canais específicos transportadores que controlam a entrada e a distribuição dos íons em toda a planta (CARILLO et al., 2011) esta pode ser a estratégia utilizada pelos genótipos que se mostraram invariáveis ao efeito do fator dose, sendo que para estudos futuros o acompanhamento destes genótipos durante um ciclo completo pode elucidar se estes são realmente tolerantes aos níveis de sal utilizados, uma vez que durante um ciclo completo a planta pode fazer uso de outras estratégias, como a comentada a seguir.

A exclusão de sódio a partir das folhas está associado a tolerância a salinidade em poaceas (MUNNS e TESTER, 2008). A exclusão de sódio das folhas se dá por meio de uma menor absorção de sódio pelas células do cortéx da raiz e pelo controle rigoroso do transporte liquido das células do parênquima para o xilema (DAVENPORT et al., 2005). Assim esta estratégia evita o acúmulo de sal na lâmina foliar, sendo que uma falha neste sistema permite o surgimento de efeitos de fitotoxidade por sódio em alguns dias ou semanas dependendo da espécie (MUNNS e TESTER, 2008).

1.4 CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi realizado, podemos concluir que:

O sistema de cultivo hidropônico empregado possibilitou a manifestação de diferentes respostas ao estresse induzido por concentrações de NaCl.

Os genótipos respondem diferentemente ao estresse provocado pelas concentrações de cloreto de sódio em solução nutritiva.

As variáveis massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e área foliar não são afetadas pela dose de 30 mM de NaCl.

As variáveis número de folhas, número de afilhos e número de folhas dos afilhos não são afetadas pelo fator dose.

Existem diferentes níveis de tolerância a salinidade nos genótipos estudados.

O genótipo BRS TALENTO é o menos afetado pelas concentrações de NaCl nas variáveis comprimento da parte aérea e comprimento de raiz.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ AO ESTRESSE SALINO EM AMBIENTE CONTROLADO

2.1 INTRODUÇÃO

O arroz é uma das culturas mais afetadas pela salinidade dos solos, sendo classificado como uma espécie sensível (MUNNS e TESTER, 2008), ou seja, quando o solo apresenta níveis de condutividade elétrica a partir de 3,0 dS m^{-1} ocorrem reduções na produtividade com índices de 12% para cada 1,0 dS m^{-1} de aumento da salinidade no solo (MASS, 1993).

SHAVRUKOV et al., (2012) caracterizam o cultivo hidropônico como uma importante e eficiente ferramenta na avaliação de plantas em resposta a estresses abióticos, salientando o fato de se controlar as condições de ambiente e os níveis do fator estressante em estudo, porém o mesmo afirma a que o cultivo em sistema hidropônico deve ser empregado como uma ferramenta de investigação.

O *screening* de genótipos de arroz através de metodologias que empregam o cultivo hidropônico podem ser potencializadas quando a técnica é aplicada em associação com sistemas que permitam o controle do fotoperíodo, temperatura e umidade, permitindo um trabalho de caracterização e seleção de genótipos ou linhagens de arroz em um ciclo continuo durante todo o ano, possibilitando principalmente trabalhar com elevados números de genótipos ou linhagens.

Desta forma o presente trabalho teve o objetivo de identificar por meio de cultivo hidropônico em ambiente controlado genótipos de arroz que durante a fase vegetativa possuam características genéticas capazes de proporcionar uma maior tolerância a ambientes com níveis de salinidade que impediriam o estabelecimento de genótipos sensíveis, obtendo-se assim informações suficientes para o auxílio no estabelecimento de estratégias de melhoramento para obtenção de genótipos superiores.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos meses de Dezembro/2012 e Janeiro/2013 no Centro de Genômica e Fitomelhoramento da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel na Universidade Federal de Pelotas, *campus* do Capão do Leão, localizado no município do Capão do Leão – RS, o qual está equipado com um sistema de hidroponia em tanque tipo banho-maria com sistema automático de iluminação, aquecimento, onde serão instalados recipientes com capacidade para cinco litros. Os genótipos utilizados no estudo pertencem ao banco de germoplasma da EMBRAPA, sendo utilizados 28 genótipos BRS 6 CHUI, BRS 7 TAIM, BRS CONAI, BRS COLOSSO, BRS AGRISUL, BRS LIDERANÇA, BRS LIGEIRINHO, BRS QUERÊNCIA, BRS PELOTA, BRS ATALANTA, BRS BOJURU, BR IRGA 413, BR IRGA 411, BR IRGA 409, BR IRGA 414, BR IRGA 410, IRGA 418, IRGA 416, IRGA 420, IRGA 417, BRS SINUELO, IR8, CAROLINA, DIAMANTE, BRS TALENTO, CANA ROXA, BRS PAMPA E MUTANTE-CGF. As sementes dos 28 genótipos foram colocadas para germinar em *gerbox* utilizando-se duas folhas de papel filtro dobradas em forma de gaita de modo que formassem um mínimo de dez calhas uteis. Em cada calha da gaita foram colocadas no mínimo dez sementes previamente tratadas, sendo que para cada genótipo foram colocados para germinar um total de três *gerbox*. Obtendo-se assim o dobro de plântulas necessárias para a montagem do experimento, sendo esta técnica adotada como controle preventivo da desuniformidade e qualidade das sementes e para que o experimento fosse instalado com 100% de plântulas normais e sadias. O tratamento das sementes foi realizado primeiramente com álcool 70% pelo período de um minuto, sendo realizado na sequencia o tratamento com solução de hipoclorito de sódio em concentração de 2,5 % por dez minutos e ao final as sementes foram lavadas com água destilada, para eliminar os resíduos dos tratamentos.

Os *gerbox* com as sementes foram colocados para germinar em incubadora do tipo B.O.D. com temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 14 horas, permanecendo nestas condições por 14 dias. Após o período de germinação, plântulas normais foram transplantadas para as bandejas de poliestireno expandido previamente perfuradas, onde foram colocados os genótipos e estes foram fixados na bandeja por meio de um cubo de 0,5 cm de lado, que foi inserido

juntamente com a plântula, proporcionando uma leve pressão e permitindo que estas ficassem na posição estabelecida sem sofrer nenhum impedimento do seu crescimento. As plântulas devidamente alocadas em suas posições permaneceram em solução nutritiva normal (sem os níveis do fator dose) pelo período mínimo de uma semana, evitando-se assim o somatório do estresse causado pelo transplante, com o efeito dos tratamentos com doses de sal. Após o período de aclimatação em solução nutritiva normal, procedeu-se a troca da solução nutritiva, agora com os níveis do fator de tratamento dose de NaCl, ficando neste sistema por um período de 21 dias. A solução nutritiva foi trocada semanalmente. O delineamento experimental adotado foi em parcela subdividida com três blocos, sendo o fator dose a parcela e o fator genótipo a subparcela.

A solução nutritiva fornecida foi a solução de YOSHIDA et al., (1976), realizando-se a substituição do Fosfato de Sódio Monobásico (NaH_2PO_4 $2.H_2O$) pelos reagentes Fosfato de Potássio Monobásico (KH_2PO_4) e Fosfato de Potássio Dibásico (K_2HPO_4) sendo estas as substituições utilizadas por (SINGH et al. 2010), devido à presença de sódio na composição do Fosfato de Sódio, evitando-se assim um acréscimo na concentração do íon sódio na composição final da solução nutritiva. A composição final da solução nutritiva foi de: 1,4 mM NH_4NO_3; 0,7 mM K_2SO_4; 0,27 mM KH_2PO_4; 0,057 mM; K_2HPO_4; 1 mM $CaCl_2$ $6.H_2O$; 1,64 mM $MgSO_4$ $7.H_2O$; 9,47 µM $MnCl_2$ $4.H_2O$; 0,0748 µM $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ $4.H_2O$; 18,81 µM H_3BO_3; 0,1522 µM $ZnSO_4$ $7.H_2O$; 0,1502 µM $CuSO_4$ $5.H_2O$; 35,62 µM $FeCl_3$ $6.H_2O$ com pH ajustado para 4,5. O estresse foi gerado pela a adição de NaCl P.A., na solução nutritiva nas concentrações de 0, 30, 60 e 90 mM. A escolha das doses de sal foi baseada no limite tolerável pelo arroz conforme descrito por (MASS, 1993) e pelos níveis de salinidade encontrados em solos do Rio Grande do Sul apresentados por (CARMONA et al., 2011) no boletim técnico n° 10 do IRGA .

Após o período de 21 dias todas as plantas foram avaliadas em função do comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (C.RAIZ), número de folhas (NF), área foliar (AREA), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSRAIZ). Os comprimentos foram obtidos com régua graduada em centímetros, a estimação da área foliar das plantas foi realizada em um determinador fotoelétrico (Area Meter, modelo LI-3100 da Li-cor Ltda.)

pertencente ao programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes – UFPel, que fornece a leitura diretamente em cm^2. Após a coleta dos dados morfológicos e já com as plantas separadas em sistema radicular e parte aérea colocou-se cada parte da planta em um saco de papel devidamente identificado, colocando-se estes para secar em estufa de ventilação forçada com temperatura ajustada para 60 °C até que atingissem peso seco constante, efetuando-se a avaliação da massa seca em balança analítica com precisão de três casas decimais. Após as coletas de dados, estes foram analisados com o uso dos softwares SAS® LEARNING EDITION (2013) e o Genes (CRUZ, 2009).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a verificação das pressuposições do modelo estatístico de aditividade de efeitos, erros não correlacionados e distribuição normal dos erros, realizou-se a análise de variância. A análise revelou efeito simples para o fator genótipos e para o fator dose nas variáveis massa seca da parte aérea e massa seca da raiz, revelando também efeito significativo da interação entre fatores para as variáveis comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, número de folhas e área foliar.

Os resultados das tabelas 2.1 e 2.2 são referentes, respectivamente, ao efeito simples do fator genótipo e fator de tratamento dose. Para o efeito simples do fator genótipo a variável massa seca da parte aérea, foi classificada em dois grupos. Já para a variável massa seca da parte aérea geraram-se três categorias. O genótipo IR 8 ocupa posição de destaque nas duas variáveis, sendo sempre integrante da categoria (a). Também ocorrem casos em que o genótipo muda de classificação de acordo com a variável observada, como no caso da BRS ATALANTA que está entre os seis menores valores do grupo (b) da variável MSPA, porém na variável MSRAIZ ela é uma das maiores médias do grupo (b), evidenciando que os órgãos de alguns genótipos são afetados de forma diferente.

Para o efeito simples do fator dose de NaCl é possível verificar na tab. 2.2 a severidade deste fator, uma vez que este reduziu as médias dos genótipos em todas as doses aplicadas nas variáveis MSPA e MSRAIZ, sendo que cada nível do fator foi categorizado com uma letra diferente de acordo com o método

empregado. BENITEZ (2008) observou reduções significativas para todas as variáveis correspondentes a massa em função do aumento das doses de sal em solução nutritiva.

Tabela 2.1 - Média das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSRAIZ) em gramas (g), para o efeito simples de genótipo em plantas cultivadas em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	MSPA	MSRAIZ
MUTANTE-CGF	0,221 a	0,023 b
IR8	0,214 a	0,030 a
CAROLINA	0,213 a	0,022 b
BRS LIGEIRINHO	0,207 a	0,022 b
DIAMANTE	0,205 a	0,017 c
BRS CONAI	0,203 a	0,023 b
CANA ROXA	0,199 a	0,018 c
BRS QUERÊNCIA	0,197 a	0,023 b
BRS AGRISUL	0,193 a	0,018 c
BRS BOJURU	0,188 a	0,024 b
BR IRGA 413	0,187 a	0,021 b
IRGA 418	0,187 a	0,019 c
BRS SINUELO	0,186 a	0,018 c
IRGA 416	0,183 a	0,021 b
BRS 7 TAIM	0,181 a	0,017 c
BRS PAMPA	0,173 a	0,017 c
BR IRGA 410	0,172 a	0,023 b
IRGA 420	0,165 b	0,019 c
IRGA 417	0,161 b	0,021 b
BR IRGA 414	0,156 b	0,020 c
BRS PELOTA	0,151 b	0,020 c
BRS 6 CHUI	0,146 b	0,014 c
BRS ATALANTA	0,143 b	0,024 b
BR IRGA 411	0,142 b	0,017 c
BRS TALENTO	0,139 b	0,018 c
BR IRGA 409	0,134 b	0,015 c
BRS COLOSSO	0,127 b	0,019 c
BRS LIDERANÇA	0,123 b	0,019 c

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Tabela 2.2 - Média das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSRAIZ) em gramas (g), para o efeito simples do fator dose em plantas cultivadas em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

VARIÁVEL	NaCl [Mm]		
	0	30	60
MSPA	0,2313 A	0,1685 B	0,1247 C
MSRAIZ	0,0264 A	0,0193 B	0,0144 C

Médias acompanhadas da mesma letra na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Segundo CARMONA (2011), quando a água de irrigação atinge níveis acima do tolerável pelo arroz, 3,0 dS m^{-1} os sintomas observados são perdas no estabelecimento de estande, diminuição do afilhamento, clorose, morte de folhas e diminuição na estatura das plantas, sendo este último abordado na tab. 2.3 que apresenta as médias da variável comprimento da parte aérea para o efeito significativo da interação entre os fatores. Nas doses de 0 a 30 mM podemos destacar o comportamento do genótipo BR IRGA 409 que foi o único genótipo que obteve aumento na variável estudada, passando de 25,1 cm para 29,2 porém este aumento não foi significativo de acordo com o método empregado.

Já os genótipos BRS CONAI, BRS LIDERANÇA, BRS BOJURU, BR IRGA 413, BR IRGA 414, CAROLINA, BRS TALENTO e CANA ROXA, apresentaram redução significativa de suas variáveis quando comparadas na linha nos tratamentos de 0 e 30 mM, destes apenas o BR IRGA 413 e CANA ROXA foram rebaixados de categoria quando se observa a diferença na coluna, demonstrando maior efeito do fator dose para estes dois genótipos no intervalo observado.

No intervalo de 30 a 60 mM podemos destacar os genótipos BRS 7 TAIM, BR IRGA 410 e o MUTANTE-CGF que estatisticamente não foram afetados pelas doses usadas para está variável, mas verifica-se uma mudança de categoria quando observados dentro de cada dose, onde estes genótipos estavam agrupados na categoria mais inferior (c), na dose 0 mM, sendo promovidos a categoria (a) na dose de 60 mM. Resultados positivos com o aumento da salinidade também foram encontrados por BENITEZ (2008) para a cultivar BRS 7 TAIM, que obteve aumento de 1,8 % na dose de 68 mM de NaCl em solução nutritiva.

Tabela 2.3 - Médias da variável comprimento da parte aérea (CPA) em centímetros (cm) para os 28 genótipos cultivados em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [Mm]								
	0			30			60		
CANA ROXA	46,57	a	A	30,39	c	B	29,99	a	B
DIAMANTE	45,72	a	A	42,13	a	A	35,16	a	B
BR IRGA 411	40,57	b	A	35,88	b	A	28,10	a	B
BR IRGA 413	40,56	b	A	30,43	c	B	25,83	b	B
CAROLINA	39,77	b	A	32,26	b	B	32,30	a	B
BRS CONAI	38,35	b	A	33,08	b	B	29,94	a	B
BRS BOJURU	37,83	b	A	32,30	b	B	27,39	b	B
BRS SINUELO	37,35	b	A	34,36	b	A	28,37	a	B
BRS 7 TAIM	36,18	c	A	32,55	b	A	29,61	a	A
BRS LIGEIRINHO	35,65	c	A	31,98	b	A	25,18	b	B
BR IRGA 410	35,42	c	A	28,40	c	A	29,86	a	A
BRS LIDERANÇA	34,60	c	A	24,55	c	B	23,76	b	B
BRS AGRISUL	33,98	c	A	30,79	c	A	23,19	b	B
BRS PAMPA	33,51	c	A	27,73	c	A	26,37	b	A
IRGA 418	33,50	c	A	29,73	c	A	25,97	b	A
BRSTALENTO	33,42	c	A	26,34	c	B	24,73	b	B
IRGA 417	33,19	c	A	28,68	c	A	26,69	b	A
IRGA 420	32,61	c	A	28,22	c	A	24,94	b	A
BRS COLOSSO	32,58	c	A	27,32	c	A	25,46	b	A
BRS 6 CHUI	32,15	c	A	27,78	c	A	23,60	b	A
BRS QUERÊNCIA	31,45	c	A	26,93	c	A	27,12	b	A
BR IRGA 414	31,43	c	A	22,51	c	B	23,06	b	B
IRGA 416	31,34	c	A	26,57	c	A	25,05	b	A
BRS PELOTA	30,85	c	A	27,96	c	A	21,50	b	B
MUTANTE-CGF	30,71	c	A	28,38	c	A	28,69	a	A
BRS ATALANTA	30,64	c	A	27,48	c	A	24,53	b	A
IR8	26,35	c	A	24,63	c	A	23,96	b	A
BR IRGA 409	25,12	c	A	29,28	c	A	23,96	b	A

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Na tab. 2.4 são apresentados os resultados da variável comprimento da raiz, onde em uma primeira observação pode-se perceber que todos os genótipos foram classificados na categoria (A) para a diferença nas dose para a dose de 60 mM, possibilitando a interpretação que estes não foram afetados pelas doses de NaCl ou, como em alguns casos foram beneficiados pelo incremento da concentração de sal.

Tabela 2.4 - Médias da variável comprimento da raiz (CRAIZ) em centímetros (cm) para os 28 genótipos cultivados em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [Mm]								
	0			30			60		
CAROLINA	13,96	a	A	13,21	a	A	14,67	a	A
CANA ROXA	13,63	a	A	13,52	a	A	15,76	a	A
BRS BOJURU	11,89	a	B	11,93	a	B	16,30	a	A
BRS CONAI	11,85	a	A	12,41	a	A	13,43	b	A
BR IRGA 411	10,86	b	B	12,77	a	B	15,50	a	A
BRS LIDERANÇA	10,71	b	A	8,69	b	A	11,79	b	A
DIAMANTE	10,32	b	A	13,49	a	A	13,12	b	A
BRS COLOSSO	10,20	b	B	11,17	a	B	14,88	a	A
BRS TALENTO	10,08	b	A	11,02	a	A	13,34	b	A
BRS SINUELO	9,83	b	A	8,72	b	A	9,07	c	A
BR IRGA 414	9,80	b	A	9,89	b	A	10,80	c	A
BRS AGRISUL	9,33	c	A	8,73	b	A	8,47	c	A
MUTANTE-CGF	9,11	c	B	9,00	b	B	12,45	b	A
BRS LIGEIRINHO	9,10	c	A	9,63	b	A	9,55	c	A
BR IRGA 413	9,04	c	A	9,41	b	A	9,05	c	A
BRS QUERÊNCIA	8,85	c	A	9,35	b	A	10,56	c	A
BRS 6 CHUI	8,53	c	A	8,26	b	A	10,20	c	A
BR IRGA 410	8,42	c	A	9,39	b	A	9,50	c	A
IRGA 418	8,22	c	A	7,87	b	A	8,79	c	A
BRS PELOTA	8,21	c	A	9,16	b	A	6,86	c	A
IR8	8,17	c	A	10,31	b	A	11,62	b	A
BRS PAMPA	8,13	c	A	7,43	b	A	8,44	c	A
BRS 7 TAIM	7,82	c	A	8,89	b	A	8,23	c	A
IRGA 420	7,37	c	A	7,72	b	A	7,88	c	A
IRGA 417	7,26	c	A	7,72	b	A	8,11	c	A
BRS ATALANTA	6,97	c	A	7,56	b	A	9,44	c	A
IRGA 416	6,94	c	A	6,59	b	A	5,77	c	A
BR IRGA 409	5,74	c	A	6,91	b	A	6,66	c	A

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

De acordo com AKRAM (2010) em milho e KHAN (2007) em trigo observaram reduções significativas nos comprimentos de raízes quando expostas a diferentes concentrações de NaCl. Para a variável CRAIZ foi possível destacar os genótipos BRS COLOSSO, BRS BOJURU, BR IRGA 411 e o MUTANTE-CGF como sendo os genótipos que foram beneficiados com o aumento nas concentrações de sal mostrando-se tolerantes em comparação com os demais genótipos. BENITEZ (2008) obteve resultados positivos para o

genótipo BRS BOJURU na dose de 68 mM NaCl, sendo que também obteve resultados positivos para o genótipo BRS ATALANTA efeito observado neste experimento, porém não significativo. O genótipo BRS TALENTO obteve resultados positivos com o aumento das doses, porém não demonstrou efeito significativo estatisticamente para o fator dose, mas ficou entre as maiores médias dentro do grupo (b).

A variável número de folhas apresentou uma redução com o aumento da concentração de sal, sendo que na tab. 2.5 estão apresentados os resultados, dos quais podemos destacar os genótipos BRS LIGEIRINHO, IRGA 418, IRGA 416 e IR8 que se mantiveram na categoria (a) para diferença na coluna, sendo que destes apenas os genótipos IRGA 418 e 416 foram afetados significativamente pelas dose de 60 mM NaCl, ficando classificados no grupo de médias (B) para diferença na linha. De acordo com o capítulo 1 deste trabalho, e em concordância com os resultados relatados por BENITEZ (2008), a variável número de folhas se apresentou como a que menos variou em função das doses de sal utilizadas em cada trabalho.

As plantas respondem ao estresse salino imediatamente após aos níveis de sal em solução atingirem os valores críticos para cada cultura, que no caso do arroz é 3,0 dS m^{-1}, segundo MUNNS e TESTER (2008) uma redução de área foliar pode ser explicada como um balanceamento da parte aérea aos níveis de salinidade no sistema radicular, evitando-se assim que um sistema com alto volume de transpiração causasse o aumento escalar da concentração de sal nas raízes.

Tabela 2.5 - Médias da variável número de folhas (NF) em unidades para os 28 genótipos cultivados em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [Mm]								
	0			30			60		
IRGA 416	6,29	a	A	5,87	a	A	5,09	a	B
IR8	6,13	a	A	6,07	a	A	5,40	a	A
BRS AGRISUL	6,00	a	A	5,30	b	A	4,29	b	B
IRGA 420	6,00	a	A	5,38	b	A	4,75	a	B
IRGA 417	6,00	a	A	5,17	b	B	4,75	a	B
BRS BOJURU	5,93	a	A	5,08	b	B	4,64	a	B
IRGA 418	5,93	a	A	5,53	a	A	4,89	a	B
BR IRGA 413	5,89	a	A	5,08	b	A	5,25	a	A
MUTANTE-CGF	5,87	a	A	5,00	b	A	5,50	a	A
BRS SINUELO	5,67	a	A	5,10	b	B	4,57	a	B
BR IRGA 410	5,60	a	A	4,71	c	A	5,11	a	A
BRS PAMPA	5,57	a	A	4,75	c	A	5,00	a	A
BRS LIGEIRINHO	5,53	a	A	5,93	a	A	5,10	a	A
BRS QUERÊNCIA	5,53	a	A	5,15	b	A	5,08	a	A
BR IRGA 414	5,53	a	A	4,40	c	B	4,88	a	B
BRS 7 TAIM	5,47	a	A	4,90	b	A	4,60	a	A
BRS ATALANTA	5,47	a	A	4,92	b	A	4,14	b	B
BRS 6 CHUI	5,20	b	A	5,17	b	A	5,25	a	A
BRS TALENTO	5,15	b	A	4,62	c	A	4,25	b	A
BRS PELOTA	5,13	b	A	4,86	b	A	4,14	b	B
CANA ROXA	4,93	b	A	4,10	c	A	4,57	a	A
BR IRGA 409	4,86	b	A	5,00	b	A	4,57	a	A
BRS CONAI	4,85	b	A	4,50	c	A	3,50	b	B
CAROLINA	4,79	b	A	4,22	c	B	3,67	b	B
BRS COLOSSO	4,62	b	A	4,08	c	A	4,00	b	A
BRS LIDERANÇA	4,57	b	A	4,20	c	A	3,88	b	A
DIAMANTE	4,54	b	A	4,08	c	A	4,08	b	A
BR IRGA 411	4,46	b	A	4,18	c	A	4,00	b	A

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

MELO et al. (2006) representou a redução da área foliar por meio de uma regressão linear com coeficiente de regressão de 0,165, sendo que BENITEZ (2008), também encontrou reduções da área foliar em seu estudo, além da manifestação de diferentes comportamentos para os genótipos estudados.

Nos resultados da tab. 2.6 pode-se observar que a dose de 30 mM causou danos significativo para 11 genótipos sendo que nenhuma outra variável teve resultado semelhante para esta dose.

Tabela 2.6 - Médias da variável área foliar (AREA) em centímetros quadrados (cm^2) para os 28 genótipos cultivados em ambiente controlado em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl,: 0, 30 e 60 milimolar (mM)) em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	NaCl [Mm]								
	0			30			60		
CANA ROXA	26,65	a	A	12,48	b	B	12,77	a	B
BR IRGA 413	24,08	a	A	13,83	a	B	9,82	b	B
MUTANTE-CGF	22,11	a	A	15,64	a	A	16,91	a	A
BRS QUERÊNCIA	22,05	a	A	14,83	a	B	14,26	a	B
BRS LIGEIRINHO	20,67	a	A	18,42	a	A	9,77	b	B
CAROLINA	18,03	b	A	10,52	b	B	11,20	a	B
BRS AGRISUL	17,99	b	A	15,77	a	A	6,71	b	B
IR8	17,81	b	A	14,67	a	A	13,09	a	A
BRS CONAI	17,75	b	A	10,46	b	B	8,20	b	B
BRS BOJURU	17,63	b	A	12,89	b	A	8,10	b	B
BRS SINUELO	17,60	b	A	19,04	a	A	7,97	b	B
BRS 7 TAIM	17,25	b	A	13,23	a	A	10,09	b	A
IRGA 417	17,05	b	A	10,61	b	B	8,47	b	B
IRGA 416	16,97	b	A	11,95	b	A	10,11	b	A
BR IRGA 414	16,47	b	A	8,76	b	B	8,38	b	B
IRGA 420	15,81	b	A	11,19	b	B	6,60	b	B
BRS 6 CHUI	15,53	b	A	11,54	b	A	8,10	b	A
BR IRGA 410	15,47	b	A	11,33	b	A	12,31	a	A
BRS PELOTA	15,07	b	A	9,95	b	B	5,33	b	B
BRS PAMPA	14,19	b	A	8,63	b	B	7,53	b	B
DIAMANTE	14,13	b	A	10,78	b	A	8,05	b	A
IRGA 418	13,86	b	A	10,75	b	A	8,79	b	A
BR IRGA 411	13,82	b	A	9,69	b	A	5,30	b	B
BRS TALENTO	13,79	b	A	8,63	b	A	7,56	b	A
BRS LIDERANÇA	12,49	b	A	5,96	b	B	6,23	b	B
BRS COLOSSO	12,20	b	A	8,57	b	A	6,80	b	A
BRS ATALANTA	11,57	b	A	10,96	b	A	6,83	b	A
BR IRGA 409	9,28	b	A	11,74	b	A	6,21	b	A

Genótipos com médias acompanhadas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Dos seis genótipos que estão agrupados como os de maiores médias na dose de 60 mM, observa-se que apenas os genótipos BR IRGA 410, IR 8 e MUTANTE-CGF não foram afetados significativamente pela concentrações de sal. Segundo SINGH e FLOWERS (2010) a pergunta mais apropriada seria “ quais caracteres das plantas não são afetados pelo estresse salino ?” , é claro que algumas características são mais afetadas do que outras, mas o fato é que

elas afetam a homeostase das culturas, outro fato é que existe variabilidade em resposta ao estresse salino na fase vegetativa, sendo que esta deve ser testada em um segundo momento durante a fase reprodutiva. Várias metodologias vem sendo desenvolvidas, mas segundo SINGH e FLOWERS (2010) a fase vegetativa é a que tem a maior repetibilidade dos resultados, uma vez que durante a fase reprodutiva é muito difícil de suprir as necessidades da planta em um sistema de cultivo controlado.

2.4 CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi realizado é possível concluir que:

O sistema de cultivo hidropônico empregado possibilitou a manifestação de diferentes respostas ao estresse induzido por concentrações de NaCl.

Os genótipos respondem diferentemente ao estresse provocado pelas concentrações de cloreto de sódio em solução nutritiva.

As variáveis estudadas são afetadas diferentemente em um mesmo genótipo.

Existem diferentes níveis de tolerância a salinidade nos genótipos estudados.

CAPITULO III

CORRELAÇÕES ENTRE DOIS AMBIENTES DE AVALIAÇÃO AO ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE ARROZ

3.1 INTRODUÇÃO

Diferentes protocolos no *screening* de genótipos de arroz em resposta a níveis de salinidade vem sendo empregados por diversas instituições de pesquisa. Em sua maioria estes métodos utilizam sistemas de cultivo hidropônico, pelo fato de se controlar os fatores envolvidos e ser conduzido em um ambiente homogêneo e estável.

Porém para que um método seja adotado em um programa de melhoramento, este deve apresentar uma correlação das respostas obtidas em laboratório ou casa de vegetação com a resposta obtida a campo. A caracterização em cultivo hidropônico vem sendo utilizadas em instituições como o Instituto Internacional De Pesquisa Em Arroz (IRRI) e no centro de genômica funcional de plantas na Universidade Australiana de Adelaide em estudos de estresses abióticos, entre eles o sal, sendo reportada a eficiência deste sistema por estas instituições em diversos meios de comunicação científicos. O fato é que todas estas instituições realizaram seus estudos em ambientes do tipo casa de vegetação, sendo que a técnica de cultivo hidropônico aliada a sistemas com controle de temperatura, luz e umidade pode ser vantajosa do ponto de vista de se minimizar os efeitos do ambiente e da praticidade da aplicação da técnica, uma vez que o trabalho pode ser conduzido em laboratório apropriado proporcionando o uso do sistema continuamente durante todo o ano.

Sendo assim, este trabalho tem o objetivo de correlacionar dois ambientes de cultivo no estudo da resposta de genótipos de arroz ao efeito do estresse abiótico causado por diferentes concentrações de sal em cultivo hidropônico.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de correlações foi realizado a partir dos dados gerados nos experimentos dos capitulos um e dois deste trabalho, sendo estes ensaios conduzidos nos meses de Dezembo e Janeiro de 2011/2012 e 2012/2013 nas dependências da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel na Universidade Federal de Pelotas, *campus* do Capão do Leão, localizado no município do Capão do Leão – RS, conduzindo-se os experimentos em sistema de cultivo hidropônico tipo *floating*, sendo o primeiro em casa de vegetação e o segundo em tanque do tipo banho-maria com sistema de controle de fotoperíodo e temperatura. Os genótipos utilizados no estudo pertencem ao banco de germoplasma da EMBRAPA, sendo utilizados apenas os 24 genótipos que estavam presentes nos dois estudos, sendo eles, BRS 6 CHUI, BRS 7 TAIM, BRS CONAI, BRS COLOSSO, BRS AGRISUL, BRS LIDERANÇA, BRS LIGEIRINHO, BRS QUERÊNCIA, BRS PELOTA, BRS ATALANTA, BRS BOJURU, BR IRGA 413, BR IRGA 411, BR IRGA 410, IRGA 418, IRGA 416, IRGA 420, IRGA 417, BRS SINUELO, IR8, DIAMANTE, BRS TALENTO, CANA ROXA e BRS PAMPA. Para cada experimento as sementes dos genótipos foram colocadas para germinar em *gerbox* utilizando-se duas folhas de papel filtro dobradas em forma de gaita de modo que formassem um mínimo de dez calhas uteis. Em cada calha da gaita foram colocadas no mínimo dez sementes previamente tratadas. Nos dois experimentos obteve-se sempre o dobro de plântulas necessárias para a montagem do experimento, sendo esta técnica adotada como controle preventivo da desuniformidade e qualidade das sementes e para que o experimento fosse instalado com 100% de plântulas normais e sadias. O tratamento das sementes foi realizado primeiramente com álcool 70% pelo período de um minuto, sendo realizado na sequencia o tratamento com solução de hipoclorito de sódio em concentração de 2,5 % por dez minutos e ao final as sementes foram lavadas com água destilada, para eliminar os resíduos dos tratamentos.

Os *gerbox* com as sementes foram colocados para germinar em incubadora do tipo B.O.D. com temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 14 horas, permanecendo nestas condições por 14 dias. Após o período de germinação, plântulas normais foram transplantadas para as bandejas permanecendo em

solução nutritiva normal, pelo período mínimo de uma semana, evitando-se assim o somatório do estresse causado pelo transplante, com o efeito dos tratamentos com doses de sal. Após o período de aclimatização em solução nutritiva normal, efetuou-se a substituição das soluções pela solução nutritiva, agora acrescida das doses de sal, ficando neste sistema por um período de 21 dias. As soluções nutritivas foram trocadas semanalmente. Os delineamentos experimentais adotados foram em parcela subdividida com três blocos, sendo o fator dose a parcela e o fator genótipo a subparcela.

A solução nutritiva fornecida foi a solução de YOSHIDA et al. (1976), realizando-se a substituição do Fosfato de Sódio Monobásico (NaH_2PO_4 $2H_2O$) pelos reagentes Fosfato de Potássio Monobásico (KH_2PO_4) e Fosfato de Potássio Dibásico (K_2HPO_4) sendo estas as substituições utilizadas por SINGH et al. (2010), devido à presença de sódio na composição do Fosfato de Sódio, evitando-se assim um acréscimo na concentração do íon sódio na composição final da solução nutritiva. A composição final da solução nutritiva foi de: 1,4 mM NH_4NO_3; 0,7 mM K_2SO_4; 0,27 mM KH_2PO_4; 0,057 mM; K_2HPO_4; 1 mM $CaCl_2$ $6.H_2O$; 1,64 mM $MgSO_4$ $7.H_2O$; 9,47 µM $MnCl_2$ $4H_2O$; 0,0748 µM $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ $4.H_2O$; 18,81 µM H_3BO_3; 0,1522 µM $ZnSO_4$ $7.H_2O$; 0,1502 µM $CuSO_4$ $5.H_2O$; 35,62 µM $FeCl_3$ $6.H_2O$ com pH ajustado para 4,5. O estresse foi gerado pela a adição de NaCl P.A., na solução nutritiva nas concentrações de 0, 30, 60 e 90 mM. A escolha das doses de sal foi baseada no limite tolerável pelo arroz conforme descrito por (MAAS, 1993) e pelos níveis de salinidade encontrados em solos do Rio Grande do Sul apresentados por (CARMONA et al., 2011) no boletim técnico n° 10 do IRGA .

Após o período de 21 dias todas as plantas foram avaliadas em função do comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (C.RAIZ), número de folhas (NF), área foliar (ÁREA), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSRAIZ). Os comprimentos foram obtidos com régua graduada em centímetros, efetuou-se a estimação da área foliar das plantas em um determinador fotoelétrico (Area Meter, modelo LI-3100 da Li-cor Ltda.) pertencente ao programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes – UFPel, que fornece a leitura diretamente em cm^2. Após a coleta dos dados morfológicos e já com as plantas separadas em sistema radicular e parte

aérea colocou-se cada parte da planta em um saco de papel devidamente identificado, colocando-se estes para secar em estufa de ventilação forçada com temperatura ajustada para 60 °C até que atingissem peso seco constante, efetuando-se a avaliação da massa seca em balança analítica com precisão de três casas decimais. Após as coletas de dados, estes foram analisados com o uso dos softwares SAS® LEARNING EDITION (2013).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o estudo utilizou-se as variáveis e o genótipos comuns aos dois experimentos adotando-se também como padrão as doses de 0, 30 e 60 mM de cloreto de sódio, pelo fato de que no segundo experimento que foi realizado em condições de sistema de cultivo controlado a dose de 90 mM causou um número muito grande de morte dos genótipos sendo este nível do fator retirado da análise. Após a verificação das pressuposições do modelo estatístico, realizou-se a análise de variância e efetuou-se o estudo das correlações entre os ambientes, obtendo-se o coeficiente de correlação linear de Pearson.

Desde 1990 o IRRI aplica a técnica de discriminação de germoplasma e de populações segregantes através do cultivo hidropônico, sendo os resultados comparados com os dados obtidos a campo em condições de estresse salino e em condições normais de cultivo GREGORIO et al., (1997). Na tab. 3.1 estão os resultados obtidos para as correlações entre os ambientes de cultivo, sendo obtidos os coeficientes individuais dos genótipos, doses e o coeficiente total entre os dois ambientes. Para a variável comprimento da parte aérea foi obtido coeficiente de correlação significativos de 0,43 e 0,44 respectivamente para os genótipos IRGA 418 e IR8 estes coeficientes são de magnitude média, segundo CARVALHO et al., (2004). Nesta mesma variável também temos correlações significativas observando-se o efeito total dos dois ambientes e também quando se observa a correlação dos ambientes em cada dose. Todos os coeficientes para o CPA foram positivos, caracterizando que os ambientes proporcionaram um efeito semelhante, porém com intensidades diferentes. Para a variável CRAIZ os genótipos BRS 7 TAIM, BRS PELOTA e BRS SINUELO apresentaram correlações significativas sendo as duas primeiras de magnitude média e a última de magnitude forte. Não se obteve correlação significativa para a variável CRAIZ quando analisada de forma conjunta, sugerindo que os ambientes afetam

o sistema radicular de forma diferenciada ou não foi possível estabelecer uma relação linear entre os ambientes de estudo, para esta variável. Já a variável número de folhas também não apresentou correlação significativa na avaliação conjunta, porém exibiu coeficientes com sinais negativos para os dois genótipos que tiveram efeitos significativos, sendo eles os genótipos BRS AGRISSUL e o BR IRGA 411, um coeficiente negativo indica que quando um genótipo teve ganho ou perda em seu caractere na casa de vegetação apresentou resposta oposta no cultivo em ambiente controlado, ou vice-versa. A variável massa seca da parte aérea não apresentou nenhuma correlação significativa, já a massa seca da raiz apresentou dois genótipos com correlação significativa sendo elas positivas e de magnitude forte, demonstrando que estes genótipos se comportaram de forma semelhante nos dois ambientes de cultivo para a variável estudada. Correlação significativa na dose de zero milimolar de cloreto de sódio foi detectada para a variável MSRAIZ. A variável área foliar apresentou três genótipos com coeficientes significativos, são eles os genótipos BRS 7 TAIM, BRS LIDERANÇA e o BR IRGA 413, todos com coeficientes de forte magnitude. TAVAKKOLI et al., (2012) comparou dois sistemas de cultivo no estudo da resposta a salinidade em genótipos de trigo. Em seu estudo os genótipos foram testados em sistema de cultivo hidropônico com a solução nutritiva modificada de HOAGLAND o segundo sistema foi em potes com solo, os dois sistemas foram submetidos a ambiente com controle de fotoperíodo e temperatura. TAVAKKOLI et al., (2012) não obteve correlação entre o sistema de cultivo hidropônico com a resposta dos genótipos no campo, porém obteve grande associação dos resultados registrados no cultivo em potes com solo. Novos trabalhos devem ser realizados nesta área pois o uso da técnica de cultivo hidropônico vem sendo adotada por diversos grupos de pesquisa, em estudos de biologia molecular, caracterização de germoplasma entre outros estudos que estas técnicas possibilitam. É fato que o cultivo hidropônico possibilita o trabalho com um grande número de genótipos ou linhagens em um curto período em condições mais homogêneas do que as encontradas a campo, mas todos os resultados devem ser validados em condições de cultivo de campo.

Tabela 3.1 – Coeficiente de correlação de Pearson entre o cultivo hidropônico em casa de vegetação e cultivo em ambiente controlado, para as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CRAIZ), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRAIZ) e área foliar (AREA) em 24 genótipos de arroz submetidos ao estresse salino com três concentrações de NaCl: 0, 30 e 60 mM em solução nutritiva.

GENÓTIPOS	CPA		CRAIZ		NF		MSPA		MSRAIZ		AREA	
	r	p-valor	r	p-valor	r	p-valor	r	p-valor	r	p-valor	r	p-valor
BRS 6 CHUI	0,06	0,75^{ns}	-0,30	0,14^{ns}	0,11	0,61^{ns}	0,12	0,76^{ns}	0,11	0,77^{ns}	0,06	0,88^{ns}
BRS 7 TAIM	0,34	0,09^{ns}	0,41	0,04*	-0,17	0,42^{ns}	0,53	0,18^{ns}	0,72	0,07^{ns}	0,72	0,04*
BRS CONAI	-0,16	0,40^{ns}	-0,30	0,10^{ns}	0,18	0,35^{ns}	-0,47	0,24^{ns}	0,82	0,02*	-0,41	0,31^{ns}
BRS COLOSSO	-0,12	0,60^{ns}	0,29	0,19^{ns}	-0,23	0,31^{ns}	-0,26	0,57^{ns}	0,14	0,76^{ns}	-0,13	0,78^{ns}
BRS AGRISUL	0,28	0,14^{ns}	-0,18	0,33^{ns}	-0,45	0,01*	-0,08	0,88^{ns}	-0,05	0,92^{ns}	0,29	0,52^{ns}
BRS LIDERANÇA	-0,18	0,38^{ns}	0,15	0,49^{ns}	0,07	0,74^{ns}	0,38	0,40^{ns}	0,67	0,10^{ns}	0,81	0,03*
BRS LIGEIRINHO	0,29	0,10^{ns}	-0,18	0,31^{ns}	0,03	0,87^{ns}	-0,06	0,89^{ns}	-0,11	0,77^{ns}	-0,18	0,64^{ns}
BRS QUERÊNCIA	0,09	0,61^{ns}	-0,10	0,58^{ns}	0,30	0,10^{ns}	-0,21	0,61^{ns}	0,30	0,47^{ns}	-0,15	0,73^{ns}
BRS PELOTA	0,11	0,57^{ns}	0,38	0,04*	-0,18	0,35^{ns}	0,26	0,54^{ns}	-0,22	0,60^{ns}	-0,20	0,64^{ns}
BRS ATALANTA	0,31	0,15^{ns}	0,00	0,99^{ns}	0,04	0,85^{ns}	0,11	0,81^{ns}	-0,62	0,14^{ns}	0,09	0,85^{ns}
BRS BOJURU	0,21	0,30^{ns}	-0,37	0,06^{ns}	0,08	0,69^{ns}	-0,16	0,68^{ns}	0,57	0,14^{ns}	-0,14	0,72^{ns}
BR IRGA 413	0,28	0,13^{ns}	-0,14	0,45^{ns}	0,07	0,73^{ns}	0,55	0,16^{ns}	0,43	0,29^{ns}	0,71	0,05*
BR IRGA 411	-0,04	0,86^{ns}	-0,10	0,67^{ns}	-0,50	0,02*	0,43	0,34^{ns}	0,64	0,12^{ns}	0,39	0,39^{ns}
BR IRGA 410	0,29	0,12^{ns}	0,34	0,07^{ns}	0,06	0,73^{ns}	-0,08	0,84^{ns}	-0,23	0,59^{ns}	-0,20	0,64^{ns}
IRGA 418	0,43	0,02*	-0,13	0,50^{ns}	-0,32	0,10^{ns}	-0,60	0,09^{ns}	-0,37	0,33^{ns}	-0,38	0,31^{ns}
IRGA 416	0,02	0,91^{ns}	0,12	0,54^{ns}	-0,13	0,53^{ns}	-0,68	0,09^{ns}	-0,48	0,22^{ns}	-0,21	0,66^{ns}
IRGA 420	0,23	0,31^{ns}	-0,30	0,18^{ns}	0,29	0,21^{ns}	-0,11	0,86^{ns}	-0,23	0,61^{ns}	-0,17	0,71^{ns}
IRGA 417	0,22	0,24^{ns}	-0,05	0,80^{ns}	0,15	0,44^{ns}	0,16	0,71^{ns}	0,75	0,03*	0,21	0,61^{ns}
BRS SINUELO	0,37	0,08^{ns}	0,65	0,00**	-0,05	0,82^{ns}	0,41	0,36^{ns}	0,67	0,10^{ns}	0,29	0,52^{ns}
IR8	0,44	0,01*	0,07	0,69^{ns}	0,26	0,16^{ns}	0,38	0,35^{ns}	0,40	0,33^{ns}	-0,08	0,85^{ns}
DIAMANTE	-0,31	0,11^{ns}	-0,48	0,01^{ns}	0,13	0,52^{ns}	-0,09	0,84^{ns}	0,47	0,20^{ns}	-0,19	0,65^{ns}
TALENTO	-0,40	0,07^{ns}	0,41	0,07^{ns}	0,10	0,65^{ns}	-0,06	0,90^{ns}	0,44	0,38^{ns}	-0,40	0,38^{ns}
CANA ROXA	0,18	0,40^{ns}	0,08	0,69^{ns}	0,28	0,18^{ns}	0,32	0,44^{ns}	0,21	0,58^{ns}	0,24	0,57^{ns}
BRS PAMPA	0,11	0,57^{ns}	0,14	0,50^{ns}	-0,11	0,59^{ns}	-0,16	0,71^{ns}	-0,33	0,43^{ns}	0,19	0,65^{ns}
TOTAL	0,27	<,0001**	0,03	0,41^{ns}	0,04	0,29^{ns}	0,04	0,63^{ns}	0,13	0,08^{ns}	0,12	0,10^{ns}
DOSE 0	0,29	<,0001**	0,06	0,34^{ns}	0,08	0,23^{ns}	0,14	0,25^{ns}	0,27	0,03*	0,17	0,18^{ns}
DOSE 30	0,16	0,02*	0,10	0,12^{ns}	0,04	0,57^{ns}	-0,12	0,37^{ns}	-0,21	0,09^{ns}	0,04	0,77^{ns}
DOSE 60	0,18	0,02*	0,01	0,84^{ns}	0,10	0,17^{ns}	-0,05	0,71^{ns}	0,08	0,53^{ns}	0,00	1,00^{ns}

^{ns}, * e ** não significativo e significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t.

3.4 CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi realizado pode-se concluir que:

Existe pouca ou nenhuma correlação da resposta dos genótipos para os ambientes de cultivo utilizados.

A variável comprimento da parte aérea foi a única que apresentou correlação significativa na avaliação total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANDJELKOVIC, V.; THOMPSON R. Changes in gene expression in maize kernel in response to water and salt stress. Plant Cell Rep, v. 25, p. 71–79, 2006.

BENITEZ LETÍCIA CARVALHO. **Tolerância à salinidade avaliada em genótipos de arroz, cultivados *ex vitro e in vitro***, Brasil. 2008. 101f . Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CARILLO P, ANNUNZIATA M.G, PONTECORVO G, FUGGI A, WOODROW P. Salinity stress and salt tolerance. In: arun shanker. **Abiotic stress - mechanisms and adaptations**. vol. 1, 2011. p. 21-38, ISBN: 978-953-307-394-1.

CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I., WEBER, E. J. **Salinidade da água e do solo e seus efeitos sobre o arroz irrigado no Rio Grande do Sul**: Instituto Rio Grandense do Arroz,. Boletim Técnico n° 10, IRGA. 2011. 54 p., color. ISBN 1983 – 0858.

CARVALHO, Fernando Irajá Felix de et al. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal** . Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2004, 142 p.

CASTRO, Emílio da Maia de et al., **BRS Talento**: Cultivar Semi-precoce de Arroz de Terras Altas. 2002. 2p.

CHINNUSAMY, V.; JAGENDORF, A.; ZHU, J.K. Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants. **Crop Science**, vol. 45, n. 2, p. 437-448, 2005.

CLARK, R.B.; Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation and use of mineral elements required for plant growth. **Plant and Soil**, p. 49-70, 1983.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, Maio/2013. Disponível em: < http://www.conab.gov.br > . Acessado em: 28 de Junho de 2013.

DAVENPORT, R.; JAMES, R.; ZAKRISSON-PLOGANDER, A.; TESTER, M.; MUNNS, R.. Control of Sodium Transport in Durum Wheat. **Plant Physiology**, vol.137, p 807-818. Mar 2005.

FAO 2006. Food and Agriculture Organization . The state of food security in the world. FAO, Rome, Italy.

FAO. 2005. Food and Agriculture Organization. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Rome, Italy: **FAO Land and Plant Nutrition Management Service**. Disponível em < http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush. >

FAO. 2008. Land and Plant Nutrition Management Service. Disponível em: < http://www.fao.org/ ag/agl/agll/spush >

FAO. 2010. Land And Plant Nutrition Management Service. Disponível em: < http://www.fao.org >

FAOSTAT 2013, Food and Agriculture Organization of the United Nations, The statistics division. Disponível em: < http://faostat.fao.org/# >. Acesso em Junho de 2013.

FURLANI, A.M.C; BATAGLIA, O.C.; AZZINI, L.E. Variabilidade entre linhagens de arroz na absorção e utilização de potássio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 10, p. 135-141, 1986

GREGORIO, G. B., SENADHIRA, D., MENDOZA, R. D., & DIVISION, B. **Screening Rice for Salinity Tolerance**, n. 22. 1997

HASEGAWA, P. M., BRESSAN, R. A., ZHU, J. K., & BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.** vol. 51, p.463-499, 2000.

HUANG G.-T.; MA S.-L.;. BAI L.-P; ZHANG L.; MA H.; JIA P.; LIU J.; ZHONG M.; GUO, Z.-F. Signal transduction during cold, salt, and drought stresses in plants. **Molecular biology reports**, vol. 39, n. 2, p. 969–87, Feb. 2012.

IRRI 2013, International Rice Research Institute. < http://irri.org/ >. Acesso em Junho de 2013.

KHAN, M. A., YASMIN, S., ANSARI, R., SHIRAZI, M. U., & ASHRAF, M. Y. Screening for salt tolerance in wheat gentoypes, **Pakistan Journal of Botany** vol. 39, n. 7, p. 2501–2509. 2007.

LAL S.; GULYANI V.; KHURANA P.. Overexpression of HVA1 gene from barley generates tolerance to salinity and water stress in transgenic mulberry (*Morus indica*). **Transgenic research**, vol. 17, n. 4, p. 651–63, Ago. 2008.

LUTTS, S.; ALMANSOURI, M.; KINET, J. M. Salinity and water stress have contrasting effects on the relationship between growth and cell viability during and after stress exposure in durum wheat callus. **Plant Science**, v. 167, p. 9-18, 2004.

MAAS, E. V. Testing Crops for Salinity Tolerance. p. 234–247, 1993.

MACHADO, C. S.; NIENCHESKI, L. F. H. ; ATTISANO, K. K. A Lagoa dos Patos como recarga de um aqüífero freático costeiro. Anais do III CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, São Paulo. 2008, p. 673-684.

MACHADO, M.O.; TERRES, A.L. Tolerância de genótipos à salinidade do solo – safra 1994/1995. Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 21, 1995, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 48-50.

MAGALHAES JUNIOR, Ariano Martins de et al. **Ácido abscísico e o estresse abiótico.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 30 p.

MANSOUR, M. M. F.; SALAMA, K. H. A.; AL-MUTAWA, M. M. Transport proteins and salt tolerance in plants. **Plant Science**., vol. 164, p. 891–900, Jun. 2003.

MARCOLIN, E.; ANGHINONI, I.; MACEDO, V. M.; GENRO JUNIOR, S. A.; VEZZANI, F. M. Salinidade da água na cultura do arroz no Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, vol. 53. P. 27-38, 2005.

MELO, P.C.S.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C.J.; OLIVEIRA, F.J.; BASTOS, G.Q.; TABOSA, J.N.; SANTOS, V.F. & MELO, M.R.C.S. Seleção de genótipos de arroz tolerantes a salinidade durante a fase vegetativa. **Ciência Rural**, vol. 36, p. 58-64, 2006.

MUNNS, R. Strategies for crop improvement in saline soil. In: **Salinity and water stress**, Springer Netherlands vol. 44, n.11, p. 99-110. 2009.

MUNNS R. & TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, vol. 59, p. 651–681. Jan. 2008.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, cell & environment, vol. 25, n. 2, p. 239–250, Feb. 2002.

MUNNS, R., SCHACHTMAN, D., & CONDON, A. The Significance of a Two-Phase Growth Response to Salinity in Wheat and Barley. **Functional Plant Biology**, vol. 22 n. 4, p. 561-569, 1995.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB; SBEA, 1997. p.1-35.

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em < http://www.un.org/ >. Acesso em Junho de 2013

Programa Genes - Aplicativo computacional em genética e estatística. < www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm >

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas** . 3. ed. Lavras: UFLA, 2012. 305 p.

RUSSEL, J. C., KADRY, L., & HANNA, A. B. Sodic soils in Iraq. Agrokomia ES Talajtan.Tom 14(Suppl.): 91-97. 1965.

SAS LEARNING EDITION. SAS Program - Getting started with the SAS Learning Edition. North Carolina: Cary SAS Publishing, 2013.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., vol.30, n.3, p.507-512, 1974.

SERRANO, R., CULIANZ-MACIA, F., & MORENO, V.. Genetic engineering of salt and drought tolerance with yeast regulatory genes. **Scientia Horticulturae**, vol. 78, p. 261-269. 1999.

SHAVRUKOV Y, GENC Y, HAYES J. The use of hydroponics in abiotic stress tolerance research. In: T Asao, ed, **Hydroponics – a standard methodology for plant biological researches**. InTech. p 39–66. 2012. Disponível em: <www.intechopen.com/books/hydroponics-a-standard-methodology-for-plant-biological-researches/the-use-of-hydroponics-in-abiotic-stress-tolerance-research>.

SINGH RK AND FLOWERS TJ. The physiology and molecular biology of the effects of salinity on rice. In **Handbook of Plant and Crop Stress** Third Edition edited by M. Pessarakli. Publisher : Taylor and Francis, Florida, USA. p 899-939. 2010.

SINGH, K. N., & CHATRATH, R. Salinity tolerance. In Eds., M. P. Reynolds, J. J. Ortiz-Monasterio & A. McNab (Eds.), **Application of physiology in wheat breeding.** Mexico: CIMMYT.p.101-110. 2001.

SINGH, R.K.; REDOÑA, E.; REFUERZO, L. Varietal improvement for abiotic stress tolerance in crop plants: special reference to salinity in rice. In: **Abiotic Stress Adaptation in Plants.** Springer Netherlands, 2010. p. 387-415.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720p.

TAVAKKOLI, E., FATEHI, F., RENGASAMY, P., & MCDONALD, G. K. A comparison of hydroponic and soil-based screening methods to identify salt tolerance in the field in barley. **Journal of Experimental Botany**, vol. 63, n.10, p. 3853–3867. 2012. doi:10.1093/jxb/ers085

TERRES, A. L. S.GOMES; FAGUNDES P. R. R; MACHADO, M. O.; MAGALHÃES JR., A. M. de.; NUNES, C. D. M.; Melhoramento genético e cultivares de arroz irrigado. in: **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 899p.

USDA-ARS. 2008. Research Databases. Bibliography on Salt Tolerance. George E. Brown, Jr. Salinity Lab. US Dep. Agric., Agric. Res. Serv. Riverside, CA. http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8908

VILLWOCK, J.A. & TOMAZELLI, L.J. 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas 8**: p. 1-45.

WARAICH, E. A., IQBAL, J., & MOHSAN, M. Screening for salt tolerance in maize (Z*ea mays* l .) hybrids at an early seedling stage, **Pakistan Journal of Botany,** vol. 42, n.1, p. 141–154. 2010.

WILD, A. Soils, land and food: managing the land during the twenty-first century. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK. p.1-21. 2003.

YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K. Transcriptional regulatory networks in cellular responses and tolerance to dehydration and cold stresses. **Annual review of plant biology**, vol. 57, p. 781–803, Jan. 2006.

YOSHIDA S.; FORNO D.A.; COCK J.H.; GOMEZ K.A. Laboratory manual for physiological studies of rice, 3rd ed. International Rice Research Institutes, Manila, Philippines, 1976, p. 61

APÊNDICES

Resumo da análise de variância referente ao experimento do capitulo 1.

Resumo da análise de variância para as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CRAIZ), número de folhas (NF), número de afilhos (NA), número de folhas dos afilhos (NFA), volume de raiz (VOL.RAIZ), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRAIZ) e área foliar (AREA), dos 24 genótipos de arroz submetidos ao estresse salino, por quatro concentrações de cloreto de sódio em solução nutritiva (NaCl: 0, 30, 60, 90 mM).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO								
		CPA	CRAIZ	NF	NA^T	NFA^T	VOL.RAIZ	MSPA	MSRAIZ	AREA
BLOCO	2	222.15771	34.86961	4.3839148	0.48698931	2.5737561	52.8845514	3.85720811	2.63110841	108414.465
GENÓTIPO	23	1662.94313**	578.05637**	1.60513536**	1.56914793**	9.1055914**	32.9656765**	2.00641137**	0.73134886**	65317.909**
DOSE	3	968.58909**	560.05205**	0.58249018^{ns}	0.24214342^{ns}	0.8028762^{ns}	20.1001145**	0.00284915*	2.59523091**	185272.671**
GEN.*DOSE	69	85.47926**	73.72416**	1.10100388**	0.17370645**	0.7717018**	11.2828749**	0.32354731^{ns}	0.16945433^{ns}	10521.871^{ns}
ERRO		28.3315	22.31128	0.6457721	0.1027621	0.4951294	2.786155	0.3781918	0.17917562	12764.193
MÉDIA		41.584	26.8146	4.20336	1.731565	2.618088	3.807005	1.409239	0.77946	270.7255
CV%		12.79996	17.61534	19.11803	18.51304	26.87665	43.84491	43.63866	54.30576	41.73185

ns, ** e * não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F. Comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CRAIZ) em cm. Número de folhas (NF) em unidades no colmo principal, número de afilhos (NA) e número de folhas dos afilhos (NFA) em unidades. Volume de raiz (VOL.RAIZ) em mL. Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSRAIZ) em gramas. Area foliar (AREA) em cm^2.

Resumo da análise de variância referente ao experimento do capitulo 2.

Resumo da análise de variância para as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CRAIZ), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRAIZ) e área foliar (AREA), dos 28 genótipos de arroz submetidos ao estresse salino, por três concentrações de cloreto de sódio em solução nutritiva (NaCl: 0, 30, 60, mM).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO					
		CPA	CRAIZ	NF^T	AREA	MSPA	MSRAIZ
BLOCO	2	540.81385	1.312066	3.3689027	176.152974	0.01735563	0.00059208
GENÓTIPO	27	420.23905**	139.490344**	0.33912138**	246.384974**	0.00653073**	0.00008373**
DOSE	2	4941.51099**	125.193171**	1.36981717**	4305.471176**	0.2151339**	0.00284915**
GEN.*DOSE	54	54.36123**	10.299563**	0.03838527**	46.293734**	0.00352079^{ns}	0.00005306^{ns}
ERRO		29.85638	5.767992	0.01824509	23.06072	0.00300861	0.00004323
MÉDIA		30.8083	9.694087	2.32648	13.2003	0.178009	0.020341
CV%		17.7358	24.77453	5.805955	36.37915	30.81357	32.32527

ns, ** e * não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F. Comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CRAIZ) em cm. Número de folhas (NF) em unidades no colmo principal. Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSRAIZ) em gramas. Area foliar (AREA) em cm^2.