



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOLOGIA VEGETAL

**TOLERÂNCIA À SALINIDADE AVALIADA EM GENÓTIPOS DE ARROZ,
CULTIVADOS *EX VITRO* E *IN VITRO***

LETÍCIA CARVALHO BENITEZ

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Eugenia Jacira Bolacel Braga, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do Título de Mestre em Ciências (M.S).

PELOTAS
Rio Grande do Sul
Julho de 2008

LETÍCIA CARVALHO BENITEZ

**TOLERÂNCIA À SALINIDADE AVALIADA EM GENÓTIPOS DE ARROZ,
CULTIVADOS *EX VITRO* E *IN VITRO***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Eugenia Jacira Bolacel Braga, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do Título de Mestre em Ciências (M.S).

Banca Examinadora:

Prof. PhD. Antonio Costa de Oliveira

Dr. Ariano de Magalhães Júnior

Prof.^a Dr.^a Eugenia Jacira Bolacel Braga
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu força e coragem para enfrentar as dificuldades surgidas durante a realização do curso.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de participar do programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal para a obtenção do grau de Mestre em Ciência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Eugenia Jacira Bolacel Braga, pela orientação, ensinamentos, confiança, apoio e amizade, que me proporcionaram crescer como profissional e pessoa.

Aos professores José Antonio Peters e Marcos Antonio Bacarin, pela co-orientação e auxílio na elaboração do trabalho.

Ao professor Valmor João Bianchi, pelo apoio e sugestões que, certamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

A todos os professores do Curso de Fisiologia Vegetal pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Botânica.

Aos pesquisadores Prof. PhD. Antonio Costa de Oliveira, Dr. Ariano Martins de Magalhães Júnior e Dr. Maurício Marini Kopp, pela indispensável colaboração na execução deste trabalho.

Aos colegas do laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas, que me apoiaram e me deram forças para seguir em frente.

Aos amigos e colegas Antelmo Ralph Falqueto, Ilda Mariclei de Castro da Silva e Isabel Corrêa da Silva Rodrigues, pela preciosa ajuda na execução e avaliação dos experimentos.

As minhas queridas amigas e colegas Monalize S. Mota e Simone Pohl, pela amizade sincera, carinho e companheirismo em todos os momentos.

Ao Dr. Norton Sampaio e à Dra. Tanira Gimenez Sampaio, pelos valiosos ensinamentos, pela confiança e apoio durante minha permanência no Instituto Biotecnológico de Reprodução Vegetal (INTEC).

Aos meus amados pais Daniel e Nara, pelos exemplos de vida e dedicação, pelas palavras de incentivo e carinho, pela confiança, pelo amor e por, mesmo na distância, nunca terem estado ausentes.

A minha amada filha Milena, minha fonte inspiradora, pelo seu amor, carinho, alegria constante e compreensão pelos momentos de ausência.

A minha avó Angelita por ter estado ao meu lado sempre, mas em especial durante a realização do curso, pelo amor e dedicação que sempre me deram forças para seguir adiante.

As minhas queridas irmãs Natália e Mariana, pela enorme e sincera amizade, companhia, palavras de apoio e carinho mesmo estando longe fisicamente.

Ao meu namorado, Alexandre, pelo carinho, compreensão, pela ajuda e companhia durante a realização deste curso.

A todos que me ajudaram e apoiaram para que eu concretizasse mais esse objetivo.

ÍNDICE

SUMÁRIO.....	v
SUMMARY	vii
INTRODUÇÃO_GERAL.....	1
CAPÍTULO I: AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM GENÓTIPOS DE ARROZ CULTIVADOS <i>EX VITRO</i>	3
INTRODUÇÃO	3
MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
CONCLUSÕES	46
CAPÍTULO II:AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM GENÓTIPOS DE ARROZ CULTIVADOS <i>IN VITRO</i>	47
INTRODUÇÃO.....	47
MATERIAL E MÉTODOS.....	50
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
APÊNDICE	99

SUMÁRIO

BENITEZ, LETÍCIA CARVALHO, M.S., Universidade Federal de Pelotas, Julho de 2008. **Tolerância à salinidade avaliada em genótipos de arroz, cultivados *ex vitro* e *in vitro***. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eugenia Jacira Bolacel Braga. Co-orientadores: Prof. Dr. José Antonio Peters e Prof. Dr. Marcos Antonio Bacarin

As plantas, sob condições naturais, estão expostas a vários estresses ambientais que afetam seu metabolismo. Dentre estes, a salinidade dos solos e da água de irrigação é um dos mais sérios problemas para a agricultura irrigada. Sabendo que o germoplasma do arroz possui uma variabilidade genética para tolerância à salinidade, o objetivo deste trabalho, foi avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de 10 genótipos de arroz, cultivados *ex vitro* e *in vitro*, por meio de caracteres morfológicos e agrupá-los para o caráter tolerância à salinidade. Foram realizados trabalhos em casa de vegetação e no sistema de cultura *in vitro* com as concentrações de 0, 68, 136 e 204 mM de NaCl acrescidos à solução nutritiva e ao meio de cultura, respectivamente. Após 21 dias do início de cada experimento, foram avaliadas a emergência de plântulas *ex vitro* e a germinação de sementes *in vitro*, além das médias dos caracteres altura da parte aérea, número de folhas, área foliar, comprimento de raiz, número de raiz e massa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular. Foram procedidas análises de variância, ajuste de regressões, cálculos de percentagem de redução e análise de dissimilaridade. A salinidade atrasou a fase inicial de germinação e emergência de plântulas, exceto na concentração de 204 mM que foi inibitória para germinação das

sementes *in vitro*. Todos os caracteres mensurados tiveram seu desenvolvimento reduzido em substrato salino, sendo os caracteres correspondentes à área foliar média e à fitomassa média da parte aérea e do sistema radicular os mais suscetíveis ao NaCl e número médio de folhas e de raiz os menos afetados pelo excesso de salinidade. Observou-se dissimilaridade entre os genótipos estudados para tolerância à salinidade nas duas condições experimentais, verificada pela formação de três grupos pelo método hierárquico UPGMA, em ambos sistemas de cultivo, e de cinco e dois grupos pelo método de otimização de Tocher no cultivo *ex vitro* e *in vitro*, respectivamente. As variáveis, área foliar média e massa seca média de raiz, contribuíram mais para a dissimilaridade entre os genótipos *ex vitro*, enquanto que massa fresca média da parte aérea e de raiz foram as que mais contribuíram para a dissimilaridade *in vitro*. A variável altura média da parte aérea foi a que menos contribuiu para a separação dos genótipos nos dois sistemas de cultivo. Pode-se concluir que o genótipo BRS Bojuru apresentou maior tolerância à salinidade, enquanto que BRS Ligeirinho mostrou maior sensibilidade nos dois trabalhos.

Palavras-chave: *Oryza Sativa* L., salinidade, dissimilaridade genética.

SUMMARY

BENITEZ, LETÍCIA CARVALHO, M.S., Universidade Federal de Pelotas, July 2008. Tolerance to salinity available in rice genotypes cultivated in *ex vitro* and *in vitro*. Adviser: Prof^a. Dr^a. Eugenia Jacira Bolacel Braga. Co-adviser: Prof. Dr. José Antonio Peters e Prof. Dr. Marcos Antonio Bacarin

Plants under natural conditions are exposed to several environmental stresses which affect their metabolism. Among them, soil salinity is one of the most serious problems in irrigated agriculture. Trying to identify genetic variability for this character, the main goal of this work was to evaluate the germination and the initial development of plantlets of 10 rice genotypes under salt stress. The plantlets were cultivated *ex vitro* and *in vitro*, and many morphological characters were used to phenotype their responses. The investigations were performed *ex vitro* in the greenhouse and *in vitro* in culture media with NaCl concentrations of 0, 68, 136 and 204 mM added to a nutrient solution and to culture media, respectively. After 21 days from the beginning of each experiment, plantlet emergence and seed germination *in vitro* were evaluated. Other characters measured were shoot length, number of leaves, leaf area, root length, number of roots and fresh and dry mass of aerial part and radicular system. Analysis of variance, regression fitting, percentage of reduction and dissimilarity analysis were performed. The salinity damages were seen only at the initial phase of germination and plantlet emergence except on 204 mM concentration which was inhibitory to *in vitro* seed germination. All measured characters had their development reduced in saline substrate. The characters average shoot area, shoot biomass and root biomass were the most sensitive to NaCl and the characters leaf

and root number were the less affected by the salinity excess. The genotypes showed different responses in both experimental conditions. The genotypes formed three groups when an UPGMA hierarchal method was applied to both system of cultivation. Five and two groups were found when Tocher optimization method was applied to in *ex vitro* and in *vitro* data, respectively. The variables average shoot area and average root dry mass contributed more to similarity between genotypes *ex vitro*, while the average shoot and root weight were the most contributing for the *in vitro* dissimilarity. The variable shoot length was the one that less contributed to genotype discrimination in both cultivation systems. It is concluded that the genotype BRS Bojuru presented the highest tolerance to salinity while BRS Ligeirinho showed the lowest tolerance in both investigations.

Key words: *Oryza Sativa* L., salinity, genetic dissimilarity.

INTRODUÇÃO GERAL

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo com grande destaque do ponto de vista econômico e social, sendo superado em volume produzido somente pelo trigo. Porém, se considerarmos que 85% da produção total de arroz são destinados ao consumo humano, contra 61% do trigo e 18% do milho, o arroz pode ser considerado o produto agrícola mais importante do mundo (BONOW, 2004). Além disso, é uma das principais culturas agrícolas do Brasil e do Estado do Rio Grande do Sul, que atualmente é responsável por aproximadamente 50% da produção nacional deste cereal (MALONE et al., 2007).

A crescente demanda por este alimento remete o melhoramento genético para o atendimento de mecanismos ligados à adaptação das plantas, resistência à salinidade, doenças e pragas, resistência a herbicidas, alta produtividade e qualidade de grãos, sendo imprescindível para isto a presença de variabilidade genética.

Atualmente, o arroz se constitui num modelo de estudo para a genética e fisiologia das Poaceas cultivadas, principalmente pelo elevado conteúdo informativo disponível (PENNISI, 2000), pela sintonia com os demais cereais (GALE; DEVOS, 1998) e pela variabilidade genética que possui para caracteres de importância para a fisiologia de plantas (SGUAREZI et al., 2003). Diante disso, o arroz é um excelente foco de pesquisa, seja pela importância econômica regional e nacional, seja pela importância para a biologia da própria espécie e dos demais cereais.

Assim como toda cultura agrícola, a produção de arroz é influenciada por um grande número de fatores ambientais. Alguns desses não são passíveis de manejo, como clima, enquanto outros, como solo, pode ser manejado para permitir o

melhor desempenho da cultura. Levando-se em consideração que aproximadamente 1/3 dos solos do mundo apresentam altos níveis de salinidade (LIUA; BAOB, 1998), a seleção e caracterização de genótipos tolerantes para o caráter torna-se uma excelente alternativa para o melhoramento genético deste cereal.

Uma estratégia, para acelerar os processos de seleção e desenvolvimento de genótipos tolerantes ao estresse salino é a utilização das técnicas de cultura *in vitro*, as quais, além de permitirem a comparação de um grande número de organismos, são também rápidos e de custo relativamente baixo, possibilitando a identificação de genótipos tolerantes, antes da verificação de sua tolerância no campo (NÓBREGA et al., 2004).

A cultura *in vitro* apresenta-se como um modelo para estudos básicos de fisiologia, bioquímica, genética, embriologia, histologia e patologia vegetal, tendo sido considerada como um dos mais significativos incrementos ao melhoramento genético, permitindo seleção celular de variantes úteis, obtenção de homozigotos, hibridação somática de espécies sexualmente incompatíveis, adição ou modificação de genes específicos, além de outras estratégias (CORNEJO et al., 1984).

A variabilidade genética é a base para um programa de melhoramento e, normalmente, conservada em acessos de bancos de germoplasma *in vivo*. A cultura de tecidos também pode aumentar a variabilidade genética pela variação somaclonal ou dando suporte para outras técnicas como a transformação genética (FERREIRA et al., 1998).

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM GENÓTIPOS DE ARROZ CULTIVADOS *EX VITRO*

1 INTRODUÇÃO

As plantas, sob condições naturais, estão expostas a vários estresses ambientais que afetam seu metabolismo desencadeando mudanças bioquímicas, celulares e fisiológicas com a finalidade de evitá-los ou tolerá-los. Seca, salinidade, baixas e altas temperaturas, inundação, poluentes e radiação são alguns dos fatores de estresse mais importantes que limitam a produtividade das culturas (LAWLOR, 2002).

Dentre os fatores abióticos, a salinidade dos solos tem se constituído em um dos mais sérios problemas para a agricultura irrigada em diversas partes do mundo. De acordo com informações obtidas de Rodrigues et al. (2005), no Nordeste brasileiro são aproximadamente nove milhões de hectares salinizados, envolvendo sete estados; dentre os quais na Bahia, encontra-se a maior área de solos afetados por sais, cerca de 44% da área salinizada, seguido do Ceará, com aproximadamente 25%.

Machado et al. (1996) destacam que grande parte das lavouras orizícolas gaúchas ocupam o ecossistema de várzea, localizado na planície litorânea da região sul do Estado. A abundância de recursos hídricos nesta região, como a Laguna dos Patos e os rios litorâneos tornam-se por vezes a fonte de obtenção de água para irrigação dos campos de cultivo do arroz. A coincidência dos meses de menor precipitação na região que possibilitam a salinização destas fontes, e o período de maior demanda por água pela cultura do arroz, representa um risco ao cultivo deste cereal, devido à sensibilidade, principalmente no estágio de plântula e de reprodução, podendo o estresse ocasionar diminuição do estande e aumento na esterilidade de espiguetas, respectivamente (MACEDO et al., 2006).

Segundo resultados de análises realizadas pelo laboratório da extinta CLM-SUDESUL, situado em Pelotas-RS, em vários pontos amostrados ao longo do Canal São Gonçalo, durante o verão de 1985, o índice de NaCl variou de 0,03 a 23 g L⁻¹ de água. Amostras realizadas, também pela SUDESUL, durante a safra de 1985 em 20 lavouras de arroz nos municípios de São Lourenço, São José do Norte, Camaquã e Rio Grande, apresentaram níveis de 0,5 a 4,5 g L⁻¹ de NaCl na água de irrigação (LIPP, 1987).

O estresse salino inibe o crescimento das plantas, reduzindo o potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade da água e/ou acumulando íons em excesso nos tecidos vegetais, podendo ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional, ou ambos (TESTER; DAVENPORT, 2003). Nessas condições, a concentração dos íons de Na⁺ e/ou de Cl⁻, freqüentemente, excedem as concentrações de macro e micronutrientes (GRATTAN; GRIEVE, 1999), reduzindo a absorção de outros nutrientes minerais, especialmente do NO₃⁻, K⁺ e Ca₂⁺ (LARCHER, 2000).

Segundo Garcia et al. (2005) em ambientes salinos, o NaCl é o sal predominante e é, também, aquele que causa maiores danos às plantas, enquanto que os excessos de Na⁺ e, em especial, de Cl⁻ no protoplasma ocasionam distúrbios em relação ao balanço iônico, além dos efeitos específicos desses íons sobre as enzimas e membranas celulares (FLORES, 1990).

O grau com que cada um desses componentes do estresse influencia o crescimento/desenvolvimento e a qualidade de produção das plantas é dependente de muitos fatores, porém, para Cramer et al. (1994) e Rhoads et al. (2000) destacam-se a espécie vegetal, o genótipo e estágio fenológico, a composição

salina do meio, intensidade e duração do estresse, bem como as condições edafoclimáticas e o manejo de irrigação. Levando-se em consideração estes fatores, o genótipo pode manifestar resistência ou tolerância, sobrevivendo e, às vezes, até crescendo, mesmo que em menores taxas; ou o genótipo pode manifestar susceptibilidade sofrendo redução do seu crescimento, e dependendo da intensidade do estresse, podendo chegar à morte da planta (CAMBRAIA, 2005).

As plantas tolerantes a elevadas concentrações salinas são classificadas como halófitas, requerendo para seu crescimento ótimo, elevadas concentrações de eletrólitos (tipicamente Na^+ e Cl^-). As glicófitas, por sua vez, apresentam menor tolerância à salinidade, com elevadas taxas de redução no crescimento quando esta supera 10 mM; enquanto que as halófitas crescem em ambientes nos quais a concentração salina varia de 50 a 500 mM (WILLADINO; CAMARA, 2005).

O germoplasma do arroz possui uma variabilidade genética para tolerância à salinidade, embora o nível de tolerância não seja muito alto. Esta variabilidade foi verificada por Fageria (1984), em pesquisa envolvendo 162 cultivares, constatando serem 11% tolerantes, 11% moderadamente tolerantes e 17% moderadamente sensíveis, classificando-se as demais como sensíveis. Foram registradas reduções de altura de plantas, de número de perfilhos e da fitomassa da parte aérea e das raízes, com o aumento do nível de salinidade da água de irrigação.

As análises da diferença na expressão gênica em diferentes situações fisiológicas permitirão desvendar os mecanismos moleculares do desenvolvimento e da bioquímica do arroz, bem como, encontrar funções gênicas significativas responsáveis pelas características de superioridade varietal desejadas pelos melhoristas da cultura. No entanto, no Brasil, a identificação de cultivares é realizada, na maioria das vezes, pelo uso de descritores morfológicos. De acordo com Bonow et al. (2007) outro motivo que tem aumentado significativamente o interesse pela caracterização de cultivares nas últimas décadas é a crescente necessidade de proteção de cultivares comerciais em mercados econômicos cada vez mais competitivos.

No Brasil, a Lei de Proteção de Cultivares nº 9.456, sancionada em 25 de abril de 1997, abriu uma nova perspectiva e interesse na proteção e lançamento de constituições genéticas (MILACH, 1998). Os descritores oficiais contidos nessa lei são baseados em características morfológicas qualitativas e quantitativas. Duncan; Baligar (1990) relatam que avaliação, através de caracteres morfológicos, de

genótipos crescidos em ambientes controlados com o uso de soluções nutritivas mostra-se eficiente para estudos de variabilidade, pois diminui o número de variáveis não controladas, tais como tolerâncias diferenciais a estresses climáticos, bióticos ou nutricionais.

Para Moura et al. (1999), a determinação da dissimilaridade genética, por meio da avaliação simultânea de vários caracteres, pode ser uma ferramenta eficiente para a identificação de genótipos superiores, possibilitando a concentração de esforços nas combinações mais promissoras. Análises multivariadas para estudar a diversidade genética com base em caracteres morfológicos e/ou fisiológicos foram realizadas em muitas espécies, como feijão (MACHADO et al., 2002), *Trifolium* (RADOMSKA, 2000), *Medicago* (SKINNER et al., 1999), fava (TERZOPOULOS et al., 2003) e algodão (CARVALHO et al., 2003).

No que diz respeito à metodologia para avaliação de estudos de cultivares de arroz para tolerância à salinidade, Vilela; Furlani Júnior (1996) após estudos sobre cultivares de arroz (IAC 4440, IAC 100, IAC 101 e IAC 102) recomendaram o uso de mudas com, no máximo, 28 dias de idade, pelo fato de mudas mais velhas ocasionarem alongamento do ciclo e redução na produtividade de grãos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de arroz, cultivadas *ex vitro* e submetidas a diferentes concentrações de NaCl e, identificar por meio de caracteres morfológicos a dissimilaridade genética a fim de agrupar os genótipos mais tolerantes e os mais sensíveis para o caráter tolerância à salinidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Botânica, Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), localizados no município de Pelotas-RS.

MATERIAL VEGETAL

Foram utilizadas sementes de arroz dos genótipos BRS Bojuru, BRS Talento e Cana Roxa, pertencentes ao grupo japônica e, BRS Atalanta, BRS Firmeza, BRS Pelota, BRS Agrisul, BRS Querência, BRS 7 “Taim” e BRS Ligeirinho, pertencentes ao grupo índica, procedentes da Estação Experimental Terras Baixas (Embrapa – Clima Temperado).

DESINFESTAÇÃO

Antes de serem semeadas as sementes passaram por um processo de desinfestação em laboratório, o qual consistiu de imersão em álcool 70%, durante 1 minuto, e em solução de hipoclorito de sódio 3%, durante 10 minutos. Posteriormente procedeu-se lavagem com água destilada, sendo todas as etapas mantidas sob agitação constante.

CONDIÇÕES DE CULTIVO

As sementes foram colocadas para germinar a 1 cm de profundidade em potes plásticos com capacidade de 350 mL perfurados na base para perfeita percolação da água e solução nutritiva, sendo utilizadas cinco sementes/pote e

como substrato areia previamente lavada com água e ácido clorídrico 1% como forma de eliminar resíduos e contaminantes.

As plantas permaneceram em casa de vegetação durante 21 dias, sendo a irrigação realizada alternadamente, dois dias com solução nutritiva + NaCl (50 mL por pote) e um dia com água. Este procedimento foi adotado para atender às exigências hídricas e favorecer a eliminação do excesso de sais. A solução nutritiva utilizada foi a proposta por Hoagland e Arnon (1938).

TRATAMENTOS

Os tratamentos foram constituídos por quatro concentrações de NaCl acrescidos à solução nutritiva. As concentrações utilizadas foram 0 (testemunha), 68 mM (4 g L^{-1}), 136 mM (8 g L^{-1}) e 204 mM (12 g L^{-1}) de NaCl. Após o preparo de cada solução nutritiva, o pH destas foi ajustado para $6 \pm 0,2$.

As concentrações utilizadas foram previamente selecionadas através de um experimento piloto, com as seguintes concentrações de NaCl: 0 mM (testemunha), 171 mM (10 g L^{-1}), 342 mM (20 g L^{-1}), 513 mM (30 g L^{-1}), 684 mM (40 g L^{-1}) e 856 mM (50 g L^{-1}) em dois genótipos de arroz, BRS Bojuru e BRS 7 "Taim". Os resultados de tal experimento mostraram que concentrações acima de 171 mM de NaCl foram inibitórias para germinação de sementes, destas cultivares. A partir destes resultados, escolheram-se concentrações intermediárias entre 0 mM e 171 mM, utilizando-se ainda, uma concentração superior, de 204 mM.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em arranjo fatorial 10×4 (10 genótipos x 4 concentrações de NaCl), com três repetições. Os potes contendo os genótipos foram organizados em bandejas para receberem a mesma concentração da solução salina. Assim, os tratamentos ficaram organizados em quatro bandejas, cada uma contendo os 10 genótipos e uma das quatro concentrações de NaCl. Como cada pote era uma repetição havia três bandejas por tratamento, totalizando 12 bandejas e 120 potes. A disposição dos potes e das bandejas foi determinada através da realização de sorteio.

AVALIAÇÕES

Para a avaliação da emergência das plântulas, submetidas as diferentes concentrações de NaCl, foram realizadas duas análises, sendo a primeira aos cinco dias e a segunda aos quatorze dias após a semeadura (DAS).

Após 21 dias, as plântulas foram retiradas dos potes e avaliadas quanto às médias dos seguintes caracteres: altura da parte aérea (cm), comprimento de raiz (cm), número de folhas, área foliar (cm²), massa fresca da parte aérea e do sistema radicular (g), massa seca do sistema radicular aferida em gramas (g) após secagem em estufa a 72°C durante 72h e, percentagem final de emergência de plântulas.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância para testar as fontes de variação e suas possíveis interações em um modelo fatorial, considerando dose (fator quantitativo) e genótipo (fator qualitativo) como fatores fixos e as médias dos tratamentos comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores referentes à percentagem de emergência de plântulas e número de folhas foram transformados para arco seno da raiz quadrada de $(X/100)$ e raiz de $(X+1)$ respectivamente, onde X representa o valor percentual obtido para a variável percentagem de plântulas emergidas e os valores originais para o variável número de folhas.

Como forma de desdobrar os efeitos da interação doses x genótipos efetuou-se a análise de regressão linear simples, sendo representados na forma de gráficos individuais para cada genótipo, e onde os menores valores do coeficiente de regressão (b) determinaram genótipos tolerantes. Foram também realizados cálculos de redução relativa para as variáveis avaliadas.

As análises de variâncias foram realizadas com auxílio do software estatístico SANEST (ZONTA; MACHADO, 1987), para as análises de regressão linear utilizaram-se os recursos do software WINSTAT (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2002).

ANÁLISE DE DISSIMILARIDADE

A análise de dissimilaridade genética entre todos os pares de genótipos foi estimada por meio da distância generalizada de Mahalanobis (D^2) a partir de médias

originais e as estimativas das variâncias e covariâncias residuais entre os caracteres estudados, utilizando o programa computacional GENES (CRUZ, 2001). Este programa fornece, além da matriz de dissimilaridade, a contribuição relativa dos caracteres para divergência, conforme Singh (1981). Através da matriz de dissimilaridade genética gerada foi aplicada a análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher, conforme descrito por Cruz; Carneiro (2003) e construído um dendrograma pelo método de agrupamento da distância média (UPGMA). Para a estimativa do ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma gerado foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (r) (SOKAL; ROHLF, 1962), utilizando o programa computacional NTSYS pc 2.1 (ROHLF, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

PERCENTAGEM DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS

Ao analisar os resultados referentes à percentagem de emergência de plântulas não foi verificada interação significativa entre os fatores genótipo e concentração de NaCl em ambas as avaliações realizadas. Houve, no entanto, efeito significativo do fator concentração de NaCl na primeira avaliação e, efeito significativo do fator genótipo na segunda, realizadas no quinto e 14^o DAS (Tabela1**A**).

Ao comparar-se a percentagem de emergência de plântulas dos genótipos de arroz em relação as diferentes concentrações de NaCl na primeira e segunda avaliação, pode ser verificado que o aumento dos níveis de salinidade afetou a emergência inicial das plântulas, onde, aos cinco DAS, o maior índice, 41%, foi obtido no tratamento com 68mM de NaCl, o qual não diferiu da testemunha e foi estatisticamente superior aos tratamentos com 136 e 204 mM. Já aos 14 DAS não foram observadas diferenças entre as concentrações para esta variável (Tabela 1).

Tabela 1- Percentagem de emergência de plântulas de 10 genótipos de arroz em relação as diferentes concentrações de NaCl (mM) acrescidas à solução nutritiva

NaCl (mM)	Emergência (%)	
	1ª avaliação (5 DAS)	2ª avaliação (14 DAS)
0	37 ab *	75 a
68	41 a	77 a
136	23 b	73 a
204	21 b	72 a

*Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A germinação pode ser simplificada em processos iniciais como: embebição da semente e ativação do metabolismo, seguido do rompimento do tegumento, da emissão da radícula e do crescimento da plântula. A fase inicial é principalmente uma função da absorção de água, enquanto a segunda é dependente da mobilização de reservas da semente (LIMA et al., 2005), o que justificaria as reduções de 18 e 20% nos índices de emergência observadas nos tratamentos com 136 e 204 mM, respectivamente, em relação ao tratamento com 68 mM na primeira avaliação, realizada no 5º DAS (Tabela 1). Os níveis de salinidade da solução nutritiva de irrigação reduziram o potencial osmótico (Ψ_o) da solução do solo, notadamente nos tratamentos com 136 e 204 mM, afetando o processo de embebição pelas sementes de arroz, sendo este efeito mais marcante até o 5º dia, atrasando a germinação e conseqüentemente a emergência.

Por outro lado, o aumento da concentração de NaCl não prejudicou a emergência final das plântulas (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues et al. (2002), ao estudar os efeitos de diferentes concentrações de sais na água de irrigação sobre a germinação e formação de mudas de arroz da cultivar Formoso, onde constataram maiores prejuízos da salinidade sobre a germinação até o 5º DAS havendo recuperação na segunda avaliação, realizada aos 13 DAS.

Santos et al. (1992) comparando o efeito de três tipos de sais na germinação de sementes de soja, constataram que o Na_2SO_4 e CaCl_2 foram os sais que mais reduziram a germinação, em relação ao NaCl, sugerindo, assim, uma

maior toxicidade daqueles sais. De modo semelhante, Campos; Assunção (1990) verificaram que Na_2SO_4 apresentou maior toxicidade que o NaCl , em estudos realizados com sementes de arroz. Assim, ficou constatado que além da espécie, do genótipo, da viabilidade e do vigor da semente, fatores como tipo e concentração de sais presentes no solo também influenciam no potencial germinativo.

Segundo Marschner (1995) a beterraba é altamente tolerante à salinidade durante a maior parte do ciclo de vida, mas é sensível durante a germinação. Em contraste, a sensibilidade em arroz, tomate, trigo e cevada, geralmente aumenta após a germinação, afetando o crescimento e desenvolvimento da planta.

Com relação ao comportamento dos genótipos, verificou-se que apenas o genótipo BRS Agrisul diferiu estatisticamente dos demais, apresentando a menor média de emergência na segunda avaliação realizada, sugerindo que para este caráter e nestas condições, os genótipos em questão apresentaram níveis semelhantes de tolerância à salinidade (Tabela 2).

Sabe-se que a salinidade pode afetar o processo inicial de germinação e emergência não só por provocar uma redução do potencial hídrico do solo dificultando a absorção da água pelas sementes como facilitando a entrada de íons em níveis tóxicos. No entanto, o padrão de germinação e o crescimento são programados pela constituição genética da espécie em questão. Os resultados apresentados neste trabalho demonstram que os efeitos tóxicos normalmente provocados pelas altas concentrações NaCl não foram nocivos aos genótipos analisados, com exceção de BRS Agrisul que atingiu um percentual final de emergência de 41% (Tabela 2).

Tabela 2 - Percentagem de emergência de plântulas de 10 genótipos de arroz submetidas a diferentes concentrações de NaCl (mM)

Genótipos	Emergência de plântulas (%)	
	1ª Avaliação (5DAS)	2ª Avaliação (14 DAS)
BRS Atalanta	38 a *	82 a
BRS Querência	37 a	75 a
BRS Bojuru	36 a	76 a
BRS Pelota	35 a	78 a
BRS Firmeza	33 a	84 a
BRS 7 "Taim"	30 a	73 a
Cana Roxa	29 a	90 a
BRS Talento	23 a	82 a
BRS Ligeirinho	21 a	67 a
BRS Agrisul	18 a	41 b

*Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Aslam et al. (1993) comentaram que as diferenças genéticas podem explicar a variação de comportamento de cultivares sob condições de salinidade.

Nobre et al. (2003) conduziram um trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre a germinação e formação de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) das cultivares Crioula e Morada, no qual obtiveram taxas de germinação acima de 73,6% em todos os níveis de salinidade testados, para a cultivar Crioula e de 53,2% para a cultivar Morada.

Desta forma, segundo Yan et al. (1992); Shannon (1997), a tolerância à salinidade varia entre espécies, entre variedades/cultivares de uma mesma espécie e até mesmo entre estádios fenológicos de um mesmo genótipo.

CARACTERES MORFOLÓGICOS

De modo geral, nas condições do experimento, todas as variáveis mensuradas tiveram redução relativa quando comparadas ao tratamento sem adição de sal. No entanto, as maiores taxas de redução foram observadas em concentrações acima de 68 mM, sendo ainda mais acentuadas naquela de 204 mM

de NaCl. Na Tabela 3 são apresentadas as reduções relativas médias de todas as variáveis em cada concentração de NaCl testada no experimento, tomando-se como referencial o valor absoluto no tratamento controle (0 mM de NaCl).

A redução no desenvolvimento de todos os caracteres morfológicos avaliados pode ser explicada de acordo com Lacerda et al. (2004), os quais afirmaram que a salinização dos solos ocorre com o acúmulo de determinadas espécies iônicas, principalmente Na^+ e Cl^- , os quais, além de causar toxidez, quando se acumulam nos tecidos vegetais, podem acarretar mudanças na capacidade da planta em absorver, transportar e utilizar os íons essenciais ao seu crescimento, como por exemplo, o cálcio. Os autores salientaram ainda que cereais como sorgo, milho, arroz e cevada, são particularmente sensíveis à elevação de Na^+ e Cl^- no solo.

O maior percentual de redução relativa foi observado para a variável área foliar média, 74,0%, indicando ser o parâmetro morfológico mais sensível a toxicidade causada pelo NaCl em concentração acima de 136 mM. As variáveis correspondentes à fitomassa média da parte aérea e do sistema radicular também apresentaram elevadas reduções, com o aumento das concentrações de NaCl, chegando a reduções de 69,4; 69,9 e 69,5% para massa fresca média da parte aérea, massa fresca e seca média de raiz, respectivamente, no tratamento com 204 mM (Tabela 3).

Tabela 3- Percentual de redução relativa nos valores médios dos caracteres morfológicos avaliados, após 21 dias, em 10 genótipos de arroz submetidos a diferentes concentrações de NaCl em relação ao tratamento controle (0 mM)

Variáveis	Valor Absoluto	Redução Relativa (%)		
	0 Mm	68mM	136mM	204mM
Altura da parte aérea (cm)	9,78	2,1 A *	12,1 B	40,7 C
Número de folhas (nº)	6,45	6,8 A	23,6 B	33,2 B
Comprimento de raiz (cm)	10,75	0,0 A	10,5 B	35,9 C
Área foliar (cm ²)	18,45	12,6 A	31,5 B	74,0 C
Massa fresca da parte aérea (g)	0,61	16,9 A	31,9 B	69,4 C
Massa fresca da raiz (g)	0,80	15,7 A	20,5 B	69,9 C
Massa seca da raiz (g)	0,08	9,7 A	24,4 B	69,5 C

*Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Estudos realizados com outras culturas demonstraram efeitos da salinidade semelhantes aos encontrados neste trabalho. Lima et al. (2007), ao avaliarem o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no desenvolvimento de plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) concluíram que as características que apresentaram maiores reduções em função da salinidade foram: área foliar (65,9%), matéria fresca da parte aérea (66,94%) e matéria seca das raízes (76,1%). Souza et al. (2007), trabalhando com salinidade no desenvolvimento de caupi, e Santana et al. (2003) com feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), também encontraram respostas semelhantes para tais características avaliadas.

A variável número médio de folhas, quando comparada às demais variáveis, foi a que apresentou a menor redução, 33,2 %, na concentração de 204 mM. Por outro lado, a variável altura da parte aérea teve uma redução intermediária, sendo a maior percentagem de redução observada no tratamento com 204 mM, atingindo 40,7%.

Não se observou redução relativa para a variável comprimento médio de raiz na concentração de 68 mM, o que conduz a interpretação de que, em concentrações de até 136 mM, este parâmetro morfológico é o menos influenciado pela concentração salina.

Tal comportamento pode ser entendido com uma resposta fisiológica da planta ao estresse, já que segundo Medeiros; Gheyi (1997) o excesso de sais solúveis na solução do solo prejudica o desenvolvimento das plantas devido à diminuição do potencial osmótico, que juntamente com o potencial mátrico, representam as resistências que as raízes têm que superar para absorver água do solo, podendo, em doses não muito elevadas de sal, haver um alongamento das raízes em busca de água. Porém, esta capacidade é diminuída com o aumento nas concentrações de sal, fazendo com que a pressão osmótica possa atingir um valor em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar esse potencial e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido por seca fisiológica (GHEYI et al., 2005). Lima et al. (2005) em experimento com diferentes genótipos de arroz submetidos a estresse salino, observaram aumento no comprimento de raiz no genótipo BRS Bojuru, em concentrações de até 100 mM de NaCl.

Analisando-se as diferentes taxas de redução relativas encontradas para cada característica analisada pode-se concordar com Morales et al. (2001), ao salientar que nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade, bem como, a adaptação ao estresse salino varia entre espécies e em um mesmo genótipo pode variar entre estádios fenológicos.

As variáveis de crescimento analisadas foram influenciadas pelo genótipo, pelas concentrações de NaCl e pela interação entre estes dois fatores (Tabela 2A). Não foram verificadas interações significativas entre os fatores para as variáveis altura média da parte aérea (cm), número médio de folhas e comprimento médio de raiz (cm), havendo apenas efeito isolado de cada um. Por outro lado, os resultados da análise de variância (Tabela 2A) mostraram efeitos de interação significativa para as variáveis, área foliar média (cm²), massa fresca média da parte aérea e massa fresca e seca média do sistema radicular (g), o que implicou na necessidade de decomposição de seus efeitos simples, uma vez que os genótipos apresentaram respostas diferenciais em relação ao efeito crescente das concentrações de NaCl.

Analisando-se o fator quantitativo concentrações de NaCl, aos 21 dias após a semeadura (DAS), constatou-se que o aumento da salinidade na solução de irrigação inibiu, significativamente e de forma linear decrescente, a altura média da parte aérea, o número médio de folhas e o comprimento médio de raiz das plantas de arroz analisadas (Figura 1).

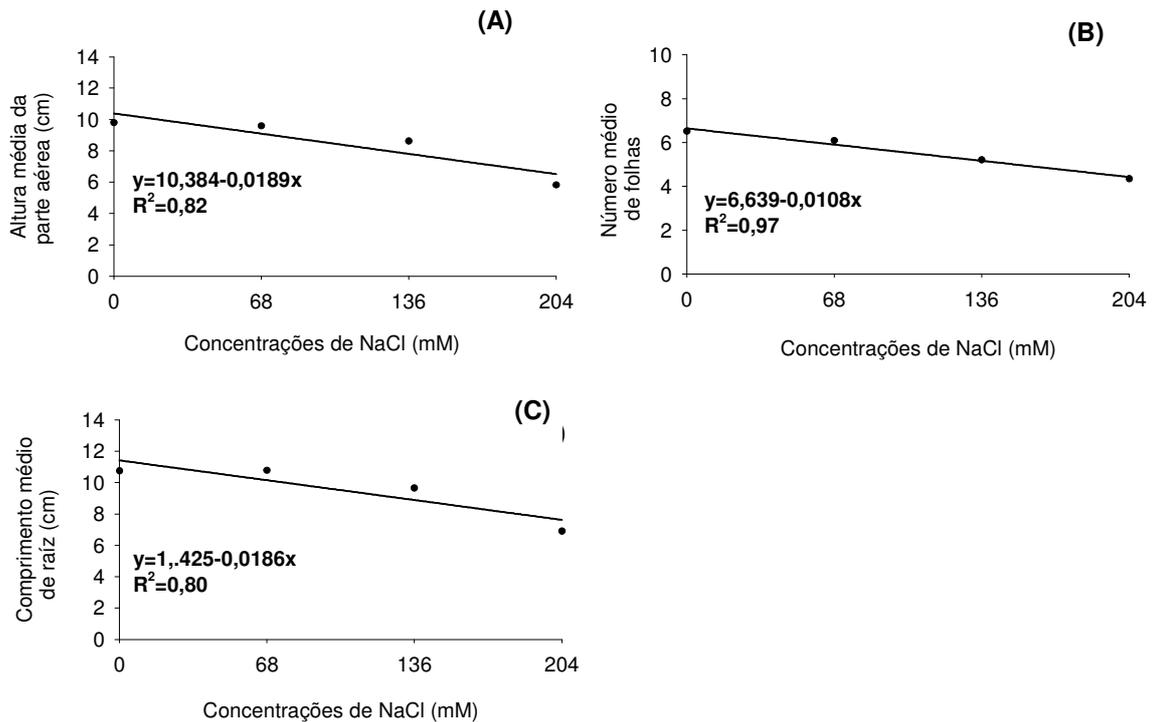


Figura 1- Altura média da parte aérea (A), número médio de folhas (B) e comprimento médio de raiz (C) de 10 genótipos de arroz, após 21 dias submetidos a diferentes concentrações de NaCl.

O efeito da salinidade sobre o número de folhas foi o menos expressivo com decréscimo de 0,0108 folhas por aumento unitário de NaCl conforme equação de regressão contida na Figura 1B. Vários autores (FAGERIA et al., 1989; TAIZ; ZEIGER, 2002; CAVALCANTI et al., 2005) ressaltaram que, em condições de seca fisiológica, é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, refletindo-se na perda de transpiração como alternativa para manter a absorção de água; uma dessas adaptações é a redução do número de folhas. Trabalhos realizados com outras culturas também demonstraram o efeito da salinidade sobre o número de folhas. Oliveira et al. (2006) constataram redução no número de folhas em mamoneira e Oliveira et al. (2007) na cultura do milho pipoca, híbrido 'Jade'.

Com base nas informações contidas na Figura 1 A e 1 C, observou-se decréscimo de 0,0189 cm na altura de planta, por aumento unitário de NaCl, e de 0,0186 cm no sistema radicular. Essas reduções evidenciaram que o crescimento da parte aérea foi mais afetado pela salinidade do que o crescimento do sistema

radicular. Rodrigues et al. (2005) verificaram reduções de 63% e 33% no crescimento da parte aérea e no comprimento de raiz em mudas de arroz irrigadas com água contendo sal.

De acordo com Munns et al. (2002), apesar das raízes estarem diretamente expostas ao agente responsável pelo estresse, elas são menos vulneráveis aos sais do que a parte aérea. Correia et al. (2005) estudando os efeitos da salinidade em plântulas de arroz, verificaram que à medida que aumentou o nível salino a parte aérea foi mais afetada que as raízes, o que denota sua maior sensibilidade aos sais. O mesmo comportamento foi observado em experimento realizado por Lacerda et al. (2004), que estudaram o desenvolvimento de plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio e observaram que a inibição do crescimento da parte aérea foi maior que nas raízes.

A maior redução do crescimento da parte aérea em relação às raízes tem sido observada também em muitas outras espécies, como em algumas frutíferas, sugerindo que elas se adaptam melhor às condições de salinidade, provavelmente, devido ao ajustamento osmótico mais rápido deste órgão (TATTINI et al., 1995; HSIAO; XU, 2000; CHARTZOULAKIS et al., 2002).

Rodrigues et al. (2005) verificando o efeito de diferentes níveis de salinidade (1,0 - 5,0 dS m⁻¹) em plantas de arroz da cv. Formoso observaram que as plantas exploradas em ambientes mais salinos tinham um porte menor que aquelas desenvolvidas sob condições menos salinas, atingindo um índice de redução de 16,8%. Para estes autores, a redução de altura pode ser um indicativo de que esta característica pode ser explorada sob condições de maior adensamento; com maior densidade presume-se ser possível aumentar a produtividade da cultura, compensando a queda de produção por planta, decorrente da salinidade. Para Gurgel et al. (2007); Rains (1984) tais reduções no crescimento, em consequência do excesso de sais no solo, podem ser resultantes da transferência de energia que seria usada no crescimento da planta para o ajustamento osmótico.

Foi constatada, também, significância na fonte de variação qualitativa, genótipo, para as variáveis: altura média de parte aérea, número médio de folhas e comprimento médio de raiz, indicando haver variabilidade genética quanto à tolerância à salinidade para estas características (Tabela 2A). Para a variável altura média da parte aérea, o genótipo Cana Roxa foi o único que diferiu estatisticamente dos demais, apresentando o maior desenvolvimento médio, 10,75 cm (Tabela 4).

Com relação ao número médio de folhas observou-se que os genótipos apresentaram comportamento similar, sendo o maior número médio de folhas, 6,66, observado no genótipo BRS Bojuru, o qual diferiu estatisticamente apenas de BRS Atalanta, BRS Ligeirinho e BRS Firmeza (Tabela 4).

Como nas demais variáveis, os genótipos de arroz apresentaram variabilidade de comportamento para comprimento médio de raiz. Conforme dados contidos na Tabela 4, o genótipo Cana Roxa apresentou o maior comprimento médio do sistema radicular, 12,76 cm, diferindo estatisticamente de todos os demais. BRS Bojuru, BRS 7 “Taim” e BRS Pelota apresentaram valores médios de comprimento de raiz equivalentes a 10,02, 10,02 e 9,76 cm, respectivamente, não apresentando diferença estatística entre si e com outros genótipos, diferindo somente de BRS Ligeirinho e BRS Atalanta, os quais apresentaram as menores médias de crescimento para este parâmetro, 7,96 e 8,16 cm, respectivamente.

Tabela 4- Caracteres morfológicos de 10 genótipos de arroz avaliados após 21 dias de irrigação com solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl

Genótipos	Altura média da	Número médio	Comprimento
	parte aérea (cm)	de folhas	de raiz (cm)
Cana Roxa	10,75 a *	5,66 ab	12,76 a
BRS Bojuru	8,92 b	6,66 a	10,02 b
BRS 7 “Taim”	8,73 b	5,46 abc	10,02 b
BRS Ligeirinho	8,53 b	4,66 bc	7,96 c
BRS Agrisul	8,43 b	5,77 ab	8,85 bc
BRS Firmeza	7,83 b	4,15 c	9,27 bc
BRS Talento	7,81 b	5,87 ab	8,95 bc
BRS Querência	7,77 b	5,62 ab	9,44 bc
BRS Atalanta	7,75 b	5,00 bc	8,16 c
BRS Pelota	7,72 b	5,35 abc	9,76 b

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Levando-se em consideração a redução relativa para altura da parte aérea, os genótipos Cana Roxa, BRS Agrisul, BRS Talento e BRS Querência apresentaram certa tolerância à salinidade até a concentração de 136 mM, com índices de redução inferiores a 10%, sendo Cana Roxa o que apresentou a menor redução, 2,8%. Dentre os demais genótipos, BRS Pelota, BRS Bojuru e BRS Atalanta apresentaram reduções de 10,4, 13,9 e 14,1%, respectivamente, enquanto que nos genótipos restantes as reduções variaram entre 16,6 a 20,9% nesta mesma concentração de NaCl, sendo o maior índice de redução observado no genótipo BRS Ligeirinho (Tabela 5).

Ao analisar o comportamento dos genótipos frente ao aumento na concentração para 204 mM de NaCl, pode-se observar que estas reduções tornaram-se mais acentuadas para todos os genótipos (Tabela 5).

Para Chartzoulakis; Klapaki (2000), o aumento da salinidade no substrato reduz a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular, tendo como consequência a redução no crescimento e desenvolvimento da cultura; o que explicaria o aumento nas reduções para o desenvolvimento da parte aérea, das plantas em estudo, com o aumento na concentração de NaCl para 204 mM na solução de irrigação.

Considerando a diferença entre os tratamentos extremos (0 e 240 mM de NaCl), foi verificada uma redução de 68,4% para o genótipo BRS Atalanta e 58,7% para BRS Ligeirinho, denotando maior sensibilidade, destes genótipos, à salinidade para este parâmetro morfológico. Os genótipos cujas reduções foram menos acentuadas, por conseguinte, demonstraram-se menos sensíveis à salinidade para esta variável foram BRS Talento e BRS Bojuru, com decréscimos médios de 27,8 e 28,8%, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5- Percentual de redução relativa, após 21 dias, de 10 genótipos de arroz submetidos a diferentes concentrações de NaCl para a variável altura média da parte aérea quando comparada ao tratamento controle (0 mM)

Redução relativa da altura média da parte aérea (%)				
Genótipo	0 *	68	136	204
Cana Roxa	11,7	3,7**	2,8	33,8
BRS Bojuru	10,4	13,1	13,9	28,8
BRS 7 "Taim"	10,1	1,8**	16,6	39,7
BRS Ligeirinho	10,5	7,7**	20,9	58,7
BRS Agrisul	9,5	3,7	6,2	34,5
BRS Firmeza	9,3	9,5	18,2	34,7
BRS Talento	8,5	2,2**	8,7	27,8
BRS Querência	9,0	4,1	9,8	40,8
BRS Atalanta	10,0	8,0	14,1	68,4
BRS Pelota	8,7	0,3**	10,4	37,1

(*) Valor absoluto do tratamento controle (em cm) (**) Aumento relativo tomando como referencial o valor absoluto do tratamento controle.

O comportamento contrastante entre os genótipos BRS Atalanta/ BRS Talento frente o aumento da salinidade pode ser visualizados na Figura 2. Os parâmetros obtidos nas equações de regressão linear simples para cada um destes genótipos indicam que BRS Atalanta apresentou coeficiente de regressão (b) superior, indicando ser um genótipo sensível ao NaCl para esta característica

Observa-se também que, apesar do genótipo Cana Roxa ter apresentado a maior média de desenvolvimento da parte aérea (10,75 cm) e a menor taxa de redução na concentração de 136 mM (2,8%), sua queda no potencial de crescimento com o incremento da salinidade foi acentuado, apresentando uma queda de 31% entre as concentrações de 136 e 204 mM de NaCl, chegando esta redução a 33,8% na de 204 mM (Tabelas 4 e 5). No entanto, os genótipos BRS Talento e BRS Bojuru apresentaram respectivas reduções de 19,1 e 14,9 % entre 136 e 204 mM e de 27,8 e 28,8% na maior concentração de NaCl testada, sendo, portanto, considerados os genótipos mais tolerantes à salinidade para a característica altura média da parte aérea (Tabela 5). Desta forma, os genótipos classificados como mais tolerantes

neste trabalho foram aqueles que se demonstraram menos sensíveis à salinidade, mesmo que suas médias não tenham sido as mais elevadas.

Os demais genótipos apresentaram reduções entre 34,5 e 40,8% na concentração de 204 mM, apresentando, portanto, comportamento semelhante para esta variável.

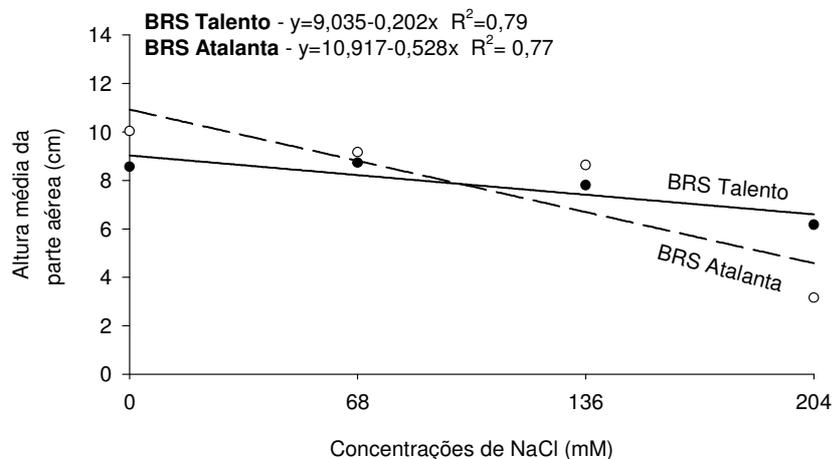


Figura 2- Altura média da parte aérea de dois genótipos de arroz, com comportamento contrastante, avaliada após 21 dias de submissão às diferentes concentrações de NaCl.

Com base nas reduções relativas entre os tratamentos controle e 204 mM de NaCl, para a variável número médio de folhas, os genótipos BRS Agrisul, BRS Bojuru, BRS 7 “Taim”, BRS Pelota e Cana Roxa demonstraram maior sensibilidade ao aumento nas doses de sal, atingindo reduções de 42,7, 38,9, 37,9, 37,4 e 37,0% na concentração de 204 mM, respectivamente, enquanto que BRS Firmeza apresentou a menor taxa de redução, 7,1%, sendo este decréscimo menor do que o observado na concentração de 136 mM (Tabela 6).

Os demais genótipos apresentaram índices de redução entre 20,8 e 35,0% na concentração de 204 mM, havendo, para esta concentração, maior discrepância entre BRS Ligeirinho e BRS Atalanta (Tabela 6).

Tabela 6- Percentual de redução relativa do número médio de folhas, avaliados em 10 genótipos de arroz, após 21 dias, submetidos a diferentes concentrações de NaCl, em relação ao tratamento controle (0 mM)

Genótipo	Redução relativa do número médio de folhas (%)			
	0 *	68	136	204
Cana Roxa	6,75	5,0	20,4	37,0
BRS Bojuru	8,63	20,7	29,4	38,9
BRS 7 "Taim"	7,33	22,2	39,0	37,9
BRS Ligeirinho	5,25	6,1	17,9	20,8
BRS Agrisul	7,14	10,1	21,1	42,7
BRS Firmeza	4,39	1,6	13,0	7,1
BRS Talento	6,74	2,8**	18,8	33,4
BRS Querência	5,74	2,6**	5,9	28,6
BRS Atalanta	5,74	1,9	12,4	35,0
BRS Pelota	7,25	19,0	45,0	37,4

(*) Valor absoluto do tratamento controle (em n^o) (**) Aumento relativo tomando como referencial o valor absoluto do tratamento controle.

As equações de regressão linear contidas na Figura 3 demonstram o efeito marcante da salinidade sobre o número de folhas no genótipo BRS Bojuru quando comparado ao efeito provocado em BRS Firmeza. Tais resultados indicam que o genótipo BRS Bojuru apresenta maior sensibilidade à salinidade para o parâmetro número de folhas, enquanto que BRS Firmeza apresenta tolerância.

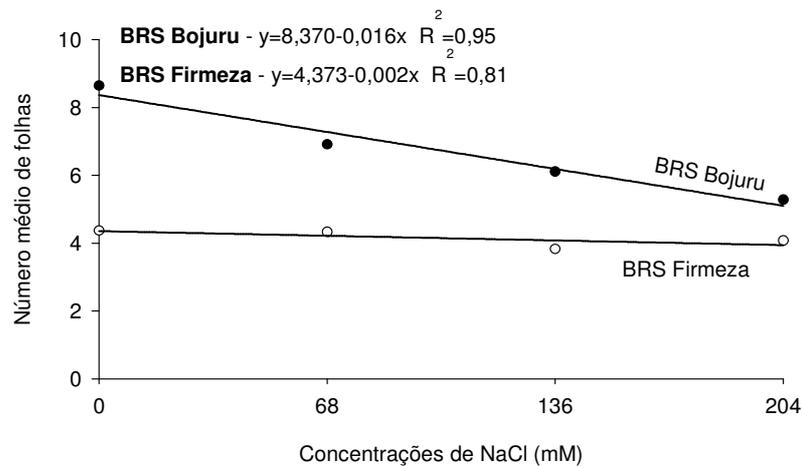


Figura 3- Número médio de folhas de dois genótipos de arroz, com comportamento contrastante, avaliado após 21 dias de submissão às diferentes concentrações de NaCl.

No entanto, o genótipo BRS Firmeza foi o que apresentou o menor número médio de folhas, demonstrando novamente, como o observado para altura média da parte aérea no genótipo Cana Roxa, que médias mais elevadas não indicam maior tolerância ao estresse.

A redução na emissão de folhas de arroz, sob estresse salino, contrastou com efeitos mais severos registrados em outras culturas como cajueiro (BEZERRA et al., 2002), gravioleira (NOBRE et al., 2003) e mangueira (SILVA, 2002). Assim, as diferentes respostas observadas entre alguns dos genótipos de arroz aqui analisados e os dados apresentados na literatura para outras espécies demonstraram que, no que concerne às plantas, a intensidade do estresse vai depender do órgão ou tecido alvo, da espécie, do estágio de desenvolvimento da planta e do genótipo em questão.

Pelos dados referentes à redução relativa para a variável comprimento médio de raiz (Tabela 7), nota-se que nos genótipos Cana Roxa, BRS Pelota, BRS Firmeza e BRS Bojuru foi observado um incremento relativo no comprimento médio de raiz ao invés de redução na concentração de 68 mM, sendo, entretanto, este ganho mais significativo para Cana Roxa e BRS Pelota, os quais tiveram incrementos respectivos de 11,5 e 8,9%.

Analisando-se as reduções observadas entre os tratamento controle e a maior concentração de NaCl (204 mM), notou-se que as maiores reduções foram observadas para BRS Agrisul, 45,9%, BRS Querência, 43,3%, BRS Atalanta, 42,5%, BRS Ligeirinho, 41,0% e BRS Bojuru, 39,3%, denotando sensibilidade destes genótipos à salinidade para esta característica morfológica.

Contudo, o estresse salino sobre o comprimento médio de raiz foi mais marcante na cultivar Cana Roxa, a ponto de haver uma inversão de comportamento, enquanto na concentração de 68 mM observou-se ganho, na concentração de 136 mM houve redução de 13,4% em relação ao tratamento controle. Já na cultivar BRS Pelota observou-se incremento de 6,2% na concentração de 136 mM.

Desta maneira, constatou-se que Cana Roxa foi o genótipo mais sensível ao aumento da salinidade para a variável comprimento médio de raiz, enquanto BRS Pelota demonstrou menor sensibilidade.

Tabela 7- Percentual de redução relativa do comprimento médio de raiz, avaliados em 10 genótipos de arroz, após 21 dias, submetidos a diferentes concentrações de NaCl, em relação ao tratamento controle (0 mM)

Redução relativa do comprimento médio de raiz (%)				
Genótipo	0 *	68	136	204
Cana Roxa	14,1	11,5**	13,4	38,1
BRS Bojuru	11,8	0,1**	21,5	39,3
BRS 7 "Taim"	11,4	0,1	18,0	29,7
BRS Ligeirinho	9,4	2,0	18,3	41,0
BRS Agrisul	10,6	12,3	7,0	45,9
BRS Firmeza	9,9	3,3**	8,5	23,1
BRS Talento	10,1	3,8	15,1	26,7
BRS Querência	10,8	3,0	4,9	43,3
BRS Atalanta	9,2	7,0	1,6**	42,5
BRS Pelota	10,0	8,9**	6,2**	26,8

(*) Valor absoluto do tratamento controle (em cm) (**) Aumento relativo tomando como referencial o valor absoluto do tratamento controle.

Para demonstrar o efeito contrastante da salinidade entre os genótipos BRS Pelota e Cana Roxa foi ajustada regressão quadrática, onde se pode observar que

para a menor concentração de NaCl ocorreu aumento no comprimento médio de raiz de ambos os genótipos. No entanto, nas concentrações mais elevadas ocorreu acentuada redução no genótipo Cana Roxa, enquanto BRS Pelota manteve seu desenvolvimento na concentração de 136 mM. (Figura 4).

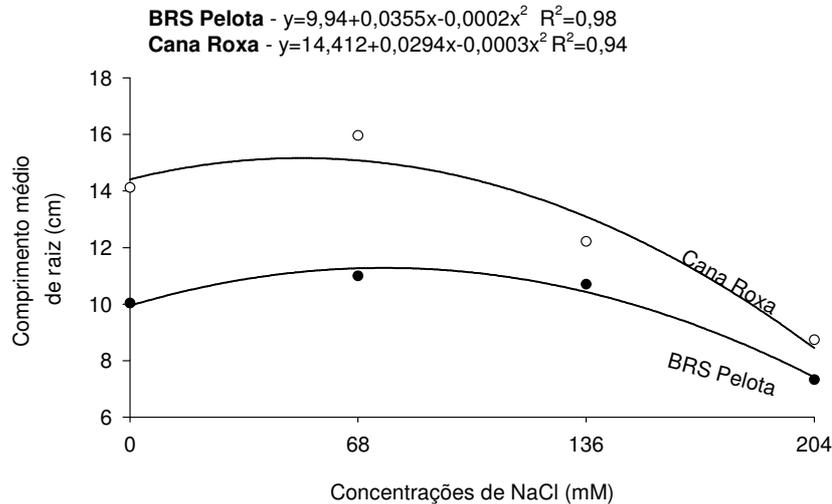


Figura 4- Comprimento médio de raiz de dois genótipos de arroz, com comportamento contrastante, avaliado após 21 dias de submissão às diferentes concentrações de NaCl.

Os resultados da análise da variância (Tabela 2A) mostraram, pelo teste F, efeito significativo de concentração, genótipo e interação (concentração x genótipo) para as variáveis: área foliar média, massa fresca média da parte aérea e massa fresca e seca média de raiz.

As regressões estabelecidas para cada genótipo em relação a variável área foliar média podem ser visualizadas na Figura 5, onde se pode constatar que os genótipos Cana Roxa, BRS Atalanta e BRS Ligeirinho foram os que apresentaram os maiores coeficientes de regressão, 0,0930, 0,0757 e 0,0753 cm² de decréscimo de área foliar por aumento unitário de NaCl, respectivamente, quando submetidos a quatro concentrações de NaCl, caracterizando-se como os genótipos mais sensíveis à salinidade para esta característica morfológica. Por outro lado, os genótipos BRS Talento, BRS Bojuru e BRS Querência apresentaram os menores coeficientes de regressão para a variável, com respectivas reduções de 0,0481, 0,056 e 0,0586 cm² de decréscimo de área foliar por aumento unitário de NaCl, o que os torna, nestas condições, os genótipos mais tolerantes à salinidade para esta variável (Figura 5).

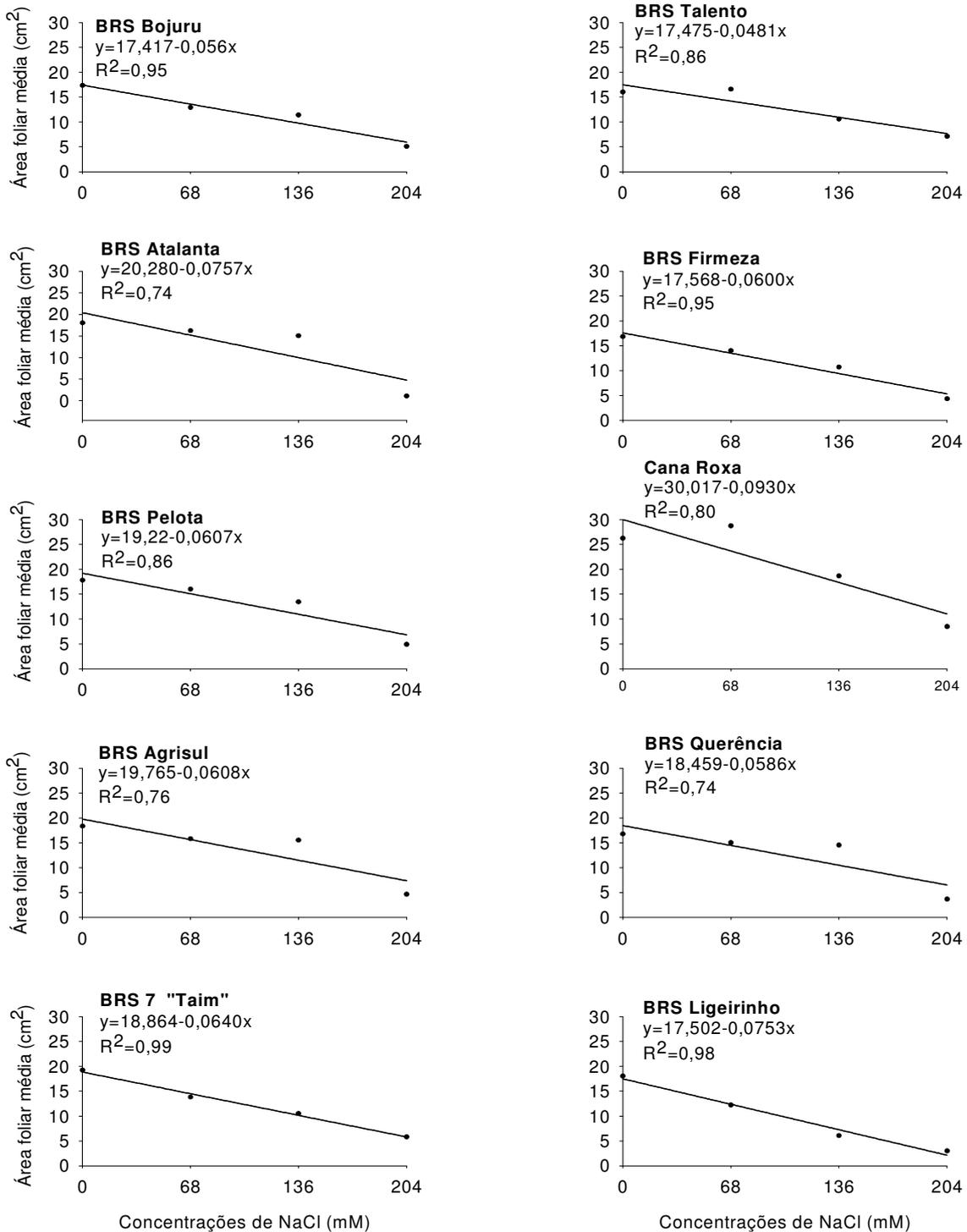


Figura 5- Área foliar média de 10 genótipos de arroz, após 21 dias, submetidos a diferentes concentrações de NaCl.

Segundo Tester; Davenport (2003); Mittova et al. (2002) e Sultana et al. (2002) este decréscimo da área foliar provavelmente decorre da diminuição do volume de células, e possivelmente, as reduções de área foliar e de fotossíntese contribuem, de certo modo, para adaptação da cultura à salinidade ao diminuir a superfície transpirante.

A área foliar tem sua importância por ser um parâmetro indicativo da produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, sendo este um processo que ocorre diretamente na folha, atuando na formação de carboidratos, que são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos (BASTOS et al., 2002).

Os valores de redução relativa de cada genótipo em cada concentração de NaCl, para a variável área foliar média, podem ser visualizados na Tabela 6, onde observaram-se reduções de 67,7, 94,0 e 83,4% para Cana Roxa, BRS Atalanta e BRS Ligeirinho, respectivamente, na concentração de 204 mM, explicando os altos coeficientes de regressão encontrados para estes genótipos. O genótipo BRS Talento foi o que apresentou a menor redução relativa na concentração de 204 mM, chegando esta redução a 55,6% (Tabela 8).

Convém ressaltar que assim como observado para as variáveis altura média da parte aérea e comprimento médio de raiz, o genótipo BRS Atalanta apresentou altas taxas de redução para área foliar na concentração de 204 mM, demonstrando ser, de forma geral, um genótipo sensível à salinidade.

Tabela 8- Percentual de redução relativa dos valores médios, da área foliar e da massa fresca da parte aérea, avaliados em 10 genótipos de arroz, após 21 dias, submetidos a diferentes concentrações de NaCl, em relação ao tratamento controle (0 mM)

Genótipo	Área foliar (%)				Massa fresca da parte aérea (%)			
	0 *	68	136	204	0 *	68	136	204
Cana Roxa	26,2	8,7**	28,8	67,7	0,826	6,8**	20,6	64,5
BRS Agrisul	18,3	13,9	15,3	74,8	0,646	29,9	28,3	75,2
BRS Pelota	17,8	10,2	24,5	72,6	0,660	29,8	40,0	69,2
BRS Atalanta	18,0	10,0	16,5	94,0	0,563	10,1	14,2	88,4
BRS Talento	16,0	3,2**	33,9	55,6	0,516	1,9	29,1	51,5
BRS Querência	16,8	10,5	13,4	78,3	0,556	17,3	28,8	75,5
BRS 7 “Taim”	19,2	28,2	45,4	69,8	0,673	24,8	42,6	69,8
BRS Bojuru	17,3	25,5	34,3	70,7	0,580	21,9	28,3	55,2
BRS Firmeza	16,8	16,7	36,4	74,4	0,570	17,5	32,3	66,1
BRS Ligeirinho	18,0	32,3	66,3	83,4	0,543	27,6	58,4	79,7

(*) Valor absoluto do tratamento controle (em cm² para área foliar e g para massa fresca da parte aérea) (**) Aumento relativo tomando como referencial o tratamento controle.

À medida que houve incremento nos níveis salinos, ocorreram reduções bastante acentuadas na produção de fitomassa da planta, denotando a sensibilidade da cultura ao NaCl. No entanto, a salinidade inibiu menos o crescimento radicular do que o da parte aérea em concentrações de até 136 mM, o que pode ser explicado pela necessidade que a planta tem de garantir uma maior superfície radicular para absorção de água, devido à diminuição do potencial osmótico da solução do solo. Porém, com o aumento do nível de salinidade para 204 mM, as reduções tornaram-se mais acentuadas tanto para fitomassa média da parte aérea quanto do sistema radicular, observando reduções de 69,4, 69,9 e 69,5% para massa fresca média da parte aérea, massa fresca média do sistema radicular e massa seca média do sistema radicular, respectivamente (Tabela 3).

Alguns autores trabalhando com espécies diferentes, também observaram maior sensibilidade da parte aérea em condições de estresse salino, como por exemplo, o algodoeiro (MELONI et al., 2001) e *Salvadora oleoides* (RAMOLIYA;

PANDEY. 2002). Outros autores indicam ser mais sensível o sistema radicular: abacaxizeiro (MARINHO et al., 1998) e alho (AMORIM et al., 2002), possivelmente devido à constituição genética. Campos (1986) verificou maior redução da parte aérea com aumento da salinidade em plantas de arroz da cultivar IAC 25, enquanto que Rodrigues et al. (2005) observaram que a fitomassa do sistema radicular foi mais afetada que a da parte aérea, com reduções de 94,48% na fitomassa do sistema radicular e de 79,07% na fitomassa da parte aérea em plantas de arroz da cultivar Formoso.

Avaliando-se as médias de redução relativa para massa fresca média da parte aérea apresentadas na Tabela 8 é possível constatar que o genótipo Cana Roxa apresentou aumento de produção de massa fresca média da parte aérea na concentração de 68 mM de 6,8% em relação ao tratamento controle, vindo, posteriormente, a apresentar queda de produção de 20,6 e 64,5% nas concentrações de 136 e 204 mM, sendo a diferença de redução entre estas duas doses de 43,9%. Esta mudança de comportamento e esta acentuada redução observada entre as concentrações conduz a um coeficiente de regressão elevado.

Os genótipos BRS Atalanta, BRS Ligeirinho, BRS Agrisul, BRS 7 “Taim” e BRS Pelota apresentaram algumas das maiores taxas de redução em todas as concentrações testadas, chegando a índices de redução de 88,4, 79,7, 75,2, 69,8 e 69,2%, respectivamente para cada um desses genótipos, na concentração de 204 mM. No entanto, como as diferenças de redução encontradas entre as concentrações foram mais baixas, o coeficiente de regressão torna-se, também, mais baixo nestes genótipos. Por outro lado, o genótipo BRS Talento foi o que apresentou a menor média de redução, 51,5%, na dose de 204 mM.

Comparando-se os parâmetros obtidos nas equações de regressão linear para a variável massa fresca média da parte aérea, notou-se um resultado semelhante ao encontrado para área foliar, uma vez que os genótipos BRS Talento e BRS Bojuru apresentaram novamente os menores coeficientes de regressão, com decréscimos de 0,00139 e 0,00150 g de massa fresca da parte aérea com o aumento nas concentrações de NaCl, o que os classifica como mais tolerantes, também, para esta variável, enquanto o genótipo Cana Roxa apresenta o maior coeficiente de regressão, com decréscimo de 0,00269 g, como observado para área foliar, assim, caracteriza-se como o genótipo mais sensível à salinidade para a característica massa fresca média da parte aérea. Os demais genótipos

apresentaram decréscimos que variaram entre 0,00193 e 0,00225 g de massa fresca da parte aérea, demonstrando, portanto, comportamento semelhante frente o aumento da salinidade para esta característica (Figura 6).

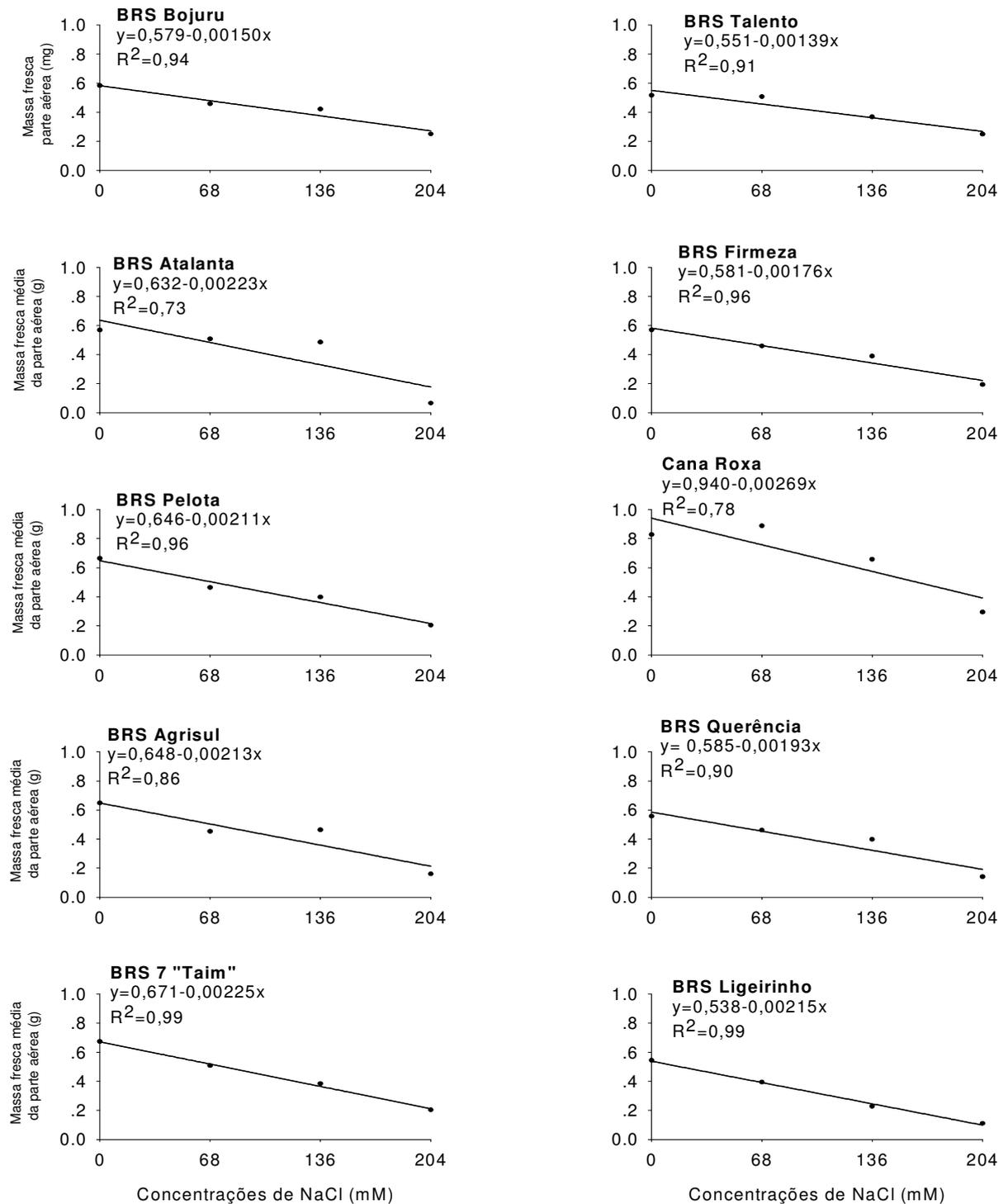


Figura 6- Massa fresca média da parte aérea de 10 genótipos de arroz, após 21 dias, submetidos a diferentes concentrações de NaCl.

No que concerne as médias de redução relativa, para a variável massa fresca média de raiz, demonstradas na Tabela 9, visualizou-se que os genótipos BRS Atalanta, BRS Agrisul, BRS Querência e BRS Ligeirinho, apresentaram as maiores reduções, 85,6, 80,4, 77,2 e 76,6%, na concentração de 204 mM, enquanto o genótipo BRS Talento apresentou a menor média de redução, 56,3%, nesta mesma concentração.

Tabela 9- Percentual de redução relativa dos valores médios, da massa fresca da raiz e massa seca da raiz, avaliados em 10 genótipos de arroz, após 21 dias, submetidos a diferentes concentrações de NaCl, em relação ao tratamento controle (0 mM)

Genótipo	Massa fresca da raiz (%)				Massa seca da raiz (%)			
	0 *	68	136	204	0 *	68	136	204
Cana Roxa	1,063	14,5**	2,5**	60,2	0,153	30,7**	9,4	62,2
BRS Talento	0,860	14,6**	15,4	56,3	0,063	26,7**	20,6	58,7
BRS Agrisul	0,830	26,1	14,1	80,4	0,090	33,3	18,9	77,8
BRS Pelota	0,810	23,4	30,5	61,7	0,086	26,7	41,9	65,1
BRS Bojuru	0,800	31,2	15,9	66,2	0,080	21,2	17,5	62,5
BRS Querência	0,760	18,9	10,1	77,2	0,076	7,9	7,6	73,7
BRS Atalanta	0,763	10,5	12,2	85,6	0,086	18,6	11,6	81,4
BRS 7 "Taim"	0,803	26,5	30,3	66,4	0,083	24,1	32,5	68,7
BRS Firmeza	0,766	28,7	23,0	70,9	0,076	21,0	34,2	65,8
BRS Ligeirinho	0,753	32,3	64,7	76,6	0,073	31,5	64,4	82,2

(*) Valor absoluto do tratamento controle (em g) (**) Aumento relativo tomando como referencial o tratamento controle.

Os resultados da análise de regressão linear e os respectivos coeficientes de regressão para cada genótipo são encontrados na Figura 7, através dos quais é possível observar que o genótipo BRS Pelota apresentou o menor coeficiente de regressão, com decréscimo de 0,00142 g de massa fresca de raiz por valor unitário de NaCl, apresentando-se mais tolerante à salinidade para o parâmetro massa fresca média de raiz, assim como observado para comprimento médio de raiz.

Os genótipos BRS Talento e BRS Bojuru apresentaram coeficientes de regressão equivalentes a 0,00203 e 0,00215 g de massa fresca de raiz por aumento

unitário de NaCl, seguidos de BRS Firmeza, BRS 7 “Taim” e BRS Querência, para os quais foram encontrados coeficientes de regressão de 0,00231, 0,00236 e 0,00249 g.

Os genótipos Cana Roxa, BRS Ligeirinho, BRS Atalanta e BRS Agrisul apresentaram coeficientes de regressão com decréscimos de 0,00305, 0,00290, 0,00290 e 0,00279 g respectivamente, ou seja, os coeficientes mais altos para a variável massa fresca média da parte aérea, caracterizando-se, portanto, como os genótipos mais sensíveis à salinidade nestas condições.

Analogamente ao observado para massa fresca média da parte aérea, o genótipo Cana Roxa apresentou para massa fresca média de raiz o maior coeficiente de regressão, porém demonstrou tolerância à salinidade nas concentrações de 68 e 136 mM com um acréscimo de 14,5 e 2,5%, respectivamente, em relação ao tratamento sem adição de NaCl. No entanto, a brusca inversão de comportamento observada na concentração de 204 mM resulta em um coeficiente de regressão elevado.

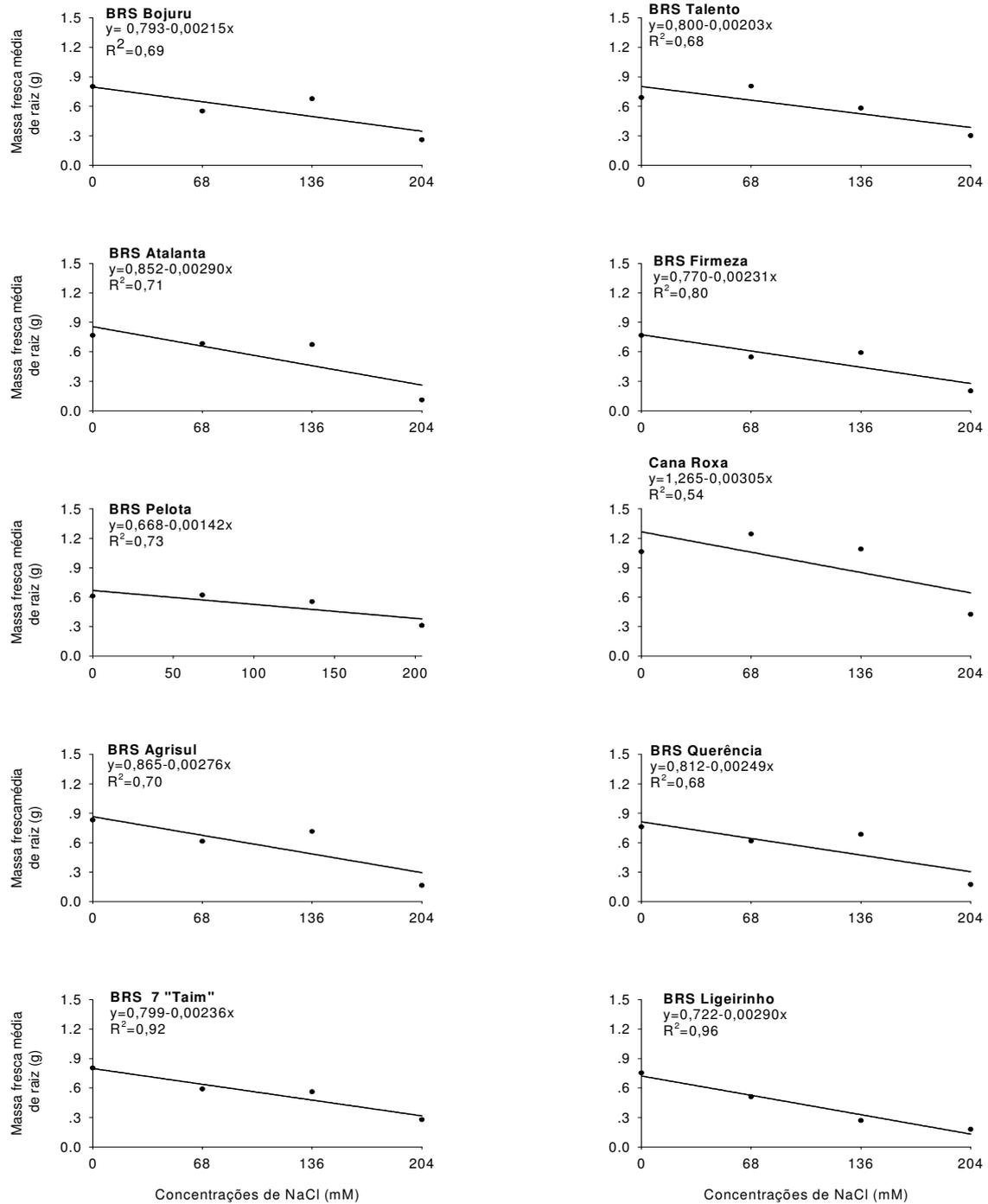


Figura 7- Massa fresca média de raiz de 10 genótipos de arroz, após 21 dias, submetidos a diferentes concentrações de NaCl.

Em relação às médias de redução relativa para a variável massa seca média de raiz, o genótipo Cana Roxa apresentou tolerância à salinidade até a concentração de 136 mM, apresentando aumento de 30,7 % na concentração de 68 mM e uma pequena redução de 9,4 % na concentração de 136 mM quando comparado com o tratamento de 0 mM. No entanto, a diferença de redução apresentada entre 136 e 204 mM é de 52,8% (Tabela 9), o que lhe atribui um alto coeficiente de regressão.

O genótipo BRS Talento além de apresentar acréscimo de 26,7% na produção de massa seca média de raiz na concentração de 68 mM, obteve a menor média de redução, 58,7%, na concentração de 204 mM quando comparado ao tratamento sem adição de sal, o que caracteriza este genótipo como mais tolerante à salinidade para este parâmetro morfológico.

BRS Ligeirinho, BRS Atalanta e BRS Agrisul apresentaram as maiores reduções na concentração extrema de sal, 82,2, 81,4 e 77,8% respectivamente.

Da mesma forma que observado para a variável massa fresca média de raiz os genótipos Cana Roxa, BRS Ligeirinho, BRS Agrisul e BRS Atalanta apresentaram os maiores coeficientes de regressão, com decréscimos absolutos de 0,000385, 0,000302, 0,000301 e 0,000300 g de massa seca de raiz por aumento unitário de NaCl, respectivamente, enquanto que BRS Bojuru e BRS Talento apresentaram os menores coeficientes de regressão, 0,000223 e 0,000228 g, respectivamente (Figura 8).

Por este motivo e em função de suas altas percentagens de redução, os genótipos Cana Roxa, BRS Agrisul, BRS Atalanta e BRS Ligeirinho foram caracterizados como os mais sensíveis à salinidade para a variável massa seca média de raiz, assim como observado para a variável massa fresca média de raiz. Por outro lado, BRS Talento e BRS Bojuru foram considerados mais tolerantes por terem apresentado os mais baixos coeficientes de regressão.

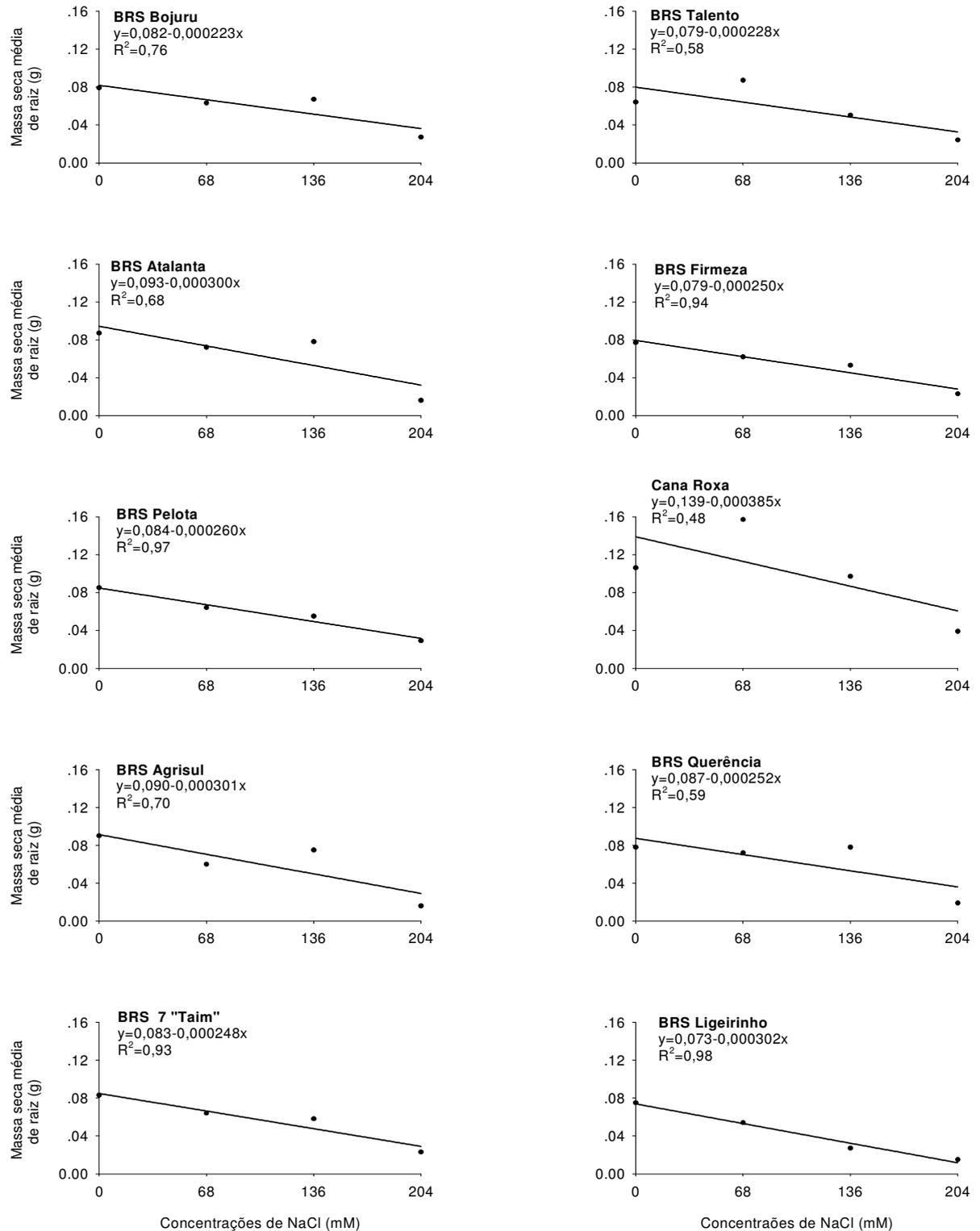


Figura 8- Massa seca média de raiz de 10 genótipos de arroz, após 21 dias, submetidos a diferentes concentrações de NaCl.

De acordo com Izzo et al. (1993), a maior tolerância das raízes contribui para a tolerância das plantas ao estresse salino. Desta forma, as maiores reduções de massa fresca e seca média do sistema radicular, com o aumento da salinidade, nos genótipos BRS Agrisul, BRS Atalanta e BRS Ligeirinho, em relação aos demais genótipos, pode ter contribuído para sua sensibilidade ao estresse salino.

Porém, vale ressaltar que o genótipo BRS Atalanta apresentou, para todas as variáveis analisadas reduções médias inferiores a 20% nas concentrações de 68 e 136 mM quando comparadas ao controle. Estas reduções tornaram-se muito acentuadas na concentração de 204 mM, o que levou a que seus coeficientes de regressão fossem elevados.

Para avaliar características que dizem respeito à tolerância a estresses relacionados ao solo e clima ou, ainda, a agentes biológicos como pragas e doenças, os programas de melhoramento simulam efeitos sobre as plantas em seleção. Um fator determinante na seleção de genótipos quanto a sua resposta a determinados estresses é a escolha dos níveis dos tratamentos. No presente estudo pôde-se observar que a concentração de 204 mM de NaCl reduziu de forma muito mais acentuada o crescimento de todas as características avaliadas em todos os genótipos em estudo.

ANÁLISE DE DISSIMILARIDADE

A técnica multivariada de quantificação da distância de Mahalanobis permite quantificar a importância relativa de caracteres para a diversidade genética, por meio da avaliação da contribuição destes para os valores de D^2 . Ao verificar a contribuição relativa de cada variável no tocante a dissimilaridade genética foi identificada variabilidade entre os caracteres analisados. O parâmetro morfológico que apresentou a maior variação, por conseguinte, aquele que apresentou maior contribuição para a divergência entre os genótipos foi massa seca de raiz, seguido de área foliar, com respectivas contribuições de 30,26 e 22,51% (Tabela 10), sugerindo a importância destas variáveis para estudos de dissimilaridade buscando tolerância de genótipos de arroz ao estresse salino.

Pelo método de Singh (1981), considera-se de menor importância as características que apresentam menor variabilidade. Assim, neste trabalho, as características consideradas de menor importância foram: altura média da parte aérea, massa fresca média da parte aérea e comprimento médio de raiz, com

contribuições relativas para a divergência genética entre os genótipos de 6,76, 7,59 e 8,67%, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10 – Percentual de contribuição relativa dos caracteres morfológicos quanto à divergência genética (S.j), de 10 genótipos de arroz, submetidos a diferentes concentrações de NaCl

Caracteres Morfológicos	S.j	Contribuição Relativa (%)
Altura da parte aérea	28,056551	6,7613
Número de folhas	55,804597	13,4482
Comprimento de raiz	35,991822	8,6735
Área foliar	93,439405	22,5176
Massa fresca da parte aérea	31,498803	7,5908
Massa fresca de raiz	44,576294	10,7423
Massa seca de raiz	125,59339	30,2663

Zimmer et al. (2003), ao analisarem a dissimilaridade entre genótipos de arroz de sequeiro em resposta ao encharcamento observaram que as variáveis comprimento da parte aérea e massa seca de raiz contribuíram com 49,76 e 23,06%, respectivamente, para a divergência genética de 59 genótipos de arroz.

Através da análise de dissimilaridade, com base na distância de Mahalanobis (D^2), foram identificados como mais similares os genótipos BRS Bojuru e BRS 7 “Taim” ($D^2=2,12$), sendo o primeiro pertencente ao grupo japônica e o segundo ao grupo índica (Tabela 11).

Tabela 11 – Matriz de dissimilaridade com base na distância de Mahalanobis (D^2) entre 10 genótipos de arroz, submetidos a diferentes concentrações de NaCl

Genótipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0									
2	4,419	0								
3	4,126	5,09	0							
4	4,637	8,354	3,43	0						
5	10,02	9,442	11,43	10,95	0					
6	8,491	3,003	13,02	17,79	17,53	0				
7	5,505	8,449	11,80	9,299	5,278	12,52	0			
8	6,923	4,047	5,938	4,163	9,487	9,883	7,018	0		
9	2,115	6,974	8,067	5,793	6,626	11,81	2,456	6,265	0	
10	10,68	21,42	14,75	5,018	18,26	30,71	11,84	11,98	8,16	0

BRS Bojuru (1); BRS Talento (2); BRS Atalanta (3); BRS Firmeza (4); BRS Pelota (5); Cana Roxa (6); BRS Agrisul (7); BRS Querência (8); BRS 7 “Taim” (9); BRS Ligeirinho (10).

Estes genótipos apresentaram médias de redução relativa semelhantes para os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética, o que explicaria esta maior similaridade. Para área foliar o genótipo BRS Bojuru apresentou reduções médias de 25,5, 34,3 e 70,7%, enquanto BRS 7 “Taim” apresentou reduções de 28,2, 45,4 e 69,8% nas concentrações de 68, 136 e 204 mM de NaCl, respectivamente (Tabela 6). Para o parâmetro massa seca de raiz, observaram-se reduções de 31,2, 30,3 e 66,4% para BRS Bojuru e 26,5, 30,3 e 66,4% para BRS 7 “Taim”, nas respectivas concentrações de 68, 136 e 204 Mm de NaCl (Tabela 7).

Os genótipos mais dissimilares foram Cana Roxa e BRS Ligeirinho ($D^2=30,71$), sendo o primeiro pertencente ao grupo japônica e o segundo ao grupo índica (Tabela 11). Ao se comparar as médias de redução relativa obtidas em cada um destes genótipos para os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética, foi possível observar aumento de 8,7, e reduções de 28,8 e 67,7% no genótipo Cana Roxa nas concentrações de 68, 136 e 204 mM de NaCl, respectivamente, para a característica área foliar, contra reduções de 32,3, 66,3 e 83,4% nestas mesmas condições para o genótipo BRS Ligeirinho. Para a

característica morfológica massa seca de raiz se observou aumento de 30,7 e reduções de 9,4 e 62,2% para Cana Roxa e reduções de 31,5, 64,4 e 82,2% para BRS Ligeirinho nas concentrações de 68, 136 e 204 mM de NaCl, respectivamente. O fato destes dois genótipos pertencerem a grupos diferentes e as contraditórias respostas apresentadas frente ao estresse explicariam a alta dissimilaridade entre eles.

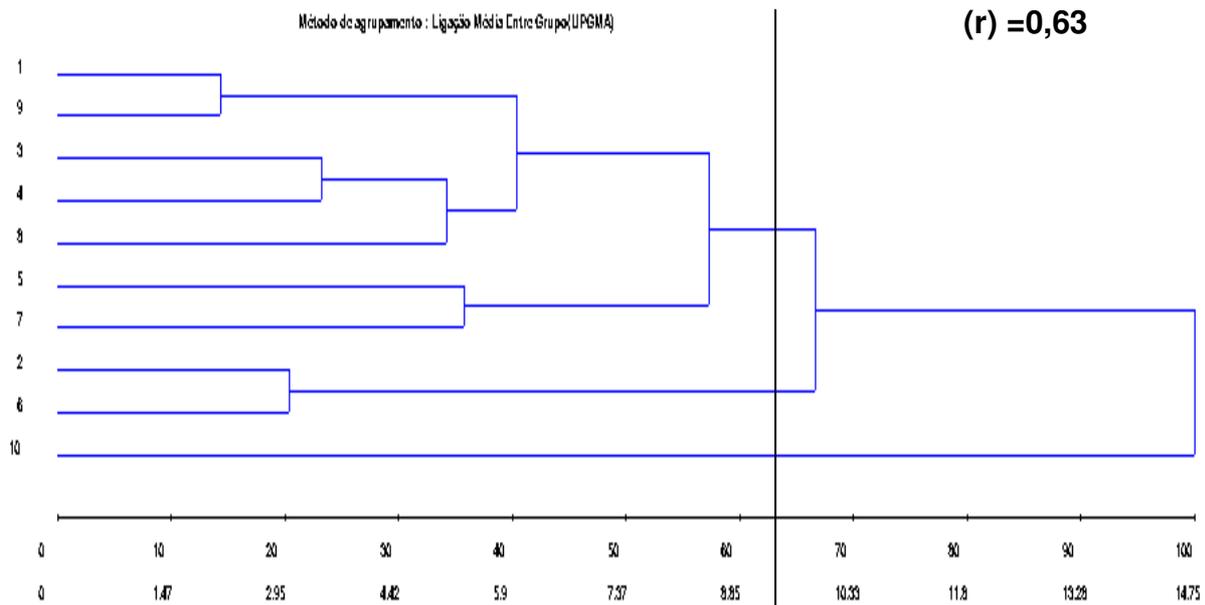
Segundo Cruz et al. (2006) há inúmeros métodos de agrupamento, entre eles destacam-se os métodos hierárquicos, nos quais os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, até que seja estabelecido o dendrograma ou o diagrama de árvore. Um destes é o método UPGMA, no qual o agrupamento é feito aos pares, utilizando médias aritméticas das medidas de dissimilaridade, que evita caracterizar a dissimilaridade por valores extremos entre os genótipos.

No presente estudo, a análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA permitiu a formação de um dendrograma em que os genótipos foram reunidos em três grupos distintos, sendo a dissimilaridade média entre eles de 9,22 (Figura 9).

O genótipo BRS Ligeirinho (10) foi o mais distante, ficando em um grupo separado – grupo 3. Este genótipo foi o que apresentou as maiores médias de redução relativa para as variáveis área foliar e massa seca de raiz, características que mais contribuíram para a divergência genética.

Os genótipos 6 e 2, representados respectivamente por Cana Roxa e BRS Talento, foram inseridos no mesmo grupo – grupo 2 (Figura 10). Tais genótipos apresentaram comportamento bastante semelhante na concentração de 68 mM de NaCl, apresentando incremento na maioria das variáveis, ao invés de redução, o que poderia explicar este agrupamento.

Nos caracteres que mais contribuíram para a divergência genética, Cana Roxa apresentou um incremento de 8,7% e BRS Talento de 3,2% na área foliar média na concentração de 68 mM e respectivas reduções de 60,2 e 56,3% na concentração de 204 mM. Para massa seca média de raiz foram observados aumentos de 30,7 e 26,7%, na concentração de 68 mM e reduções de 62,2 e 58,7% na concentração de 204 mM, para Cana Roxa e BRS Talento, respectivamente. A distância entre estes dois genótipos, $D^2=3,00$, pode ser visualizada na Tabela 9.



caracteres morfológicos de plantas sob diferentes concentrações de NaCl BRS Bojuru (1); BRS Talento (2); BRS Atalanta (3); BRS Firmeza (4); BRS Pelota (5); Cana Roxa (6); BRS Agrisul (7); BRS Querência (8); BRS 7 “Taim” (9); BRS Ligeirinho (10).

O grupo 1 abrangeu sete genótipos, BRS Bojuru, BRS 7 “Taim”, BRS Atalanta, BRS Firmeza e BRS Querência, BRS Pelota e BRS Agrisul, sendo BRS Bojuru o único pertencente ao grupo japônica (Figura 9).

Dentro deste grupo, BRS Bojuru (1) e BRS 7 “Taim” (9) apresentaram a menor dissimilaridade, $D^2=2,12$, seguidos de BRS Atalanta (3) e BRS Firmeza (4), cuja dissimilaridade foi de $D^2=3,43$ e de BRS Pelota (5) e BRS Agrisul (7) com dissimilaridade média de 5,27, o que indica que estes pares de genótipos se comportaram de forma semelhante.

A correlação cofenética (r) foi de 0,63, considerada baixa, visto que para este tipo de análise considera-se como boa uma correlação cofenética acima de 0,80.

Com base neste resultado optou-se pelo método de agrupamento de otimização de Tocher, o qual a partir da matriz de dissimilaridade identifica o par de indivíduos mais similares, que formarão o primeiro grupo. A partir daí será avaliada a possibilidade de inclusão de novos indivíduos, adotando-se como critério de que a

distância média intragrupo deve ser menor que a distância média intergrupo (CRUZ et al., 2006).

A matriz de dissimilaridade permitiu o agrupamento dos genótipos de arroz, através de método de otimização de Tocher, em 5 grupos (Tabela 13).

Tabela 13- Agrupamento dos 10 genótipos de arroz, pelo método de Tocher, com base em caracteres morfológicos de plantas sob as concentrações de 0, 68, 136 e 204 mM de NaCl

Grupos	Genótipos
1	1, 9, 7
2	2, 6
3	3, 4, 8
4	10
5	5

BRS Bojuru (1); BRS Talento (2); BRS Atalanta (3); BRS Firmeza (4); BRS Pelota (5); Cana Roxa (6); BRS Agrisul (7); BRS Querência (8); BRS 7 “Taim” (9); BRS Ligeirinho (10).

O primeiro grupo abrangeu os genótipos BRS Bojuru (1), BRS 7 “Taim” (9), os quais apresentaram a menor dissimilaridade, e BRS Agrisul (7). No agrupamento pelo método UPGMA, BRS Bojuru e BRS 7 “Taim” ficaram no mesmo grupo, porém, BRS Agrisul agrupou-se com os demais.

O segundo grupo está totalmente de acordo com o resultado do método UPGMA, colocando em um mesmo grupo os genótipos BRS Talento (2) e Cana Roxa (6). O mesmo pode ser observado no terceiro grupo, onde se agruparam os genótipos BRS Atalanta (3), BRS Firmeza (4) e BRS Querência (8), os quais pertenceram ao mesmo grupo também pelo método UPGMA. BRS Pelota ficou em um grupo isolado, grupo 5.

Por fim, também concordando com o observado no dendrograma, o genótipo BRS Ligeirinho ficou em um grupo isolado, grupo 4, pelo método de agrupamento de Tocher. Desta forma, pode-se inferir que o método de agrupamento de Tocher conseguiu detectar melhor a dissimilaridade entre os genótipos.

A distância intragrupo variou de 3,00 (grupo 2) a 4,51 (grupo 3), enquanto que a distância intergrupos variou de 7,10 (grupos 1 e 3) a 26,06 (grupos 2 e 4), conforme dados da tabela 14.

Tabela 14- Distâncias intra e intergrupos obtidos pelo método de Tocher para o agrupamento de 10 genótipos de arroz, submetidos a diferentes concentrações de NaCl

Grupos	Soma	Médias
1	10,0757	3,3586
1 x 2	52,6617	8,7769
1 x 3	63,9251	7,1028
1 x 4	30,6839	10,228
1 x 5	21,9195	7,3065
2	3,0033	3,0033
2 x 3	58,1832	9,6972
2 x 4	52,1337	26,0668
2 x 5	26,9673	13,4836
3	13,5305	4,5102
3 x 4	31,7486	10,5829
3 x 5	31,8677	10,6226
4	.	.
4 x 5	18,2608	18,2608
5	.	.

A caracterização e avaliação de genótipos com alta divergência genética tem sido objeto de muitos estudos de melhoramento. Para Barbosa Neto et al. (1998) a variabilidade genética é fundamental para a obtenção de êxitos na seleção e no ajuste genético de genótipos às condições de ambiente. Sem variabilidade genética e a sua interação com o ambiente é impossível à obtenção de genótipos superiores através do melhoramento genético.

4 CONCLUSÕES

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

1. Concentrações acima de 136 mM de NaCl são prejudiciais na fase inicial de emergência de plântulas de arroz;
2. A partir da concentração 136 mM de NaCl é possível observar os danos causados pelo estresse salino no crescimento dos genótipos;
3. Os caracteres morfológicos área foliar e massa seca da raiz são os que mais contribuem para diferenciar os 10 genótipos avaliados;
4. Baseado nas reduções nos valores de todos os caracteres morfológicos, pelos métodos de agrupamento UPGMA e Tocher, os genótipos BRS Talento e Cana Roxa são os mais tolerantes e BRS Ligeirinho é o mais sensível à salinidade.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM GENÓTIPOS DE ARROZ CULTIVADOS *IN VITRO*

1 INTRODUÇÃO

Na região sul do Rio Grande do Sul, as lagoas dos Patos e Mirim são as principais fontes abastecedoras de água para as plantações. Durante os períodos de estiagem do verão, a diminuição do volume de água da lagoa dos Patos e de seus contribuintes, juntamente com os movimentos das marés e os regimes de ventos, favorece a entrada de águas oceânicas salinizando grande parte da lagoa (GONÇALVES, 1980).

Uma das alternativas para contornar esse problema é a seleção de genótipos mais tolerantes à salinidade nos estádios de germinação e estabelecimento da plântula. Na literatura, já existem estudos a respeito do efeito da salinidade nos diferentes estádios de desenvolvimento de plantas de arroz (CAMPOS; ASSUNÇÃO, 1990; SALIM, 1990; AHMED; GUPTA, 1991; YAN; TAN, 1991, YEO et al., 1991; LUTTS, 1996), havendo, no entanto, a necessidade de outras pesquisas que visem à identificação de genótipos tolerantes à salinidade.

Diante disso, torna-se cada vez mais importante a utilização de tecnologias já existentes e o desenvolvimento de novas alternativas para aumentar a tolerância

das plantas ao estresse. Uma proposta para acelerar o processo de seleção de genótipos tolerantes seria a utilização das técnicas de cultura *in vitro* (ANDRADE, 2002).

A propagação de plantas *in vitro* tem atraído a atenção dos pesquisadores desde o início do século. Haberlandt, em 1902, foi o primeiro a cultivar células de tecidos somáticos de várias espécies de plantas em solução nutritiva, tendo sido seus trabalhos baseados na totipotência das células, teoria proposta por Scheiden, em 1838, e Schwann, em 1839 (TORRES et al., 1998).

As técnicas de cultura de tecidos vegetais são ferramentas com alto potencial para aplicação no melhoramento vegetal. Em geral, essas técnicas são utilizadas em uma ou outra etapa do melhoramento, não, necessariamente, no desenvolvimento direto de novas cultivares, mas podem oferecer novas alternativas aos programas de melhoramento em suas diferentes fases e, muitas vezes, oferecem soluções únicas (FERREIRA, 1998). São inúmeros os exemplos em que a cultura de tecidos pode ser utilizada, desde a multiplicação de material genético, para a troca e avaliação de germoplasma, até a produção de mudas livres de vírus. Sua aplicação também se estende ao aumento da variabilidade genética mediante a produção de variantes somaclonais e como fase essencial para a obtenção de plantas transgênicas (ANDRADE, 2002).

Alguns programas de melhoramento genético de plantas concentram suas atividades na variabilidade genética gerada espontaneamente *in vivo* ou *in vitro* (variação somaclonal), para selecionar materiais de interesse agrônomo. Nesse caso, a cultura de tecidos seria essencial ao desenvolvimento do programa, já que o processo de seleção é dependente da variação genética induzida pelas condições da cultura. Inúmeros trabalhos têm demonstrado a ocorrência da variação somaclonal por meio da cultura *in vitro* (EVANS; SHARP, 1986).

A exploração intensiva de variação somaclonal em melhoramento genético de gramíneas, especialmente, tem sido sugerida por alguns pesquisadores (VEASEY et al., 1991). Recentes resultados de programas de melhoramento com base em variação somaclonal sugerem a geração de regenerantes em larga escala, *in vitro*, em condições que favoreçam a regeneração e, posteriormente, a submissão de regenerantes a pressão de seleção no campo (DUNCAN et al., 1995). Dessa forma, a variação somaclonal é utilizada para obter variabilidade genética em larga

escala, a qual será, posteriormente, avaliada em condições de campo ou mediante métodos de biologia molecular.

Assim, a contribuição das técnicas de cultura de tecidos e células nos programas de melhoramento pode se dar em maior ou menor escala, de acordo com os objetivos do melhoramento e com as características biológicas da espécie-alvo. Cabe ao pesquisador definir a melhor estratégia a ser empregada na solução dos problemas que lhe são propostos, sempre procurando a alternativa mais simples, objetiva e economicamente viável.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de 10 genótipos de arroz, cultivados *in vitro* com diferentes concentrações de NaCl, identificar por meio de caracteres morfológicos a variabilidade genética e agrupar os genótipos mais tolerantes e os mais sensíveis para o caráter tolerância à salinidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas, pertencente ao Departamento de Botânica, Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), localizado no município de Pelotas-RS.

MATERIAL VEGETAL

Foram utilizadas sementes de arroz dos genótipos BRS Bojuru, BRS Talento e Cana Roxa, pertencentes ao grupo japônica e BRS Atalanta, BRS Firmeza, BRS Pelota, BRS Agrisul, BRS Querência, BRS 7 “Taim” e BRS Ligeirinho, procedentes da Estação Experimental Terras Baixas (Embrapa – Clima Temperado).

DESINFESTAÇÃO

Antes de serem semeadas as sementes passaram por um processo de desinfestação em laboratório, o qual consistiu de imersão em álcool 70%, durante 1 minuto, e em solução de cloreto de mercúrio 0,05%, durante 3 minutos, seguidas de três lavagens com água destilada, todas sob agitação constante.

CONDIÇÕES DE CULTIVO

Em câmara de fluxo laminar as sementes foram colocadas para germinar em tubos de ensaio contendo 5 mL meio MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) com metade da concentração das fontes de sais e suplementado com 20 g L⁻¹ de sacarose, 100 mg L⁻¹ de mio-inositol e solidificado com a adição de 6 g L⁻¹ de ágar.

As plântulas permaneceram em sala de crescimento durante 21 dias, com um fotoperíodo de 16 horas e densidade de fluxo luminoso de 25 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

TRATAMENTOS

Os tratamentos foram constituídos por quatro concentrações de NaCl acrescidos ao meio de cultura. As concentrações utilizadas foram 0 (testemunha), 68 mM (4 g L^{-1}), 136 mM (8 g L^{-1}) e 204 mM (12 g L^{-1}) de NaCl. Após o preparo de cada meio o pH destes foi ajustado para 5.8. Em seguida, os meios foram distribuídos nos tubos de ensaio, os quais foram fechados com algodão e alumínio e autoclavados a $121 \text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 20 minutos.

As concentrações utilizadas para constituir o experimento foram previamente selecionadas através de um experimento piloto, onde foram testadas as seguintes concentrações de NaCl: 0 mM (testemunha), 171 mM (10 g L^{-1}), 342 mM (20 g L^{-1}), 513 mM (30 g L^{-1}), 684 mM (40 g L^{-1}) e 856 mM (50 g L^{-1}) em dois genótipos de arroz, BRS Bojuru e BRS 7 "Taim". Os resultados de tal experimento mostraram que concentrações acima de 171 mM de NaCl foram inibitórias para germinação de sementes destas cultivares. A partir destes resultados, foram escolhidas concentrações intermediárias entre 0 mM e 171 mM, utilizando-se ainda, uma concentração superior.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em arranjo fatorial 10×4 (10 genótipos \times 4 concentrações de NaCl), com três repetições, cada uma delas representada por 3 tubos, contendo uma semente cada.

Os tubos contendo os genótipos foram organizados em suportes apropriados para tubo de ensaio, sendo que em cada suporte havia três tubos representando cada genótipo, como eram 10 genótipos havia 30 tubos de ensaio em cada suporte. Assim, os tratamentos ficaram organizados em quatro suportes, cada um contendo os 10 genótipos e uma das quatro concentrações de NaCl. Como cada suporte era uma repetição havia três suportes por tratamento, totalizando 12 suportes e 360 tubos. A disposição dos tubos e dos suportes foi determinada através da realização de sorteio.

AVALIAÇÕES

Para a avaliação da percentagem média de germinação de sementes cultivadas *in vitro* e submetidas a diferentes concentrações de NaCl foram realizadas duas contagens, sendo a primeira aos cinco dias e a segunda aos quatorze dias

após a semeadura. O critério para classificação de sementes germinadas foi protusão da radícula.

Após 21 dias, as plântulas foram retiradas dos tubos de ensaio e avaliadas quanto às médias dos seguintes caracteres: altura da parte aérea (cm), comprimento de raiz (cm), número de folhas, número de raízes (cm), massa fresca da parte aérea e do sistema radicular (g).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância para testar as fontes de variação e suas possíveis interações em um modelo fatorial, considerando dose (fator quantitativo) e genótipo (fator qualitativo) como fatores fixos e as médias dos tratamentos comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores referentes à percentagem de plântulas germinadas e número de folhas e número de raízes foram transformados para arco seno da raiz quadrada de $(X/100)$ e raiz de $(X+1)$ respectivamente, onde X representa o valor percentual obtido para a variável percentagem de plântulas germinadas e os valores originais para as variáveis número de folhas e número de raízes.

Como forma de desdobrar os efeitos da interação doses x genótipos efetuou-se a análise de regressão linear simples, sendo representados na forma de gráficos individuais para cada genótipo, e onde menores valores do coeficiente de regressão (b) determinam genótipos tolerantes. Foram também realizados cálculos de redução relativa para cada uma das variáveis avaliadas.

As análises de variâncias foram realizadas com auxílio do software estatístico SANEST (ZONTA; MACHADO, 1987), para as análises de regressão linear utilizaram-se os recursos do software WINSTAT (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2002).

ANÁLISE DE DISSIMILARIDADE

A análise de dissimilaridade genética entre todos os pares de genótipos foi estimada por meio da distância generalizada de Mahalanobis (D^2) a partir de médias originais e as estimativas das variâncias e covariâncias residuais entre os caracteres estudados, utilizando o programa computacional GENES (CRUZ, 2001). Este programa fornece, além da matriz de dissimilaridade, a contribuição relativa dos

caracteres para divergência, conforme Singh (1981). Através da matriz de dissimilaridade genética gerada foi aplicada a análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher, conforme descrito por Cruz; Carneiro (2003) e construído um dendrograma pelo método de agrupamento da distância média (UPGMA). Para a estimativa do ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma gerado foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (r) (SOKAL; ROHLF, 1962), utilizando o programa computacional NTSYS pc 2.1 (ROHLF, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

PERCENTAGEM DE GERMINAÇÃO *IN VITRO*

No presente trabalho, foi constatado germinação das sementes de arroz na concentração de 204 mM de NaCl somente nos genótipos BRS Bojuru, BRS Talento, BRS Atalanta, Cana Roxa e BRS Agrisul, os quais tiveram 2, 3, 3, 1 e 4 sementes germinadas de um total de 9 sementes, respectivamente. Por este motivo, a concentração de 204 mM de NaCl não foi utilizada nas análises do presente experimento.

Conforme observado na Tabela 3A, referente aos resultados da análise de variância para germinação de sementes, não houve interação significativa entre os fatores genótipo e concentração de NaCl em nenhuma das contagens realizadas. No entanto, houve efeito significativo do fator concentração de NaCl na primeira contagem de germinação realizada no quinto dia após a semeadura (DAS).

Ao comparar a percentagem média de germinação das sementes de arroz em relação as diferentes concentrações de NaCl na primeira e segunda contagem de germinação, verificou-se que o incremento na concentração de NaCl afetou apenas a germinação inicial das sementes, onde, na primeira avaliação, realizada aos cinco DAS, o menor valor, 26%, foi observado no tratamento com 136 mM, o qual foi estatisticamente inferior aos demais (Tabela 1).

Os tratamentos controle e com 68 mM de NaCl, apresentaram percentagens de germinação de 78 e 71%, respectivamente, indicando que concentrações de NaCl até 68 mM não prejudicam a fase inicial de germinação.

Porém, na segunda avaliação, realizada aos 14 DAS notou-se que o potencial germinativo foi recuperado na concentração de 136 mM, chegando a um

percentual de 74%, contra 91 e 80% nos tratamentos com 0 e 136 mM de NaCl, respectivamente, demonstrando que os níveis de salinidade testados não prejudicaram a germinação final das sementes dos genótipos avaliados.

Tabela 1- Percentagem de germinação de sementes de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl (mM)

NaCl (mM)	Germinação (%)	
	1ª avaliação (5 DAS)	2ª avaliação (14 DAS)
0	78 a *	91 a
68	71 a	80 ab
136	26 b	74 b

*Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A salinidade pode afetar o processo inicial de germinação por provocar uma redução do potencial hídrico do solo dificultando a absorção de água pela semente, facilitando a entrada de íons em níveis tóxicos e por alterar ou afetar significativamente a composição química das sementes, prejudicando ou dificultando a germinação, a qual depende também das substâncias de reserva (SILVA et al., 2008).

A água é um dos fatores que mais influencia o processo de germinação das sementes. Da absorção de água resulta a rehidratação dos tecidos, com a conseqüente intensificação da respiração e de todas as demais atividades metabólicas que culminam com o fornecimento de energia e de nutrientes necessários para a retomada do crescimento do eixo embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois reduz o potencial osmótico, retendo água, a qual é osmoticamente retida em solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais a torna cada vez menos disponível para as plantas dificultando a absorção de água pelas raízes (RIBEIRO et al., 2001; AMORIM et al., 2002). O mesmo ocorre com o processo de germinação de sementes *in vitro* sob estresse salino, onde o excesso de NaCl retém a água presente no meio de cultura e dificulta a absorção de nutrientes, dificultando e atrasando o processo germinativo.

Vale salientar que os genótipos BRS Querência e BRS Pelota foram aqueles que apresentaram a maior recuperação no potencial germinativo de uma avaliação para a outra, com diferenças de 37 e 32%, respectivamente, da primeira para a segunda contagem.

Segundo Moterle (2006), a capacidade de adaptação dos vegetais superiores aos solos salinos depende de alguns fatores, destacando-se a constituição fisiológica e o seu estágio de desenvolvimento. Algumas espécies, tais como sorgo, milho, feijão e trigo, são menos afetadas durante a fase inicial de seu ciclo (FRANÇOIS et al., 1984; MAAS et al., 1986). Porém, em arroz, a sensibilidade à salinização diminui durante a germinação, aumenta durante as quatro primeiras semanas de idade, diminui durante o perfilhamento, aumenta no período de floração, voltando a diminuir durante a maturação dos grãos (GUERRA, 1976).

CARACTERES MORFOLÓGICOS

A cultura de tecidos tem sido utilizada em diversos trabalhos na tentativa de obtenção de genótipos mais tolerantes a estresses bióticos e abióticos. Diversas metodologias foram empregadas em diversas espécies, como arroz (WINICOV, 1996; LUTTS et al., 1998), trigo (BARAKAT; HARRIS, 1998), alfafa (SAFARNEJAD et al., 1996), soja (LIU; STADEN, 2000) e tomate (BOSCHERINI et al., 1999). De modo geral, a identificação de indivíduos tolerantes à salinidade *in vitro* é realizada pela adição de NaCl ao meio de cultura. Assim como os genótipos obtidos por técnicas de melhoramento convencional, as plantas obtidas *in vitro* devem ser avaliadas para verificar a eficiência da metodologia, conhecer o seu comportamento em relação à salinidade no solo e determinar o efeito das condições da cultura *in vitro* em caracteres importantes para a cultura.

Os resultados referentes à redução no crescimento e desenvolvimento dos caracteres morfológicos analisados encontram-se na Tabela 2, através dos quais se observou que, em meio salino, independente da concentração de NaCl utilizada, todos os caracteres tiveram redução no crescimento quando comparados ao tratamento sem adição de NaCl, porém os maiores índices de redução foram observados na concentração de 136 mM.

Tabela 2- Percentual de redução relativa nos caracteres morfológicos avaliados, após 21 dias, em 10 genótipos de arroz mantidos em meio MS com diferentes concentrações de NaCl

Variáveis	Valor Absoluto		Redução Relativa (%)	
	0 Mm	68mM	136mM	
Altura média da parte aérea (cm)	8,56	8,2 A *	41,9 B	
Número médio de folhas (nº)	3,84	9,6 A	16,9 B	
Comprimento médio de raiz (cm)	7,30	6,6 **	19,5 B	
Número médio de raiz (nº)	6,26	26,5 A	49,2 B	
Massa fresca média da parte aérea (g)	0,088	21,2 A	57,5 B	
Massa fresca média de raiz (g)	0,063	37,5 A	62,2 B	

*Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro **Aumento relativo tomando como referencial o tratamento controle.

O maior percentual de redução relativa foi observado para a variável massa fresca média de raiz, tanto na concentração de 68 quanto na de 136 mM, enquanto os menores índices foram observados para a variável comprimento médio de raiz, para a qual notou-se um aumento de 6,6% na concentração de 68 mM e redução de 19,5 na concentração de 136 mM.

Observou-se que na menor concentração de NaCl houve um decréscimo de 37,5% na quantidade de massa fresca média de raiz, comportamento esse semelhante ao número médio de raiz e massa fresca média da parte aérea, que apresentaram reduções acima de 20% já na menor concentração de sal.

Analisando-se o decréscimo na altura média da parte aérea, observou-se que na concentração de 68 mM o decréscimo no crescimento é inferior a 10%, porém este comportamento é fortemente invertido com o incremento da salinidade, atingindo um decréscimo de 41,9%, na concentração de 136 mM.

A partir destes resultados, constatou-se que as plantas cultivadas *in vitro* tiveram uma redução de crescimento mais acentuada que as plantas cultivadas em casa de vegetação. Conforme dados obtidos no experimento do capítulo I, observaram-se reduções de 12,1, 10,5, 31,9 e 20,5% para as variáveis altura média da parte aérea, comprimento médio de raiz, massa fresca média da parte aérea e massa fresca média de raiz, respectivamente, na concentração de 136 mM, contra

reduções de 41,9, 19,5, 57,5 e 62,2% para as mesmas características na concentração de 136 mM nas plantas cultivadas *in vitro*.

O contato constante das plântulas com o meio de cultura contendo NaCl poderia ter causado estas reduções mais acentuadas, já que em casa de vegetação o substrato era lavado com água, para atender as exigências hídricas e favorecer a eliminação de excessos de sais no solo, procedimento que não pode ser adotado no cultivo *in vitro*. No entanto, tanto no cultivo *in vitro* quanto no *ex vitro*, as variáveis correspondentes a fitomassa da parte aérea e do sistema radicular estão entre as mais afetadas pelo aumento da salinidade, enquanto as variáveis número médio de folhas e comprimento médio de raiz são as menos prejudicadas.

Lima et al. (1998) ao avaliarem o desenvolvimento de plantas de mandioca cultivadas *in vitro* sob estresse salino, observaram alterações morfofisiológicas em relação ao tratamento controle. Através de determinações visuais, puderam verificar que o crescimento diminuiu com o aumento da concentração salina, além de mostrarem alterações nas folhas (enrugamento e clorose). Sasilaka; Prasad (1994), também observaram redução no crescimento em batatas cultivadas *in vitro* sob estresse salino.

Sabe-se, também, que a salinidade pode alterar o metabolismo protéico das plantas. Muitos trabalhos têm sido realizados utilizando as técnicas de cultura *in vitro* para seleção de genótipos tolerantes aos mais variados tipos de estresses abióticos, tendo como parâmetro de seleção a atividade de enzimas peroxidases mediante estresse salino.

Em experimento realizado com calos de arroz submetidos a estresse salino, Lima et al. (1998) observaram aumento de peroxidase e concluíram que esta enzima poderia ser usada como parâmetro para identificar estresse fisiológico.

A seleção *in vitro* pode atuar no melhoramento de plantas por meio da obtenção direta de genótipos de interesse ou, ainda, pela redução da população a ser selecionada em campo. Ambas as estratégias promovem a aceleração de programas de melhoramento de plantas (EVANS et al., 1984). Nos últimos anos, tem-se empregado a seleção *in vitro* no melhoramento de fruteiras visando o desenvolvimento de diversas características que podem trazer benefícios à produção e ao consumo de frutas (PREDIERI, 2001). Tais trabalhos têm sido realizados tanto em monocotiledôneas como em dicotiledôneas, como a mangueira (JAYASANKAR; LITZ, 1998) e o abacaxizeiro (BORRÁS et al., 2001); no entanto, o

desenvolvimento de estratégias seletivas eficazes e a avaliação da eficiência da seleção *in vitro* são etapas indispensáveis para que sua aplicação seja vantajosa em programas de melhoramento.

De acordo com a análise de variância, as variáveis de crescimento analisadas foram influenciadas pelo genótipo, pelas concentrações de NaCl e pela interação entre estes dois fatores (Tabela 4A).

Não foram verificadas interações significativas para a variável altura média da parte aérea (cm) e número médio de folhas, havendo apenas efeito isolado de cada fator. No entanto, para as variáveis comprimento médio de raiz (cm), número médio de raiz, massa fresca média da parte aérea (g) e massa fresca média de raiz (g), houve interação entre os fatores, o que implicou na necessidade de decomposição de seus efeitos simples, uma vez que os genótipos apresentaram respostas diferentes em relação às concentrações de NaCl.

Analisando-se o efeito do fator concentrações de NaCl para as variáveis altura média da parte aérea e número de folhas, para as quais não foi constatada interação, observou-se que, após 21 dias de semeadura, o aumento da salinidade no meio de cultura inibiu significativamente e de forma linear decrescente a altura média da parte aérea e o número médio de folhas (Figura 1).

Foram observados decréscimos de 0,0263 cm na altura média da parte aérea e de 0,0048 folhas por aumento unitário de NaCl, conforme equações de regressão linear contidas na Figura 1A e 1B. Assim, constatou-se que o efeito da salinidade sobre a altura média da parte aérea das plantas de arroz cultivadas *in vitro* foi acentuadamente mais expressivo que no número de folhas, indicando maior sensibilidade da característica morfológica altura média da parte aérea, nas condições em que o experimento foi conduzido.

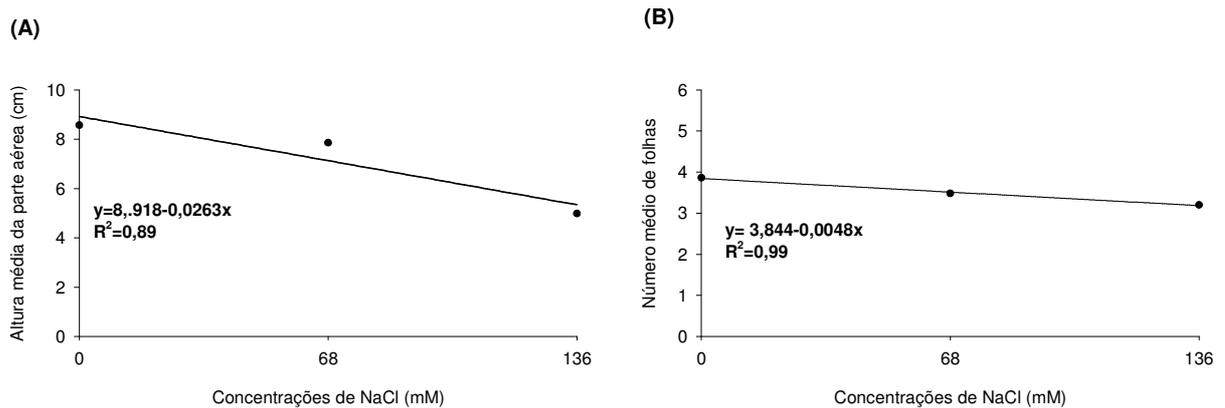


Figura 1- Altura média da parte aérea (A) e número médio de folhas (B) de 10 genótipos de arroz, após 21 dias cultivados *in vitro* em meio MS acrescido de diferentes concentrações de NaCl.

Macedo et al. (2005) ao estudarem o efeito do NaCl no crescimento e multiplicação *in vitro* de bananeira observaram que, com relação à altura dos brotos houve redução de suas médias à medida que se aumentou a concentração de NaCl no meio de cultura.

A elevação dos níveis de NaCl implica a redução do crescimento devido a diversos fatores, tais como: o efeito tóxico dos íons que foram absorvidos; o baixo potencial osmótico e hídrico das células; bem como a utilização de energia metabólica no processo de ajustamento osmótico. Resultados semelhantes foram encontrados em monocotiledôneas, como gramíneas (ALSHAMMARY et al., 2004), e também em dicotiledôneas, como tomateiro (ROMERO et al., 2001). A semelhança de tais resultados mostra que a redução do crescimento nos vegetais é uma resposta geral causada pelo excesso de salinidade no meio de cultura.

Quanto à redução no número médio de folhas os resultados observados no presente trabalho estão de acordo com os encontrados na literatura. Gouia et al. (1994), trabalhando com feijão e Romero et al. (2001) em seu trabalho com tomateiro, verificaram que o número de folhas é reduzido em proporção à concentração de NaCl. Essa redução pode ser devida à incapacidade da planta produzir novas folhas mais rápido que a senescência (MUSCOLO et al., 2003), além da morte das folhas mais velhas por necrose de seus tecidos. Não se pode descartar a possibilidade de esses diferentes eventos fisiológicos acontecerem

concomitantemente ou individualmente, dependendo dos mecanismos de resistência ao sal que a planta possua na sua constituição genética.

Com relação à altura média da parte aérea observada para os genótipos, Cana Roxa foi o que apresentou a maior altura média, 10,88 cm, seguido de BRS Bojuru, 9,97 cm, os quais são estatisticamente iguais entre si e diferentes dos demais. Os genótipos BRS 7 “Taim” e BRS Ligeirinho apresentaram o menor desenvolvimento médio para a característica, com alturas médias de 5,53 e 5,44 cm, respectivamente (Tabela 3).

Considerando os valores obtidos na comparação de médias para o número médio de folhas observou-se que os genótipos apresentaram comportamento bastante similar, sendo a maior média observada no genótipo BRS Pelota, 3,87, seguido de BRS Querência, 3,84, os quais diferem estatisticamente apenas de BRS 7 “Taim”, que apresentou o menor número médio de folhas, 2,91 (Tabela 3).

Tabela 3- Caracteres morfológicos de 10 genótipos de arroz, avaliados após 21 dias de cultivo *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl

Genótipos	Altura média da parte aérea (cm)	Número médio de folhas
Cana Roxa	10,88 a *	3,65 ab
BRS Bojuru	9,97 a	3,65 ab
BRS Firmeza	7,09 b	3,42 ab
BRS Atalanta	6,81 bc	3,29 ab
BRS Talento	6,75 bc	3,17 ab
BRS Querência	6,75 bc	3,84 a
BRS Pelota	6,38 bc	3,87 a
BRS Agrisul	5,67 bc	3,65 ab
BRS 7 “Taim”	5,53 c	2,91 b
BRS Ligeirinho	5,44 c	3,53 ab

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Levando-se em consideração os percentuais de redução relativa para a variável altura média da parte aérea em função do aumento na concentração de NaCl,

observou-se uma acentuada redução na altura das plantas na concentração de 136 mM em todos os genótipos.

BRS Bojuru apresentou tolerância à salinidade na concentração de 68 mM, com aumento de 19,9% na altura média das plantas, enquanto os genótipos BRS Pelota, BRS Querência, Cana Roxa, BRS Firmeza e BRS Talento, apresentaram reduções inferiores a 10% para a mesma concentração, sendo BRS 7 “Taim” o genótipo que apresentou a maior redução, 36%, neste mesmo nível de salinidade quando comparados ao tratamento controle.

Considerando a diferença entre os níveis extremos de salinidade (0 e 136 mM de NaCl), foi verificada redução de 16,5% no genótipo BRS Bojuru, sendo o menor percentual de redução observado para a variável altura média da parte aérea na concentração de 136 mM, sendo, portanto, considerado o genótipo mais tolerante para esta característica. Os demais genótipos apresentaram reduções entre 35,9 e 58%, sendo o maior índice de redução observado para BRS 7 “Taim”, denotando sua sensibilidade à salinidade para a característica avaliada (Tabela 4).

Com base nas reduções relativas para a variável número médio de folhas, observou-se que, com exceção de BRS Pelota, BRS 7 “Taim” e BRS Ligeirinho, os quais apresentaram respectivas reduções de 21,9, 19,5 e 19,4% na concentração de 68 mM de NaCl, os demais genótipos mostraram reduções entre 2,9 e 9,6%, sendo BRS Atalanta o genótipo com o menor percentual de redução nesta mesma concentração, tendo-se ainda constatado um pequeno aumento de 0,3% no número médio de folhas do genótipo BRS Agrisul (Tabela 4).

Analisando-se as reduções observadas entre os tratamentos controle e a maior concentração de NaCl (136 mM), notou-se que as menores reduções, para a característica número médio de folhas, foram observadas nos genótipos BRS Agrisul, BRS Querência, Cana Roxa e BRS Atalanta, os quais tiveram reduções de 8,8, 8,8, 9,3 e 9,6%, respectivamente. Por outro lado, BRS Firmeza, BRS Pelota, BRS 7 “Taim” e BRS Ligeirinho, foram os genótipos que maiores valores de redução para a característica, com percentuais de 21,2, 21,9, 28,6 e 34,6%, respectivamente (Tabela 4).

Com base nestes resultados, para a característica número de folhas, foram considerados mais tolerantes os genótipos BRS Agrisul, BRS Querência, BRS Atalanta e Cana Roxa, e mais sensíveis BRS Ligeirinho, BRS 7 “Taim” e BRS Pelota.

Tabela 4- Percentual de redução relativa para altura média da parte aérea e número médio de folhas, após 21 dias, de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl quando comparados ao tratamento controle (0 mM)

Genótipos	Redução relativa (%)					
	Altura média da parte aérea (cm)			Número médio de folhas		
	0 *	68	136	0 *	68	136
Cana Roxa	12,87	7,4	38,8	3,85	6,5	9,3
BRS Bojuru	9,86	19,9**	16,5	3,89	5,9	11,8
BRS Firmeza	8,66	8,0	46,2	3,77	5,8	21,2
BRS Atalanta	8,47	11,1	47,8	3,43	2,9	9,6
BRS Talento	8,14	8,8	42,2	3,42	9,6	12,8
BRS Querência	8,02	6,1	41,4	3,99	3,0	8,8
BRS Pelota	7,35	3,5	35,9	4,55	21,9	21,9
BRS Agrisul	6,98	13,6	42,8	3,75	0,3*	8,8
BRS 7 "Taim"	8,05	36,0	58,0	3,49	19,5	28,6
BRS Ligeirinho	7,18	16,0	56,7	4,33	19,4	34,6

(*) Valor absoluto encontrado no tratamento controle (**) Aumento relativo tomando como referencial o valor absoluto do tratamento controle.

Diferentemente do observado no trabalho em casa de vegetação as plantas de arroz cultivadas *in vitro*, apresentaram altos índices de redução na altura média da parte aérea na concentração de 136 mM. No primeiro trabalho, os genótipos apresentaram percentuais de redução entre 2,8 e 20,9%, enquanto que no segundo experimento, este percentual variou entre 16,5 e 58,0% na mesma concentração (136 mM). Este comportamento foi observado em todos os genótipos, com exceção de BRS Bojuru, que apresentou redução de 13,9% e 16,5% no primeiro e segundo experimento, respectivamente, indicando que a altura da parte aérea é mais afetada nas plantas cultivadas *in vitro* que nas plantas *ex vitro*.

Por outro lado, quanto à redução no número médio de folhas, as plantas cultivadas *in vitro* apresentaram comportamento semelhante ao das plantas mantidas em casa de vegetação.

Ao analisar o crescimento de raízes, observou-se que à medida que houve incremento da concentração salina no meio de cultura ocorreu aumento no

comprimento médio de raiz na concentração de 68 mM em alguns genótipos, seguido de redução na concentração de 136 mM, exceto em BRS Pelota, o qual não apresentou redução em ambas concentrações (Figura 2).

Neste caso, constatou-se que a maioria dos genótipos apresentou melhor ajuste de regressão quadrática, demonstrando que em concentrações de até 68 mM os genótipos, de maneira geral, demonstram-se insensíveis ao efeito tóxico do NaCl, tornando-se esta sensibilidade um pouco mais visível em concentrações mais elevadas, como, neste caso, 136 mM quando comparados ao tratamento sem adição do sal.

As regressões estabelecidas para cada genótipo tendo como variável dependente comprimento médio de raiz podem ser visualizadas na Figura 2. Os genótipos BRS Ligeirinho, BRS Agrisul e BRS 7 “Taim” foram os únicos que apresentaram reduções constantes para as faixas de concentrações utilizadas no trabalho, sendo este decréscimo mais acentuado em BRS Ligeirinho e BRS 7 “Taim”, uma vez que BRS Agrisul demonstrou menor perda entre as concentrações de 68 e 136 mM. Desta forma, BRS Ligeirinho e BRS 7 “Taim” foram os genótipos mais sensíveis à salinidade para a variável comprimento médio de raiz

O genótipos BRS Bojuru apresentou aumento significativo na concentração de 68 mM, reduzindo na concentração mais elevada, porém a média em tal redução assemelhou-se a do controle, o que indica que este genótipo apresentou maior tolerância à salinidade. BRS Pelota apresentou tolerância em todos os níveis de salinidade testados, com aumento no comprimento médio de raiz nas duas concentrações, quando comparadas ao controle, indicando maior tolerância para o parâmetro avaliado. Os genótipos BRS Atalanta, BRS Firmeza e BRS Querência apresentaram variações constantes nos três tratamentos utilizados, indicando que estes genótipos mantiveram seus níveis de crescimento radicular nas condições a que foram submetidos e que por este motivo são considerados tolerantes (Figura 2).

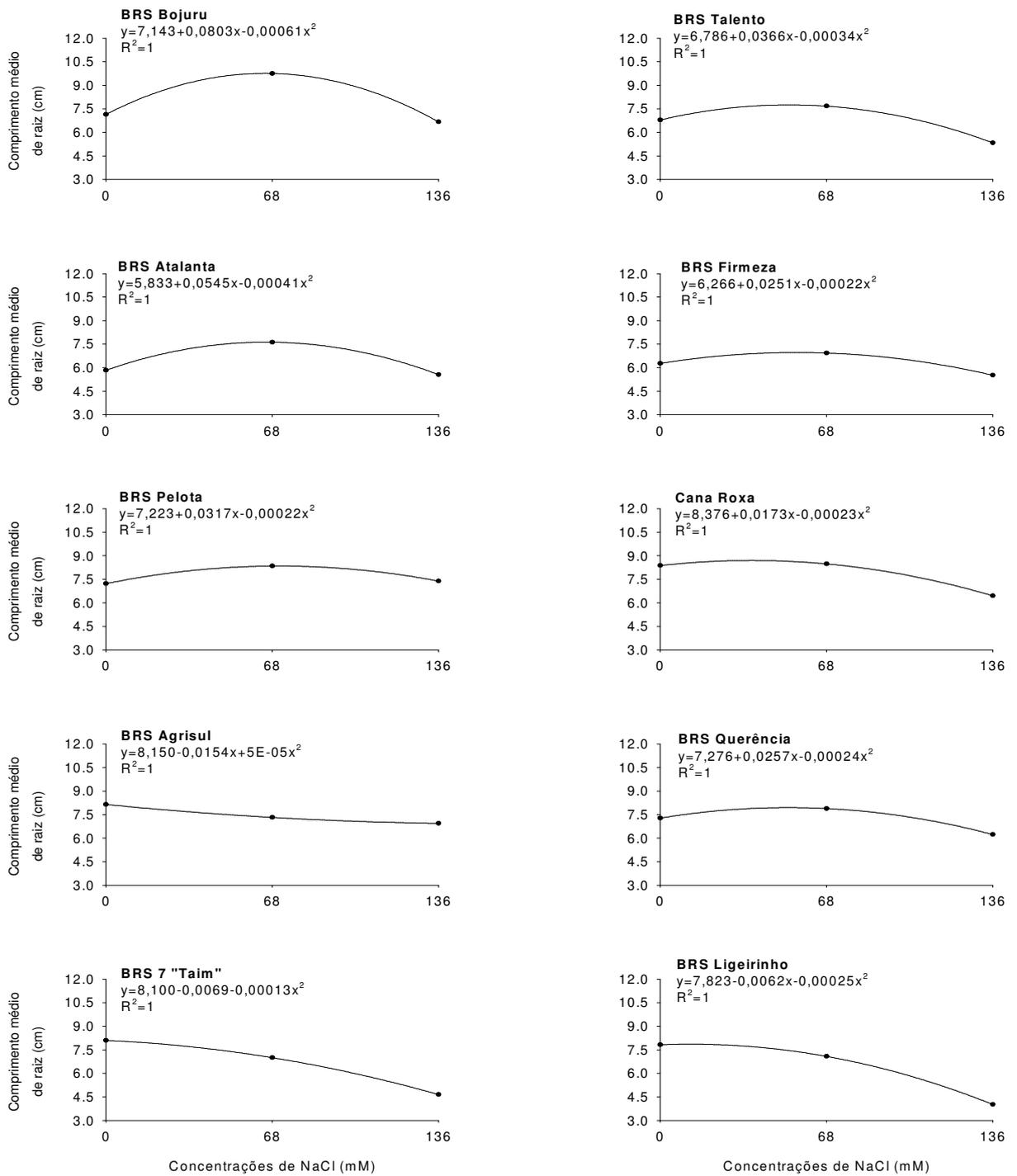


Figura 2- Comprimento médio de raiz de 10 genótipos de arroz, após 21 dias de cultivo *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl.

Freitas; Camargo (1998) ao estudarem a tolerância à salinidade em plantas de arroz e trigo observaram aumento no comprimento de raiz em alguns genótipos analisados de ambas as espécies. No entanto, espécies e cultivares apresentam comportamentos variáveis frente à salinidade. Freitas et al. (2006) ao avaliarem o efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento de plantas de melão constataram que a salinidade afetou drasticamente o desenvolvimento das plantas de meloeiro em relação ao comprimento de raiz, altura das plantas e conseqüentemente à massa fresca e seca das plantas.

Rodrigues et al. (2002) estudando o efeito da salinidade em plantas de arroz, observaram que ao contrário de outras variáveis, o comprimento do sistema radicular só foi influenciado por valores elevados de salinidade denotando, inclusive, tendência de maior crescimento das raízes nos níveis mais baixos de salinidade.

Em relação aos percentuais de redução relativa nos valores do comprimento médio de raiz, BRS Ligeirinho, BRS Agrisul e BRS 7 “Taim” foram os únicos genótipos que apresentaram redução no comprimento médio do sistema radicular na concentração de 68 mM, atingindo percentuais de 9,5, 13,6 e 10,2%, respectivamente, enquanto para os demais genótipos foram observados aumentos que variaram entre 1,2 e 36,7%, sendo os valores extremos encontrados em Cana Roxa e BRS Bojuru (Tabela 5).

Na concentração de 136 mM, as reduções mais drásticas foram observadas em BRS Ligeirinho, 48,6%, e BRS Taim, 42,6%, enquanto BRS Atalanta apresentou a menor média de redução, 4,8%, na mesma concentração (Tabela 5).

Tabela 5- Percentual de redução relativa para comprimento médio de raiz, após 21 dias, de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl quando comparados ao tratamento controle (0 mM)

Genótipos	Redução relativa (%)		
	Comprimento médio de raiz (cm)		
	0 *	68	136
BRS Bojuru	7,14	36,7**	6,6
Cana Roxa	8,38	1,2**	23,0
BRS Pelota	7,22	15,5**	2,3**
BRS Agrisul	8,15	10,2	14,8
BRS Querência	7,28	8,5**	14,8
BRS Talento	6,79	12,9**	21,5
BRS 7 "Taim"	8,10	13,6	42,6
BRS Atalanta	5,83	30,7**	4,8
BRS Ligeirinho	7,82	9,5	48,6
BRS Firmeza	6,27	10,5**	12,0

(*) Valor absoluto encontrado no tratamento controle (**) Aumento relativo tomando como referencial o valor absoluto do tratamento controle.

Comparando-se os parâmetros obtidos nas equações de regressão linear para a variável número médio de raiz, demonstrados na Figura 3, notou-se que na concentração de 136 mM todos os genótipos apresentaram decréscimos bastante acentuados, sendo BRS Bojuru o que apresentou o menor coeficiente de regressão, com decréscimo de 0,0057 raízes por valor unitário de NaCl, indicando ser o genótipo mais tolerante para a variável avaliada.

Os genótipos BRS Querência e BRS Firmeza foram aqueles que demonstraram os menores coeficientes de regressão, além de BRS Bojuru, com decréscimos médios de 0,011 e 0,014, respectivamente.

Para BRS Atalanta, BRS Talento, BRS Agrisul e BRS Pelota, os coeficientes de regressão encontrados indicaram respectivos decréscimos de 0,020, 0,021, 0,024 e 0,025 raízes por aumento unitário de NaCl, indicando comportamento semelhante destes genótipos em relação ao comprimento médio do sistema radicular.

Por fim, os genótipos Cana Roxa, BRS 7 “Taim” e BRS Ligeirinho foram os considerados sensíveis à salinidade para este parâmetro avaliado, uma vez que apresentaram os maiores coeficientes de regressão, com valores de 0,034, 0,033 e 0,033, respectivamente.

A diminuição no número de raízes acarreta diminuição na capacidade de absorção de água e nutrientes pela planta, diminuindo, conseqüentemente a quantidade de nutrientes disponíveis para serem translocados aos demais órgãos, ocasionando menor crescimento e desenvolvimento da planta.

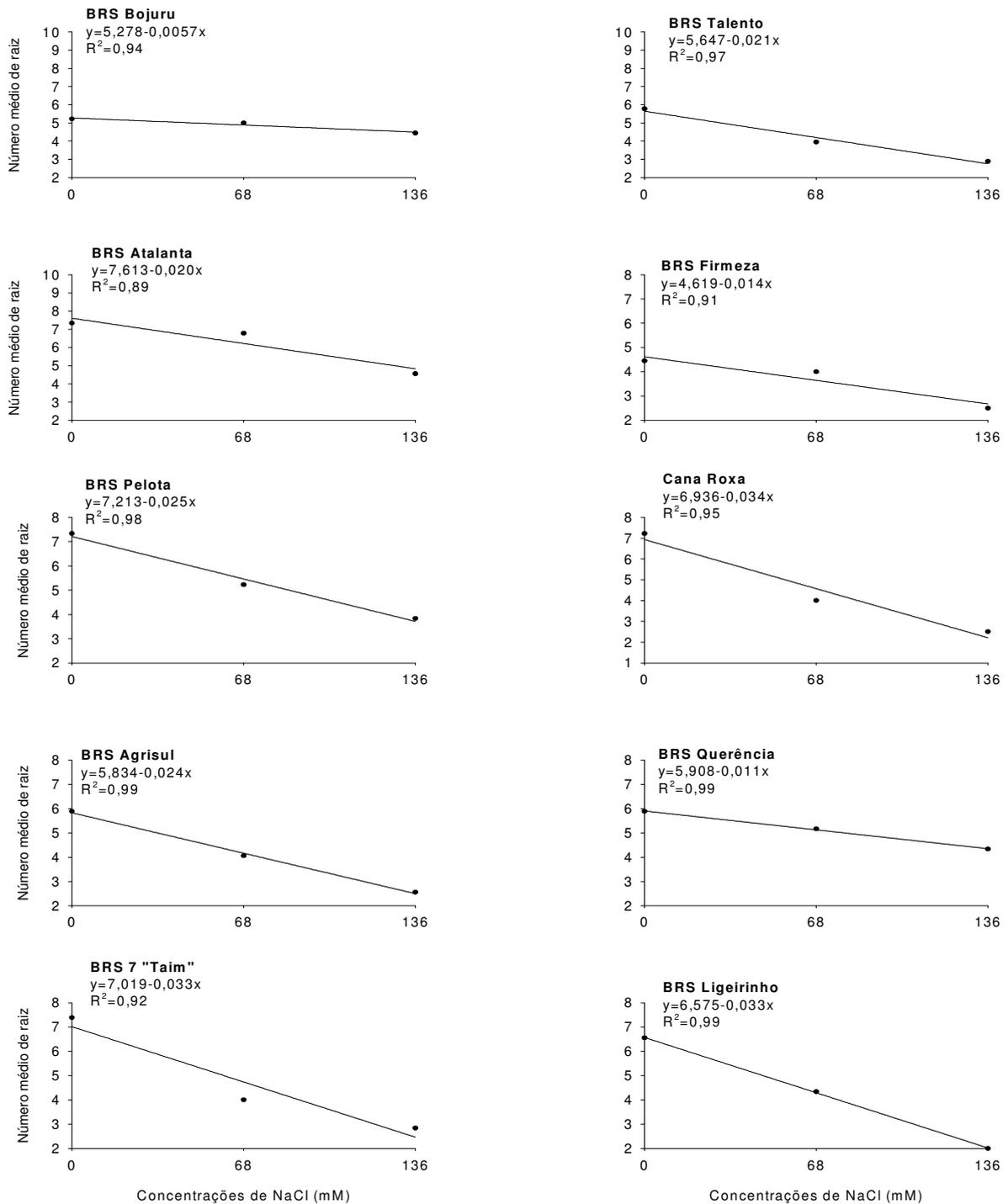


Figura 3- Número médio de raiz de 10 genótipos de arroz, após 21 dias de cultivo *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl.

Em relação ao percentual de redução relativa no número médio de raiz, o genótipo BRS Bojuru apresentou os menores valores, com percentuais de 4,6 e 15,1% nas concentrações de 68 e 136 mM, respectivamente, o que lhe atribuiu um baixo coeficiente de regressão e conseqüentemente a classificação de mais tolerante à salinidade para este parâmetro (Tabela 6).

Por outro lado, nos genótipos BRS Ligeirinho, Cana Roxa e BRS 7 “Taim” foram encontrados os maiores percentuais de redução, equivalentes a 31,9, 44,9 e 45,9%, respectivamente, na concentração de 68 mM, e 69,6, 65,5 e 61,9 na concentração de 136 mM, o que lhes atribuiu um alto coeficiente de regressão e a classificação de mais sensíveis à salinidade quanto à variável em discussão (Tabela 6).

Tabela 6- Percentual de redução relativa para número médio de raiz, após 21 dias, de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl quando comparados ao tratamento controle (0 mM)

Redução relativa (%)			
Número médio de raiz			
Genótipos	0 *	68	136
BRS Atalanta	7,33	8,0	37,9
BRS Pelota	7,32	29,1	48,4
BRS Querência	5,87	12,1	26,6
BRS Bojuru	5,22	4,6	15,1
BRS 7 “Taim”	7,38	45,9	61,9
Cana Roxa	7,21	44,9	65,5
BRS Talento	5,77	31,9	50,2
BRS Ligeirinho	6,55	34,2	69,6
BRS Agrisul	5,86	31,2	56,6
BRS Firmeza	4,43	10,4	43,8

(*) Valor absoluto encontrado no tratamento controle.

A massa fresca média da parte aérea, dos genótipos avaliados, decresceu linearmente conforme aumento da concentração salina.

Os gráficos apresentados na Figura 4 permitem observar que o genótipo BRS Bojuru, quando comparado aos demais, foi o que apresentou o menor coeficiente de regressão 0,000208, indicando ser o mais tolerante à salinidade para esta variável. Provavelmente o mesmo possui algum mecanismo que o torne menos sensível a este fator abiótico.

Os genótipos BRS Talento, Cana Roxa, BRS Atalanta, BRS Agrisul e BRS Querência apresentaram decréscimos de 0,000333, 0,000343, 0,000370, 0,000387 e 0,000389 g de massa fresca da parte aérea por aumento unitário de NaCl no meio de cultura, os quais demonstraram-se sensíveis à salinidade com a elevação das concentrações utilizadas. Já, BRS Firmeza, BRS Pelota, BRS Ligeirinho e BRS 7 “Taim”, apresentaram as maiores quedas na variável avaliada conforme incremento da concentração salina o que lhes conferiu altos coeficientes de regressão, os quais variaram de 0,000404 a 0,000443, sendo os valores mais elevados observados em BRS Ligeirinho e BRS 7 “Taim”.

Alguns resultados encontrados para esta variável no trabalho realizado em condições de cultivo *in vitro* estão de acordo com os encontrados no trabalho realizado em casa de vegetação. O genótipo BRS Bojuru apresentou o menor coeficiente de regressão, enquanto para BRS 7 “Taim” e BRS Ligeirinho foram observados os maiores coeficientes de regressão, em ambos os trabalhos.

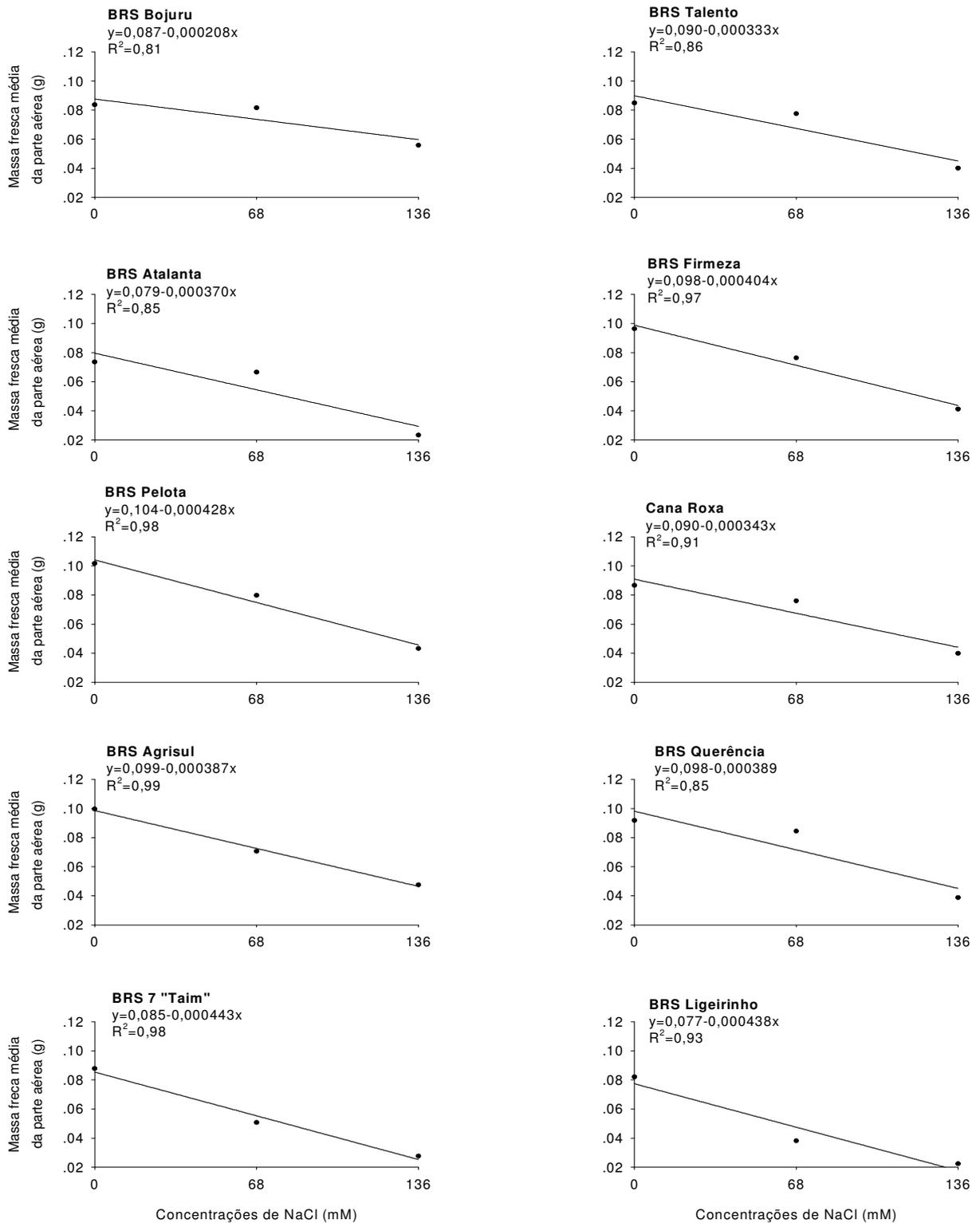


Figura 4 – Massa fresca média da parte aérea de 10 genótipos de arroz, após 21 dias de cultivo *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl.

No que se refere à redução relativa, para a variável massa fresca média da parte aérea, demonstradas na Tabela 7, visualizou-se que os genótipos BRS Bojuru, BRS Querência, BRS Talento e BRS Atalanta, apresentaram reduções inferiores a 10% na concentração de 68 mM de NaCl, seguidos de Cana Roxa, 12,4%, na mesma concentração. Para os demais genótipos foram encontradas reduções entre 20,8 e 53,0%, sendo o maior valor atribuído a BRS Ligeirinho, no tratamento com menor concentração salina.

No maior nível de salinidade, 136 mM, todos os genótipos tiveram reduções bastante acentuadas quando comparados ao tratamento controle, no entanto, BRS Bojuru foi o genótipo que teve a menor variação, com queda de 33,2% de produção de massa fresca da parte aérea, apresentando, portanto, maior tolerância. Todos os demais genótipos apresentaram reduções acima de 50%, sendo os maiores valores encontrados para BRS Ligeirinho, BRS Atalanta e BRS 7 "Taim", com 73,3, 68,7 e 68,3%, de redução, respectivamente, na concentração de 136 mM.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Lima et al. (2005) que, ao estudarem o efeito do estresse salino em plântulas de arroz, verificaram que as cultivares japônicas apresentaram maior tolerância à salinidade.

Tabela 7- Percentual de redução relativa para massa fresca da parte aérea, após 21 dias, de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl quando comparados ao tratamento controle (0 mM)

Genótipos	Redução relativa (%)		
	Massa fresca média da parte aérea (g)		
	0 *	68	136
BRS Pelota	0,1020	22,0	57,8
BRS Bojuru	0,0833	2,0	33,2
BRS Agrisul	0,0993	29,2	52,4
BRS Querência	0,0920	8,7	58,4
BRS Firmeza	0,0963	20,8	57,4
BRS Talento	0,0850	9,0	53,4
Cana Roxa	0,0863	12,4	54,0
BRS 7 “Taim”	0,0873	42,4	53,0
BRS Atalanta	0,0736	9,9	68,7
BRS Ligeirinho	0,0823	53,0	73,3

(*) Valor absoluto do tratamento controle.

Assim como observado nos demais caracteres morfológicos avaliados, a massa fresca média das raízes, das plântulas de arroz, também reduziu linearmente com o incremento da concentração de sal ao meio de cultura.

Na Figura 5 são apresentados os gráficos de regressão linear com as respectivas equações para cada um dos genótipos.

Analogamente ao observado para a variável massa fresca média da parte aérea, o genótipo BRS Bojuru apresentou o coeficiente de regressão mais baixo, com decréscimo de 0,000125 g por incremento unitário de NaCl, indicando, como observado para os demais caracteres, ser o genótipo mais tolerante à salinidade, nas condições em que o trabalho foi desenvolvido.

O genótipo BRS Talento também apresentou um coeficiente de regressão baixo, quando comparado aos demais, com decréscimo médio de 0,000171 g, indicando menor sensibilidade ao estresse, logo atrás de BRS Bojuru.

Valores de regressão que variaram de 0,000269 a 0,000379 foram observados nos genótipos restantes, sendo, a maior queda observada em BRS Querência, seguido de BRS 7 “Taim”, BRS Pelota, BRS Agrisul e BRS Ligeirinho, caracterizando-se, portanto, como os genótipos mais sensíveis à salinidade para este parâmetro.

Semelhante aos resultados encontrados neste trabalho, Lima (2002), observou que a cultivar de arroz BRS Agrisul diminuiu significativamente a massa fresca média de raiz com o aumento de sal na solução salina quando comparada a BRS Bojuru, a qual aumentou sua média em relação ao controle, confirmando, portanto, a maior tolerância deste genótipo.

Em relação à percentagem de redução relativa para a variável massa fresca média de raiz, apresentadas na Tabela 8, notou-se que na concentração de 68 mM os genótipos já apresentaram quedas acima de 30%, com exceção de BRS Bojuru e BRS Talento, que tiveram reduções de 5,2 a 21,9%, respectivamente, enquanto a maior redução foi observada em BRS Atalanta, 50,3%.

Todos os genótipos apresentaram elevadas reduções dos valores médios para esta variável na concentração de 136 mM, demonstrando ser, esta concentração, bastante prejudicial às plantas de arroz no que concerne a produção média de raiz.

O genótipo BRS Bojuru apresentou redução de 27,5%, a menor observada em 136 mM, enquanto que a maior redução foi encontrada em BRS Ligeirinho, 82,0%. Os demais genótipos apresentaram reduções que variam de 49,6 a 76,0%, nesta mesma concentração, demonstrando, assim, o efeito prejudicial da salinidade no sistema radicular.

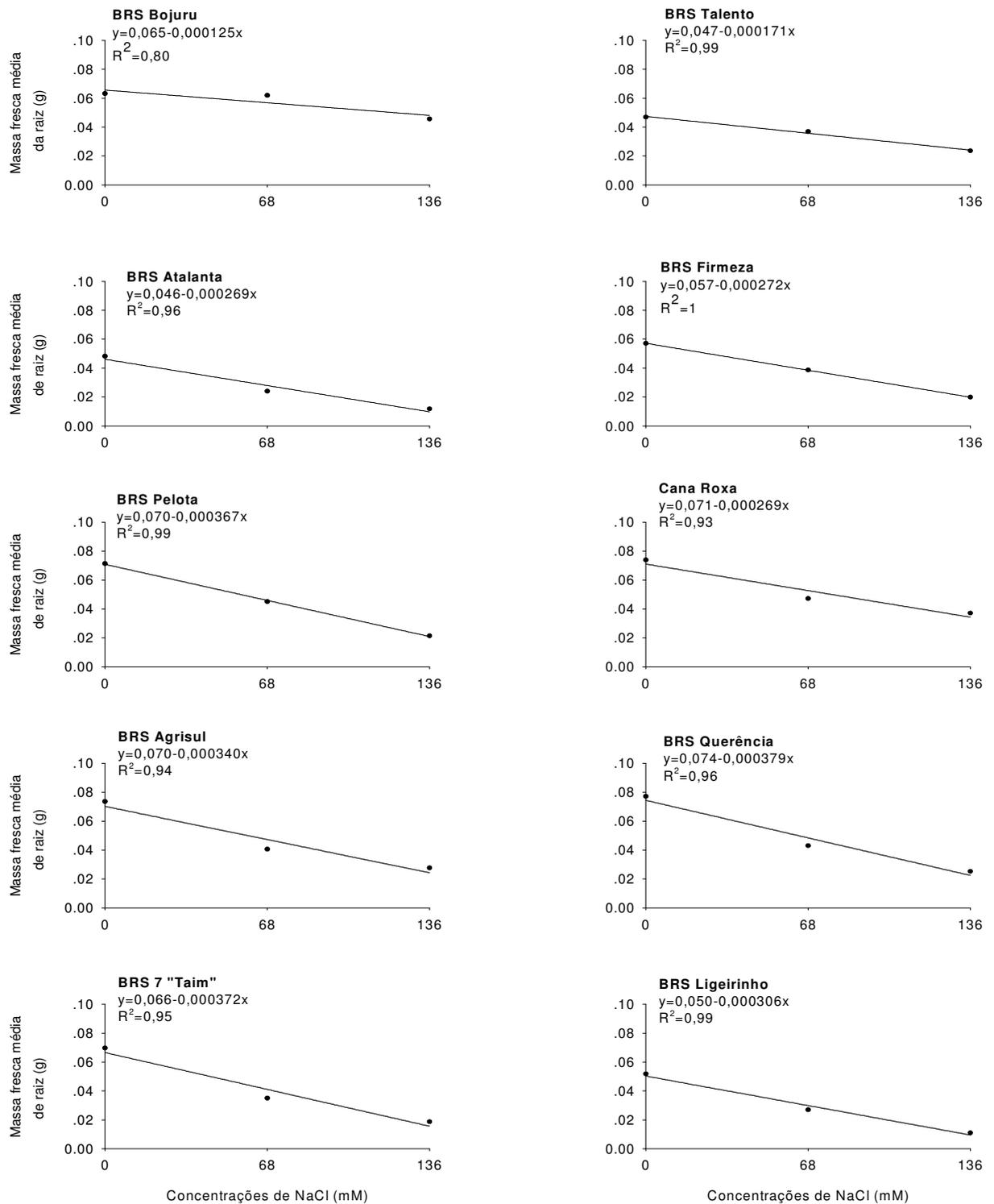


Figura 5 – Massa fresca média de raiz de 10 genótipos de arroz, após 21 dias de cultivo *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl.

Tabela 8- Percentual de redução relativa para massa fresca média de raiz, após 21 dias, de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl quando comparados ao tratamento controle (0 mM)

Genótipos	Redução relativa (%)		
	Massa fresca média de raiz (g)		
	0 *	68	136
BRS Bojuru	0,0630	5,2	27,5
Cana Roxa	0,0470	36,5	50,0
BRS Querência	0,0770	44,1	67,5
BRS Agrisul	0,0733	45,0	62,3
BRS Pelota	0,0713	36,9	70,5
BRS 7 “Taim”	0,0693	49,9	73,6
BRS Firmeza	0,0570	32,1	65,4
BRS Talento	0,0470	21,9	49,6
BRS Ligeirinho	0,0516	48,2	82,0
BRS Atalanta	0,0483	50,3	76,0

(*) Valor absoluto do tratamento controle.

ANÁLISE DE DISSIMILARIDADE

Algumas metodologias têm sido utilizadas na caracterização de germoplasma, tais como o uso de isoenzimas (BRONDANI, 1993) e de marcadores moleculares (MALUF, 1990; MIKLAS; KELLY, 1992). Uma alternativa bastante empregada é a análise multivariada de dados morfológicos e agrônômicos (FONSECA, 1993; RIBEIRO, 1993), pois além de ser a mais econômica, praticamente não exige nenhum trabalho adicional, a não ser de cálculo, uma vez que as informações para as análises são obtidas dos próprios descritores tomados dos genótipos. Dentre as técnicas multivariadas disponíveis, os componentes principais, as variáveis canônicas e a análise de agrupamento, a partir das distâncias de Mahalanobis (D^2), têm sido as mais usadas na avaliação da divergência genética presente em diversas espécies e cultivares de uma mesma espécie (PEREIRA, 1989; CASTINEIRAS, 1990; FARIA, 1994).

Na análise para verificar a contribuição relativa de cada variável para a dissimilaridade genética, obtida através da técnica multivariada de quantificação da distância de Mahalanobis, observou-se variabilidade entre os caracteres analisados. O parâmetro morfológico que apresentou a maior variação, por conseguinte, aquele que mais contribuiu para a divergência entre os genótipos foi massa fresca de raiz seguido de massa fresca da parte aérea, com respectivas contribuições de 33,70 e 25,60% (Tabela 9), indicando a importância destes para estudos de dissimilaridade cujo objetivo seja verificar a tolerância de genótipos de arroz submetidos à salinidade e cultivados *in vitro*.

Por outro lado, os caracteres que menos contribuíram para diferenciar os genótipos foram, número de folhas e altura da parte aérea, com contribuições relativas de 6,08 e 0,63% (Tabela 9).

Tabela 9 – Percentual de contribuição relativa dos caracteres morfológicos quanto à divergência genética (S.j) de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl

Caracteres Morfológicos	S.j	Contribuição Relativa (%)
Altura da parte aérea	51,035947	6,0812
Número de folhas	5,315657	,6334
Comprimento de raiz	138,958365	16,5575
Número de raiz	146,170713	17,4169
Massa fresca da parte aérea	214,914556	25,6081
Massa fresca de raiz	282,849952	33,7029

Similarmente, no trabalho realizado em casa de vegetação, o parâmetro morfológico que menos contribuiu para a dissimilaridade entre os genótipos foi altura média da parte aérea. Por outro lado, os que mais contribuíram foi massa seca de raiz e área foliar, os quais não foram avaliados *in vitro*.

Através da matriz de dissimilaridade, baseada na distância de Mahalanobis (D^2), foram caracterizados com genótipos mais similares BRS Firmeza e BRS Pelota ($D^2=1,40$), pertencentes ao grupo índica (Tabela 10).

Tais genótipos apresentaram percentual de redução relativa semelhantes nos caracteres que mais contribuíram para a divergência genética, justificando a proximidade entre estes dois genótipos. BRS Firmeza apresentou reduções de 20,8 e 57,8% nas concentrações de 68 e 136 mM, respectivamente, enquanto BRS Pelota obteve reduções de 22,2 e 57,8% nas mesmas concentrações de NaCl para o parâmetro massa fresca da parte aérea.

Para massa fresca de raiz, BRS Firmeza atingiu reduções de 32,1 e 65,4% e BRS Pelota de 36,9 e 70,5%, nos meios com 68 e 136 mM de NaCl.

Os genótipos mais distantes, ou seja, mais dissimilares, foram BRS Bojuru e BRS Ligeirinho ($D^2=96,87$), sendo o primeiro pertencente ao grupo japônica e o segundo ao grupo índica (Tabela 10).

Em relação à redução relativa de cada um destes genótipos para a massa fresca da parte aérea e massa fresca de raiz, observou-se, claramente, o comportamento contrastante destes genótipos. BRS Bojuru apresentou reduções de 2,0 e 33,2% e BRS Ligeirinho de 53,0 e 73,3%, nas concentrações salinas de 68 e 136 mM, respectivamente, para a variável massa fresca da parte aérea. Para massa fresca de raiz foram encontradas reduções de 5,2 e 27,5% para BRS Bojuru e de 48,2 e 82,0% para BRS Ligeirinho, nas mesmas condições citadas acima.

O fato de estes genótipos pertencerem a grupos diferentes e as respostas distintas frente ao estresse poderiam justificar a alta dissimilaridade entre eles.

Tabela 10 – Matriz de dissimilaridade com base na distância de Mahalanobis (D^2) entre 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl

Genótipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0									
2	21,93	0								
3	41,81	10,44	0							
4	30,70	3,82	2,72	0						
5	34,52	5,20	3,21	1,40	0					
6	40,77	3,56	10,41	6,01	5,44	0				
7	50,96	7,92	6,02	4,19	4,67	2,86	0			
8	33,74	6,23	2,50	2,11	3,99	6,87	4,86	0		
9	89,21	25,88	19,06	17,07	16,72	15,50	7,63	20,62	0	
10	96,87	34,43	25,34	22,35	21,60	24,02	13,28	28,10	2,49	0

BRS Bojuru (1); BRS Talento (2); BRS Atalanta (3); BRS Firmeza (4); BRS Pelota (5); Cana Roxa (6); BRS Agrisul (7); BRS Querência (8); BRS 7 “Taim” (9); BRS Ligeirinho (10).

Segundo Rodrigues et al. (2005), para determinar quão distante geneticamente uma população ou genótipo é de outra são utilizados métodos biométricos, onde se quantifica ou se estima a heterose, que são analisados pela estatística multivariada permitindo unificar múltiplas informações de um conjunto de caracteres. Vários métodos podem ser utilizados, dentre eles estão a análise por componentes principais, variáveis canônicas e métodos de agrupamentos.

No presente trabalho, a análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA permitiu a formação de um dendrograma em que os genótipos foram agrupados em três grupos distintos, cuja dissimilaridade média entre eles foi de 18,65 (Figura 10).

O genótipo BRS Bojuru (10) foi o mais distante em relação aos demais, ficando em um grupo isolado – grupo 3. Este genótipo foi o que apresentou as menores médias de redução relativa e menores coeficientes de regressão (b) para

todos os caracteres morfológicos, demonstrando um comportamento diferenciado frente ao estresse a que foi submetido.

Os genótipos BRS 7 “Taim” (9) e BRS Ligeirinho (10) foram inseridos no mesmo grupo – grupo 2. Ambos pertencem ao grupo índica e apresentaram comportamento semelhante frente a salinidade nos caracteres que mais contribuíram para a divergência entre os genótipos, sendo a distância encontrada entre eles de $D^2=2,49$ (Figura 10).

O grupo 1 abrangeu sete genótipos, BRS Talento (2), BRS Agrisul (7), Cana Roxa (6), BRS Querência (8), BRS Atalanta(3) , BRS Pelota (5) e BRS Firmeza (4), sendo destes, Cana Roxa e BRS Talento pertencentes ao grupo japônica. Dentro deste grupo, BRS Firmeza (4) e BRS Pelota (5) apresentaram a menor dissimilaridade, $D^2=1,40$, seguidos de BRS Atalanta e BRS Querência, cuja dissimilaridade foi de $D^2=2,50$ e de Cana Roxa (6) e BRS Agrisul (7), os quais apresentam $D^2=2,86$, indicando que estes pares de genótipos responderam de maneira semelhante ao estresse (Figura 10).

A correlação cofenética (r) foi de 0,81, indicando que este dendrograma representa 81% da matriz de Mahalanobis.

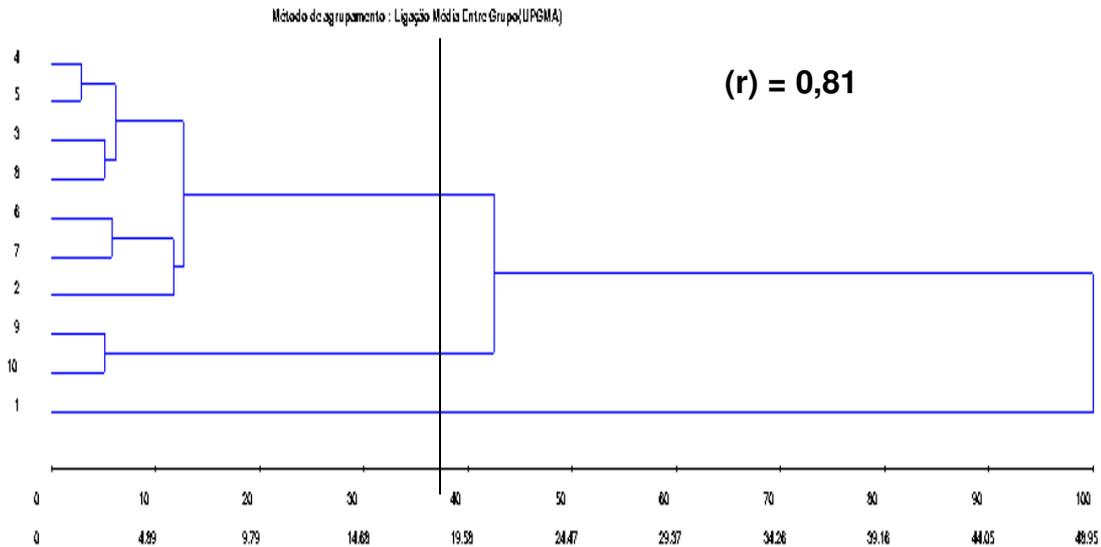


Figura 6 – Dendrograma resultante da análise de agrupamento de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido de diferentes concentrações de NaCl, pelo método UPGMA, obtido a partir da distância de Mahalanobis baseada em caracteres morfológicos. BRS Bojuru (1); BRS Talento (2); BRS Atalanta (3); BRS Firmeza (4); BRS Pelota (5); Cana Roxa (6); BRS Agrisul (7); BRS Querência (8); BRS 7 “Taim” (9); BRS Ligeirinho (10).

O agrupamento dos genótipos pelo método de otimização de Tocher revelou a formação de apenas dois grupos, sendo o grupo 2 formado pelo genótipo BRS Bojuru e o grupo 1 formado pelos demais genótipos (Tabela 11).

Tabela 11- Agrupamento baseado em caracteres morfológicos, pelo método de Tocher, de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro*, em meio MS, acrescido as concentrações de 0, 68, 136 e 204 mM de NaCl

Grupos	Genótipos
1	4,5,3,8,7,6,2,9,10
2	1

BRS Bojuru (1); BRS Talento (2); BRS Atalanta (3); BRS Firmeza (4); BRS Pelota (5); Cana Roxa (6); BRS Agrisul (7); BRS Querência (8); BRS 7 “Taim” (9); BRS Ligeirinho (10).

A distância média intergrupo foi de 48,95, enquanto que a distância média intragrupo foi de 11,07, conforme dados da Tabela 12.

Tabela 12- Distâncias intra e intergrupos, obtidas pelo método de Tocher, para o agrupamento de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro* em meio MS acrescido de diferentes concentrações de NaCl

Grupos	Soma	Médias
1	398,6922	11,0748
1 x 2	440,553	48,9503
2	.	.

Desta forma, com base nos resultados observados pelos cálculos de redução relativa e pelos valores de coeficientes de regressão (b) encontrados nas análises morfológicas, pode-se inferir que o método UPGMA agrupou melhor os genótipos.

Periodicamente, novas constituições genéticas são introduzidas no sistema produtivo, sendo necessários estudos para se avaliar a sua adaptabilidade às condições de solo salinizado. Para tanto pesquisas envolvendo caracteres morfológicos devem ser repetidas e associadas a análises moleculares para avaliar o percentual de alterações no genoma e confirmar o potencial das linhagens superiores, como genitores para hibridações artificiais ou como variedades comerciais (MARTINS et al., 2005).

4 CONCLUSÕES

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

1. A concentração 204 mM de NaCl inibe fortemente a germinação de sementes de arroz, cultivadas *in vitro*, enquanto 136 mM é prejudicial na fase inicial de germinação;
2. Na concentração 136 mM de NaCl é possível observar os danos causados pelo estresse salino no crescimento dos genótipos;
3. Os caracteres morfológicos relacionados ao acúmulo de fitomassa, massa fresca da parte aérea e massa fresca de raiz são os que mais contribuem para diferenciar os 10 genótipos avaliados;
4. O genótipo BRS Bojuru é o mais tolerante, enquanto BRS 7 “Taim” e BRS Ligeirinho são os mais sensíveis à salinidade, baseado nas reduções nos valores de todos os caracteres morfológicos, agrupados pelo método UPGMA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, J.; GUPTA, S. Germination and growth of some saltresistant selections in high salt concentration solutions. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 16, n. 5, p. 15, 1991.

ALSHAMMARY, S. F.; QIAN, Y. L.; WALLNER, S. J. Growth response of four turfgrass species to salinity. **Agriculture Water Management**, California, v. 66, n. 2, p. 97-111, 2004.

AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 167-176, 2002.

ANDRADE, S.R. **Princípios da cultura de tecidos vegetais**. Documentos/EMBRAPA Cerrados, ISSN 1517-5111, n. 58, 2002. 16p.

ASLAM, M.; QURESHI, R.H.; AHMED, N. A rapid screening technique for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 150, p. 99-107, 1993.

BARAKAT, M.N.; HARIS, M.K. In vitro selection for salt-tolerant lines in wheat. III. Agronomic evaluation of the progeny under salt stress conditions. **Alexandria Journal of Agricultural Research**, Alexandria, v. 43, p. 21-32, 1998.

BARBOSA NETO, J.F.; BERED, F. Marcadores moleculares e diversidade genética no melhoramento de plantas. In: **Marcadores moleculares em plantas**. Porto Alegre, p. 29-41, 1998. 141p.

BASTOS, E.A.; RODRIGUES, B.H.N.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; CARDOSO, M.J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.

BEZERRA, I.L.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D.; SANTOS, F.J.S.; GURGEL, M.T.; NOBRE, R.G. Germinação, formação de porta enxerto e enxertia de cajueiro anão-precoce, sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 420-424, 2002.

BONOW, S. **Caracterização morfológica, isoenzimática e molecular de cultivares de arroz**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BONOW, S.; PINHO, E.V.; JÚNIOR, A.S. Caracterização morfológica de cultivares de arroz visando a certificação da pureza varietal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 619-627, 2007.

BORRÁS, O.; SANTOS, R. M.; MATOS, A. P.; CABRAL, R. S.; ARZOLA, M. A first attempt to use a *Fusarium subglutinans* culture filtrate for the selection of pineapple cultivars resistant to fusariose disease. **Plant Breeding**, Halle, v. 120, n. 1, p. 435-438, 2001.

BOSCHERINI, G.; MULEO, R.; MONTAGNI, G.; CINELLI, F.; PELLEGRINI, M.G.; BERNARDINI, M.; BUIATTI, M. Characterization of salt tolerant plants derived from a *Lycopersicon esculentum* Mill. somaclone. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 155, p. 613-619, 1999.

BRONDANI, C. **Análise de RFLP da tolerância à toxidez do alumínio**. Tese Mestrado. Lavras: ESAL, 1993. 78p

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.; ARAÚJO, E.L; WILLADINO, L.G; CAVALCANTE, U.M. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, v. 1, p. 95-105, 2005. 500 p.

CAMPOS, I.S. **Efeitos de diferentes potenciais osmóticos na germinação e crescimento do arroz**. Dissertação Mestrado. Fortaleza: UFC, 1986. 112p.

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

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

CARVALHO, R.M. **Estudos taxonômicos do gênero *Maytenus* Mol. emend. Mol. (CELASTRACEA) do Brasil extra-amazônico**. Tese (Doutorado). UNICAMP, Campinas-SP, 1992. 253p.

CAVALCANTI, M.L.F.; FERNANDES, P.D.; HANS, R.G.; BARROS, G.J.; SOARES, F.A.L.; SIQUEIRA, E.C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (Suplemento), p. 57-61, 2005.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 86, n. 3, p. 247-260, 2000.

CHARTZOULAKIS, K.S.; LOUPASSARI, M.; BERTAKY, M.; ANDROULAKIS, I. Effect of NaCl on growth, ion content and CO₂ assimilation rate of six olive cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 96, p. 235-247, 2002.

CORNEJO, M.J.; MILLO, E. Organogenesis en cultivos celulares diploides y haploides de arroz. **Comunicaciones Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias**, Madrid, v. 58, 1984. 127p.

CORREIA, K.G.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; GURGEL, M.T.; RODRIGUES, L.N. Crescimento do amendoim irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (Suplemento), p. 81-85, 2005.

CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. SALT tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 21, p. 675-692, 1994.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Editora da UFV, 2003. 285 p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: Editora da UFV, 2003. 585 p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: Editora da UFV, v. 2, 2006. 585 p.

DUNCAN, R.R.; BALIGAR, V.C. Genetics, breeding and physiological mechanisms of nutrient uptake and use efficiency: an overview. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R. (Ed.) **Crops as Enhancers of Nutrient Use**. San Diego: Academic Press, p. 3-35, 1990.

DUNCAN, R.; WASKOM, R.M.; NABORS, M.W. In vitro screening and field evaluation of tissue-culture-regenerated sorghum (*Sorghum bicolor* L.) for soil stress tolerance. **Euphytica**, Wageningen, v. 85, p. 373-380, 1995.

EVANS, D.A.; SHARP, W.R. Applications of somaclonal variation. **Biotechnology**, Valparaiso, v. 4, p. 528-532, 1986.

EVANS, D. A., SHARP, W. R., MEDINA-FILHO, H. P. Somaclonal and gametoclonal variation. **American Journal of Botany**, Columbus, v.71, n.6, p.759-774, 1984.

FAGERIA, N.K. **Adução e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Ed. Campus: EMBRAPA. 1984. 341p.

FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/DPU, EMBRAPA: CNPAF. Documento, 18, 1989. 425p

FERREIRA, M. A.; CALDAS, L.S.; PEREIRA, E.A. Aplicação da cultura de tecidos no melhoramento genético de plantas. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa SPI: Embrapa CNPH, v. 1, p. 21-43, 1998.

FLORES, H.E. Polyamines and plant stress. In: LASCHER, R.G.; CUMMING, J.R. **Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms**. New York, p. 217-239, 1990.

FONSECA, J.R. **Emprego da análise multivariada na caracterização de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Tese Doutorado. Lavras: ESAL, 1993. 123p.

FRANCOIS, L.E.; DONOVANT, T.; MAAS, E.V. Salinity effect on seed yield, Griculth and germination in sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n.5, p. 741-744, 1984.

FREITAS, J.G.; CAMARGO, C.E.O. Arroz e trigo: tolerância à salinidade em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 47, p. 125-135, 1988.

FREITAS, R.S.; Filho, J.A.; Filho, E.R.M. Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento de plantas de meloeiro. **Revista Verde**, (Mossoró – RN – Brasil), v. 1, n. 2, p. 113-121, 2006.

GALE, M.D.; DEVOS, K.M. Plant comparative genetics after 10 years. **Science**, Washington, v. 282, n. 5389, p. 656-659, 1998.

GHEYI, H.R.; CORREIA, K.G.; FERNANDES, P.D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOGUEIRA, R.J.; ARAÚJO, E.L; WILLADINO, L.G; CAVALCANTE, U.M. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, v. 1, p. 118-126, 2005. 500

GUERRA, H.O.C. **Relações solo-água-plantas**. Campina Grande: UFPB, 1976. 136p.

GONÇALVES, A. S. **Salinização do canal São Gonçalo – anos 1979/1980**. Relatório Técnico. Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul – Departamento da Lagoa Mirim, 1980. 34 p.

GOUIA, H.; GHORBAL, M. H.; TOURAINE, B. Effects of NaCl on flows of N and mineral ions and on NO₃ reduction rate within whole plants salt sensitive bean and salt tolerant cotton. **Plant Physiology**, Rockville, v. 105, s. n., p. 1.409 – 1.418, 1994.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, p. 127-157, 1999.

GURGEL, M. T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F.J.S.; BEZERRA, I.L. Uso de águas salinas na produção de mudas enxertadas de aceroleira. **Caatinga**, (Mossoró, Brasil), v. 20, n. 2, p.16-23, 2007.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soil**. University of California College of Agriculture, Berkeley, Circular 347. 1938.

HSIAO, T.C.; XU, L. Sensitive of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 1595-1616, 2000.

IZZO, R.; SCAGNOZZI, A.; BELLIGNO, A.; NAVARIIZZO, F. Influence of NaCl treatment on Ca, K and Na interrelations in maize shoots. In: FRAGOSO, M.A.C.; BEUSICHEM, M.L. (Ed.) **Optimization of plant nutrition**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 577-582, 1993.

JAYASANKAR, S.; LITZ, R. E. Characterization of embryogenic mango cultures selected for resistance to *Colletotrichum gloeosporioides* culture filtrate and phytotoxin. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 96, n .6-7, p. 823-831, 1998.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Influência do cálcio sobre o crescimento e soluto em plantas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 289-295, 2004.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LIMA, M. da G. de S.; **Sensibilidade de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) ao estresse salino**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas, 2002, 52 p.

LIMA, C.J.G.S.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, M.K.T.; Júnior, A.B.A. Resposta do feijão caupi à salinidade da água de irrigação. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil), v. 2, n. 2, p. 79–86, 2007.

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

LIMA, G.P.P., FERNANDES, A.A.H., CATANEO, A.C. Alterações na atividade da peroxidase e do conteúdo de carboidratos em mandioca cultivada in vitro sob estresse salino. **Scientia Agricola** , Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 413-417, 1998.

LIPP, K. **Regeneração de calos de arroz selecionados para resistência ao NaCl**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.

LIU, T.; STADEN, J. Selection and characterization of sodium chloride-tolerant callus of *Glycine max* (L.) Merr. cv. Acme. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 31, p.195-207, 2000.

LIUA, P.; BAOB, W. Cell types in the wild type of rice (*Oryza sativa* L.) as revealed by screening for salt tolerant lines with selection pressure. **Plant Science**, Limerick, v. 131, p. 195-202, 1998.

LUTTS, S. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivar dilheing in salinity resistance. **Plant growth regulation**, Springer-Verlag New York, v. 19, p. 207-218, 1996.

LUTTS, S.; KINET, J.M.; BOUHARMONT, J. NaCl impact on somaclonal variation exhibited by tissue culture-derived fertile plants of rice (*Oryza sativa* L.) **Journal of Plant Physiology**, Rockville, v. 152. p. 92-103, 1998.

MAAS, E.V.; FRANCOIS, L.E.; DONOVANT, T.; YOUNJS, V.L. Effect salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-awart and ourum wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 1, p. 145-152, 1986.

MACEDO, V.R.M.; MARCOLIN, E.; ANGHINONI, I.; JUNIOR, S.A.G.; VEZZANI, F.M. Salinidade na cultura do arroz no Rio Grande do Sul. **IRGA**, 2006.

MACEDO, C.E.C.; BARROSO, P.A.V.; MOURA, G.E.D.D.; ALLOUFA, M.A.I. Efeito do NaCl sobre o crescimento e a multiplicação *in vitro* de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 2, p. 194-197, Agosto 2005.
MACHADO, A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Programa estatístico WinStat Sistema de Análise Estatístico para Windows**. Versão 2.0. Pelotas: UFPel, 2002.

MACHADO, C.F.; NUNES, G.H.S.; FERREIRA, D.F.; SANTOS, J.B. Divergência genética entre genótipos de feijoeiro a partir de técnicas multivariadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p.251-258, 2002.

MACHADO, R.L.T.; TURATTI, A.L.; MACHADO, A.L.T.; ALONÇO, A.S.; REIS, A.V. Estudo de parâmetros físicos em solo de várzea, antes e após escarificação. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n.3, p. 175-178, 1996.

MALONE, G.; ZIMMER, P.J.; MENEGHELLO, G.E.; CASTRO, M.A.; PESKE, S.T. Expressão diferencial de isoenzimas durante o processo de germinação de sementes de arroz em grandes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, vol. 29, n. 1, p. 61-67, 2007.

MALUF, W.R. Perspectivas da aplicação da biologia molecular no melhoramento de plantas: o uso dos RFLPs. In: TORRES, A.C. & CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: Embrapa-CNPq, 1990. p. 381-389.

MARINHO, F. J. L.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. Desenvolvimento de mudas de abacaxizeiro, cv. Smooth Cayenne, sob diferentes condições de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 1-5, 1998.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINS, A. F.; ZIMMER, P.D.; OLIVEIRA, A.C. de; et al. Variabilidade para caracteres morfológicos em mutantes de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1215-1223, 2005.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. Manejo do sistema solo-água-plantas em solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Ed.). **Manejo e controle da salinidade da agricultura irrigada**, Campina Grande: UFPB, SBEA, p. 239-284, 1997.

MELONI, D. A.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; MARTINEZ, C. A. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 3, p. 599-612, 2001.

MIKLAS, P.; KELLY, J. Identifying bean DNA polymorphisms using the polymerase chain reaction. In: REPORT OF THE BEAN IMPROVEMENT COOPERATIVE, 35. **Anais**. Fort Collins, p. 21-22, 1992.

MILACH, S. C. K. Uso de Marcadores moleculares na caracterização de cultivares. In: BORÉM, A. et al. (Eds.). **Biossegurança, proteção de cultivares, acesso aos recursos genéticos e propriedade industrial na agropecuária**. Viçosa: UFV, 1998. 182 p.

MITTOVA, V.; TAL, M.; VOLOKITA, M.; GUY, M. Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species but not in the cultivated species. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 115, n. 3, p. 393-400, 2002.

MORALES, M.A.; OLMOS, E.; TORRECILLAS, A.; ALARCON, J.J. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium* sp. grown in conditions of saline stress. **Flora**, Jena, v.196, n. 5, p. 345-352, 2001.

MOTERLE, L.M.; LOPES, P.C.; LUCCA, A. de; SCAPIM, C.A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 3, p.169-176, 2006.

MOURA, W.M.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 217-224, 1999.

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

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473-497, 1962.

MUSCOLO, A.; PANUCCIO, M. R.; SIDARI, M. Effects of salinity on growth, carbohydrate metabolism and nutritive properties of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hoscht). **Plant Science**, Limerick, v. 164, p.1.103 – 1.110, 2003.

NOBRE, R.G.; FERNANDES, P.D.; HANS, R.G.; SANTOS, F.J.S.; BEZERRA, I.L.; GURGE, M.T. Germinação e formação de mudas enxertadas de gravioleira sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1365-1371, 2003.

NÓBREGA, R. S. A.; MOTTA, J.S.; LACERDA, A. M.; MOREIRA, F. M. S. Tolerância de bactérias diazotróficas simbióticas à salinidade *in vitro*. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 899-905, 2004.

OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, M.K.T.; LIMA, C.J.G.S.; GALVÃO, D.C. Desenvolvimento inicial do milho-pipoca 'Jade' irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, Mossoró, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2007.

OLIVEIRA, M. K. T.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; GUIMARÃES, I. P. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis*). **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, Mossoró, v. 1. n. 1, p.68-74, 2006.

PENNISI, E. Stealth genome rocks rice researchers. **Science**, Washington, v. 288, n. 5464, p. 239-241, 2000.

PEREIRA, A.V. **Utilização de análise multivariada na caracterização de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Krantz)**. Tese Doutorado. Piracicaba: ESALQ, 1989. 180p.

PREDIERI, S. Mutation induction and tissue culture in improving fruits. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Amsterdam, v.64, n.2-3, p.185-210, 2001.

RADOMSKA, Z.B. Morphological relationships among 15 species of *Trifolium* occurring in Poland. **Genetic Resource and Crop Evolution**, New York, v. 47, p. 267-272, 2000.

RAINS, D. W. Metabolic energy cost for plant cells exposed to salinity. **California Agriculture**, Oakland, p.22, October, 1984.

RAMOLIYA, P. J.; PANDEY, A. N. Effect of increasing salt concentration on emergence, growth and survival of seedlings of *Salvadora oleoides*. **Journal of Arid Environments**, London, v. 51, n. 1, p. 121-132, 2002.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para a produção agrícola**. In: GHEYI, H.R.; SOUSA, J.R.; QUEIROZ, J.E. Estudos FAO de irrigação e drenagem. Campina Grande: UFPB, p. 40-48, 2000. 117p.

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

RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P.D.; HANS R.G.; VIANA, S. B. Germinação e formação de mudas de arroz irrigado sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 397-403, 2002.

RODRIGUES, L.N.; FERNANDES, P. D.; HANS, R. G.; APARECIDA, R.N.; CORREIA, K.G. Produção de arroz em condições de salinidade a partir de mudas formadas com e sem estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 95-100, 2005.

ROHLF, F.J. **Numerical taxonomy and multivariate analysis system**. Port Jefferson: Applied Biostatistics, 2000. 38p.

ROMERO-ARANDA, R.; SORIA, T.; CUARTERO, J. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. **Plant Science**, Limerick, v. 160, p. 265 – 272, 2001.

SAFARNEJAD, A.; COLLIN, H.A.; BRUCE, K.D.; MCNEILLY, T.; TIGERSTEDT, P.M.A. Characterization of alfalfa (*Medicago sativa* L.) following *in vitro* selection for salt tolerance. **Euphytica**, Wageningen, v. 92, p. 55-61, 1996.

SALIM, M. Salinity stress and varietal resistance in rice: effects on white backed plant hopper. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 654-659, 1990.

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; ANDRADE, M.J.B.; SILVA, E.L. Desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. ESAL 686) sob irrigação com água salina. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 1, p. 29-36, 2003.

SANTOS, J.W.; MOREIRA, J.A.N.; BELTRÃO, N.E.M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p.225-230, 1998.

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

SASILAKA, D.P.P.; PRASAD, P.V.D. Salinity effects on *in vitro* performance of some cultivars of potato. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Viçosa, v. 1, p. 1-6, 1994.

SGUAREZI, C.N.; PESKE, S.T.; BOBROWSKI, V.L.; MOREIRA, H.L.M. Análise da qualidade fisiológica do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.). **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 13, n. 3, p. 75, 2003.

SHANNON, M.C. Genetics of salt tolerance in higher plants. In: JAIWAI, P.K.; SINGH, R.P.; GULATI, A. (ed.). **Strategies for improving salt tolerance in higher plants**. Oxford: BIJ, p.265-289, 1997.

SILVA, J.M. **Germinação e desenvolvimento inicial de porta-enxertos e enxertos de mangueira sob condições de salinidade**. Dissertação de Mestrado. Campina Grande-PB: UFPB, 2002. 85 p.

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

SING, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 36, p. 237-245, 1981 apud SKINNER, D.Z.; BAUCHAN, G.R.; AURICHT, G.; et al. A method for the efficient management and utilization of large germplasm collections, **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1237-1242, 1999.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. The comparasion of dendrograms by objective methods. **Taxonomy**, v. 11, p. 30-40, 1962 apud CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: Editora da UFV, 2003. 585 p.

SOUZA, R.A.; LACERDA, C.F.; AMARO FILHO, J.; HERNANDEZ, F.F.F. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 75-82, 2007.

SULTANA, N.; KEDA, T.; KASHEM, M. A. Effect of seawater on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Photosynthetica**, Prague, v. 40, n. 1, p. 115-119, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Third edition. Suderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2002. 690p.

TATTINI, M.; GUCCI, R.; CORADESC, M.A.; PONZIO, C.; EVERARD, J.D. Growth, gas exchange end ion content in *Olea europaea*, plants during salinity stress and subsequent relief. **Physiologia Plantarum**, Denmark, v. 95, p. 203-210, 2005.

TERZOPOULOS, P.J.; KALTSIKES, P.J.; BEBELI, P.J. Collection, evaluation and classification of Greek populations of faba bean (*Vicia faba* L.). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 50, p.373-381, 2003.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 91, p. 503-527, 2003.

TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa SPI: Embrapa CNPH, v. 1, p. 21-43, 1998.

VEASEY, E.A.; VIEIRA, M.L.C.; BANDEL, G. Tissue e culture in Gramineae, with emphasis on forage grasses. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 43, n.1, p. 36-43, 1991.

VILELA, O.V.; FURLANI, E.J. Cultivares de arroz e idade de mudas para transplântio. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 329-339, 1996.

ZIMMER, P.D.; OLIVEIRA, A.C. DE; CARVALHO, F.F.DE; KOPP, M. M.; FREITAS, F. A.; MATTOS, L.A.T. Dissimilaridade genética em arroz de sequeiro sob encharcamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 201-206, 2003.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST: Sistema de análise estatística para computador**. Registrado na Secretaria Especial de Informática (SEI), sob nº 066-060- categoria A, Pelotas, 1984.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Aspectos fisiológicos do estresses salino em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.; ARAÚJO, E.L; WILLADINO, L.G; CAVALCANTE, U.M. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, v. 1, p. 118-126, 2005. 500

WINICOV, I. Characterization of rice (*Oryza sativa* L.) plants regenerated from salt-tolerant cell lines. **Plant Science**, Amsterdam, v. 113, p. 105-111, 1996.

YAN, X.; TAN, K. Screening rice varieties for SALT tolerance in the greenhouse. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 16, n. 1, p. 16-17, 1991.

YAN, X.; ZHENG, S.; KUANG, Y. Rice genotypes differing in salt tolerance. II. Short-term kinetics of NaCl absorption and translocation in intact plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, p. 2667-2668, 1992.

YEO, A.R. Short-and long-term effects of salinity on leaf growth in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 240, p. 881-889, 1991.

APÊNDICES

Tabela 1A- Análise de variância para as variáveis percentagem de germinação de sementes de 10 genótipos de arroz submetidas a diferentes concentrações de NaCl (mM)

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		1ª Contagem (5º DAS)	2ª Contagem (14º DAS)
Genótipo	9	1,69616	2,84276*
NaCl	3	7,78062*	0,13721
Interação	27	1,47754	0,36301
Resíduo	80	1,60551	0,38357
Média**		3,14	4,96
C.V.(%)		40,23	12,48

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F

(**) Médias transformadas para arco seno da raiz quadrada de (X/100).

Tabela 2A- Análise de variância para as variáveis altura da parte aérea (PA), número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de raiz (MSR) de 10 genótipos de arroz submetidos a diferentes concentrações de NaCl (mM)

Fatores da Variação	G.L.	Quadrados Médios						
		PA	NF	CR	AF	MFPA	MFR	MSR
Genótipo	9	10,48*	0,22*	21,53*	96,37*	0,09*	0,22*	0,02*
NaCl	3	100,95*	1,12*	99,60*	1068,58*	0,99*	1,76*	0,05*
Interação	27	2,00	0,04	2,06	14,69*	0,01*	0,03*	0,0005*
Resíduo	80	1,27	0,04	1,37	4,20	0,004	0,008	0,0009
Média		8,44	2,53**	9,52	13,00	0,43	0,59	0,060
C.V. (%)		13,38	8,57	12,32	15,77	14,81	15,74	15,66

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F

(**) Média transformada para raiz de (X+1).

Tabela 3A- Análise de variância para as variáveis percentagem de germinação de sementes de 10 genótipos de arroz, cultivadas *in vitro* e submetidas a diferentes concentrações de NaCl (mM)

Quadrados Médios			
Fontes de Variação	G.L.	1ª Contagem (5º DAS)	2ª Contagem (14º DAS)
Genótipo	9	2,26699	1,04983
NaCl	2	40,57857*	2,17220
Interação	18	1,00375	0,29239
Resíduo	60	1,27444	0,37632
Média**		4,28	5,19
C.V. (%)		26,36	11,80

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F

(**) Médias transformadas para arco seno da raiz quadrada de (X/100).

Tabela 4A- Análise de variância para as variáveis altura da parte aérea (AP), número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR), número de raiz (NR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR) de 10 genótipos de arroz cultivados *in vitro* e submetidos a diferentes concentrações de NaCl

Quadrados Médios							
Fatores	G.L.	P.A	NF	CR	NR	MFPA	MFR
Genótipo	2	30,67*	0,046*	3,82*	0,22*	0,0008*	0,0008*
Concentrações	9	107,90*	0,180*	30,11*	3,17	0,019*	0,011*
Interação	18	1,44	0,008	1,93*	0,07*	0,0001*	0,0001
Resíduo	60	0,93	0,015	0,64	0,02	0,0002	0,002
Média		7,13	2,12**	6,99	2,36**	0,060	0,040
C.V. (%)		13,56	5,878	11,44	6,83	8,2	11,90

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F

(**) Médias transformadas para raiz de (X+1).