

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ARROZ SUBMETIDAS A ESTRESSE SALINO¹

MARIADA GRAÇA DE SOUZALIMA², NEI FERNANDES LOPES³, DARIO MUNT DE MORAES⁴, CLAUDETE MIRANDA ABREU⁵

RESUMO – O ensaio foi conduzido para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz, cultivares BRS Bojuru e IAS 12-9 Formosa (tolerantes ao sal) e BRS Agrisul e BRS 6 Chuí (sensíveis ao sal) tratadas com NaCl. As sementes foram embebidas em soluções salinas com zero, 25, 50, 75 e 100 mM de NaCl durante uma hora. A viabilidade e o vigor das sementes das cultivares BRS Agrisul e IAS 12-9 Formosa foram reduzidas com o aumento na concentração salina, porém o índice de velocidade de germinação não foi afetado pela salinidade.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, cultivares, cloreto de sódio, vigor.

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF RICE SEEDS SUBMITTED TO SALT STRESS

ABSTRACT - Experiments were conducted to evaluate the physiological quality of the rice seed cultivars BRS Bojuru and IAS 12-9 Formosa (salt tolerant) and BRS Agrisul and BRS 6 Chuí (salt sensitive). Seeds were soaked in salt solutions with zero, 25, 50, 75 and 100 mM NaCl for one hour. The seeds viability and vigour of the cultivars BRS Agrisul and IAS 12-9 Formosa were reduced as the NaCl concentration increased whereas the speed germination index was not affected by salinity.

Index terms: *Oryza sativa*, cultivars, sodium chloride, vigor.

INTRODUÇÃO

A qualidade fisiológica da semente é avaliada por duas características fundamentais, a viabilidade e o vigor (Popinigis, 1977). A viabilidade, determinada pelo teste de germinação, procura avaliar a máxima germinação da semente. Enquanto, o vigor compreende um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, sendo influenciado pelas condições de ambiente e manejo durante as etapas de pré e pós-colheita (Vieira & Carvalho, 1994).

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 (Prisco et al., 1981).

A salinidade influencia significativamente a resposta germinativa da semente. O excesso de sais solúveis provoca uma redução do potencial hídrico do solo, induzindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes. Esta redução do potencial hídrico e os efeitos tóxicos dos sais interferem inicialmente no processo de absorção de água pelas sementes, influenciando na germinação (Cavalcante & Perez, 1995). O alto teor de sais no solo, especialmente de cloreto de sódio (NaCl), pode inibir a germinação, primariamente, em razão do efeito osmótico (Fanti & Perez, 1996). Também, o incremento na concentração salina produz um aumento na porcentagem de plântulas anormais, em virtude da ação tóxica dos sais sobre as sementes (Campos & Assunção, 1990).

¹ Submetido em 09/12/2003. Aceito para publicação em 05/10/2004. Parte da Dissertação de Mestrado em Fisiologia Vegetal, apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, RS. Projeto financiado pela CAPES.

² Eng^o. Agr^o., M.Sc., Bolsista da CAPES, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Cx. Postal 354,

Pelotas, RS, 96010-900, Brasil. e-mail: magali@ufpel.tche.br

³ Eng^o. Agr^o., Ph.D, Prof. Titular, Bolsista do CNPq,

⁴ Eng^o. Agr^o., D.Sc., Prof. Adjunto, e-mail: moraesdm@ufpel.tche.br

⁵ Bióloga, M.Sc., Doutoranda em Agronomia, e-mail: lalmeida@vetorialnet.com.br

Em geral, tanto halófilas como glicófilas respondem de maneira semelhante ao estresse salino, ou seja, a porcentagem e a velocidade de germinação são inversamente proporcionais ao aumento da salinidade, variando apenas o limite máximo de tolerância ao sal (Levitt, 1972).

O vigor de sementes, também, pode ser avaliado por meio da condutividade elétrica. O teste de condutividade elétrica visa avaliar a quantidade de íons presentes na água de embebição e, indiretamente, o vigor das sementes, baseando-se no fato de que o vigor está relacionado à integridade do sistema de membranas celulares (Marcos Filho et al., 1987). Desta maneira, durante o processo de embebição, há liberação de solutos citoplasmáticos em intensidade proporcional ao estado de desorganização das membranas. Assim, as sementes mais deterioradas ou danificadas liberam maiores quantidades de exsudatos. Os testes de vigor têm sido utilizados principalmente para complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação (Krzyzanowski et al., 1999).

A condutividade elétrica é um método rápido e simples para a caracterização do conteúdo do sal na avaliação da capacidade de solos salinos para produção de culturas (Marschner, 1995). Em razão da facilidade e rapidez de determinação, a condutividade elétrica tornou-se procedimento padrão a fim de expressar a concentração total de sais para a classificação e diagnose de águas destinadas à irrigação (Bernardo, 1995). Os testes de vigor têm sido utilizados principalmente para complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação (Krzyzanowski et al., 1999).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz e o crescimento de plântulas submetidas a diferentes concentrações de cloreto de sódio.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Sementes, do Departamento de Botânica, Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas, utilizando-se sementes de arroz das cultivares IAS 12-9 Formosa, BRS Bojurú, BRS Agrisul e BRS 6 Chuí, procedentes da Estação Experimental de Terras Baixas (Embrapa – Clima Temperado).

Para o teste de germinação, as sementes das quatro cultivares foram colocadas durante uma hora em solução de NaCl nas concentrações de zero, 25, 50, 75 e 100 mM. O tempo de permanência das sementes nas soluções foi determinado a partir da curva de embebição. O teste foi realizado conforme especificado pelas Regras para Análise

de Sementes (Brasil, 1992), sendo utilizadas 400 sementes (quatro sub-amostras de 100 sementes) e três repetições, totalizando 1200 sementes por tratamento e 6000 sementes por cultivar. As sementes foram colocadas para germinar em papel germitest em germinador à temperatura de $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$. As avaliações foram feitas aos cinco dias e aos 14 dias, sendo consideradas germinadas as sementes que apresentaram protusão da radícula de 2 mm.

As plântulas caracterizadas como normais foram aquelas que apresentaram um sistema radicular bem formado e um coleóptilo perfeito, com uma folha bem desenvolvida (plúmula) no interior ou emergindo deste. Por outro lado, consideraram-se plântulas anormais aquelas com raízes mal formadas, necrosadas, coleóptilo vazio, com folhas primordiais partidas ou fendidas longitudinalmente, com desenvolvimento anormal ou coleóptilo ausente.

A condutividade elétrica foi medida em condutímetro após três e 24 horas de embebição, em quatro sub-amostras de 25 sementes, que foram deixadas por 1 hora em solução de NaCl nas concentrações de zero, 25, 50, 75 e 100 mM, com três repetições por tratamento. Após as sementes tiveram suas massas aferidas e foram colocadas em béquer contendo 80ml de água destilada e deionizada (mantida a 20°C com antecedência de 24 horas) e levadas à câmara de germinação à temperatura de 20°C . O resultado obtido no condutímetro foi dividido pela massa da amostra, de modo que o resultado final foi expresso em $\text{S m}^{-1}\text{g}^{-1}$.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado conjuntamente com o teste germinação, obedecendo às prescrições, para a espécie testada (Popinigis, 1977). As avaliações foram efetuadas diariamente à mesma hora, por um período de 14 dias, verificando-se as plântulas que apresentaram radícula com 2 mm ou mais de comprimento e altura pré estabelecida de 30mm.

Vinte plântulas por tratamento, em cada repetição, completando um total de 1200 foram utilizadas para determinação da altura da parte aérea e o comprimento do sistema radicular. A seguir, com todas as plântulas, foi determinada a matéria fresca por gravimetria. Logo após, o material vegetal foi colocado em estufa de ventilação forçada à $70 \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante e aferida a matéria seca. O valor das massas fresca e seca foi dividido pelo número de plântulas e o resultado expresso em mg por plântula.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (4 X 5), sendo quatro cultivares, cinco concentrações salinas, com três repetições. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de

Duncan a 1% de probabilidade. Os dados de matéria seca foram ajustados por polinômios ortogonais, empregando a equação que melhor se ajustou aos dados, baseada no teste F de significância a 1% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de germinação de plântulas normais na primeira contagem da germinação, aos cinco dias (Figura 1), mostraram que houve um decréscimo na porcentagem de germinação, somente nas cultivares BRS 6 Chuí na dose de 100 mM e IAS 12-9 Formosa na concentrações de 75 e 100 mM de NaCl. No entanto, houve decréscimo na porcentagem de germinação em todos os cultivares, na contagem final da germinação aos 14 dias, em função do aumento na concentração salina (Figura 2), sugerindo que a salinidade afetou o desenvolvimento de plântulas normais e diminuiu a

viabilidade e o vigor das sementes. Resultado semelhante foi obtido por Pearson et al. (1966), que verificaram uma queda de 50% na germinação de quatorze cultivares de arroz em solução salina, cuja condutividade elétrica estava entre 21,2 e 30,5 mmhos cm^{-1} . Várias espécies, como *Vigna unguiculata* Walp. (Enéas Filho, 1995), *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996) e *Prosopis juliflora* (SW) D.C. (Perez & Moraes, 1994; Freire et al., 2001), exibem decréscimo na porcentagem de germinação à medida que aumenta a concentração de NaCl. Observa-se também que, apesar da menor porcentagem de germinação, a cultivar IAS 12-9 Formosa apresentou maior número de plântulas normais aos quatorze dias comparando-a com as demais cultivares, demonstrando que o sal teve efeito menos severo quanto ao dano das plântulas. A presença em altos níveis de íons em não halófitas pode exercer efeitos adversos na permeabilidade da membrana (Greenway & Munns, 1980), o que possivelmente tenha contribuído para a diminuição da germinação.

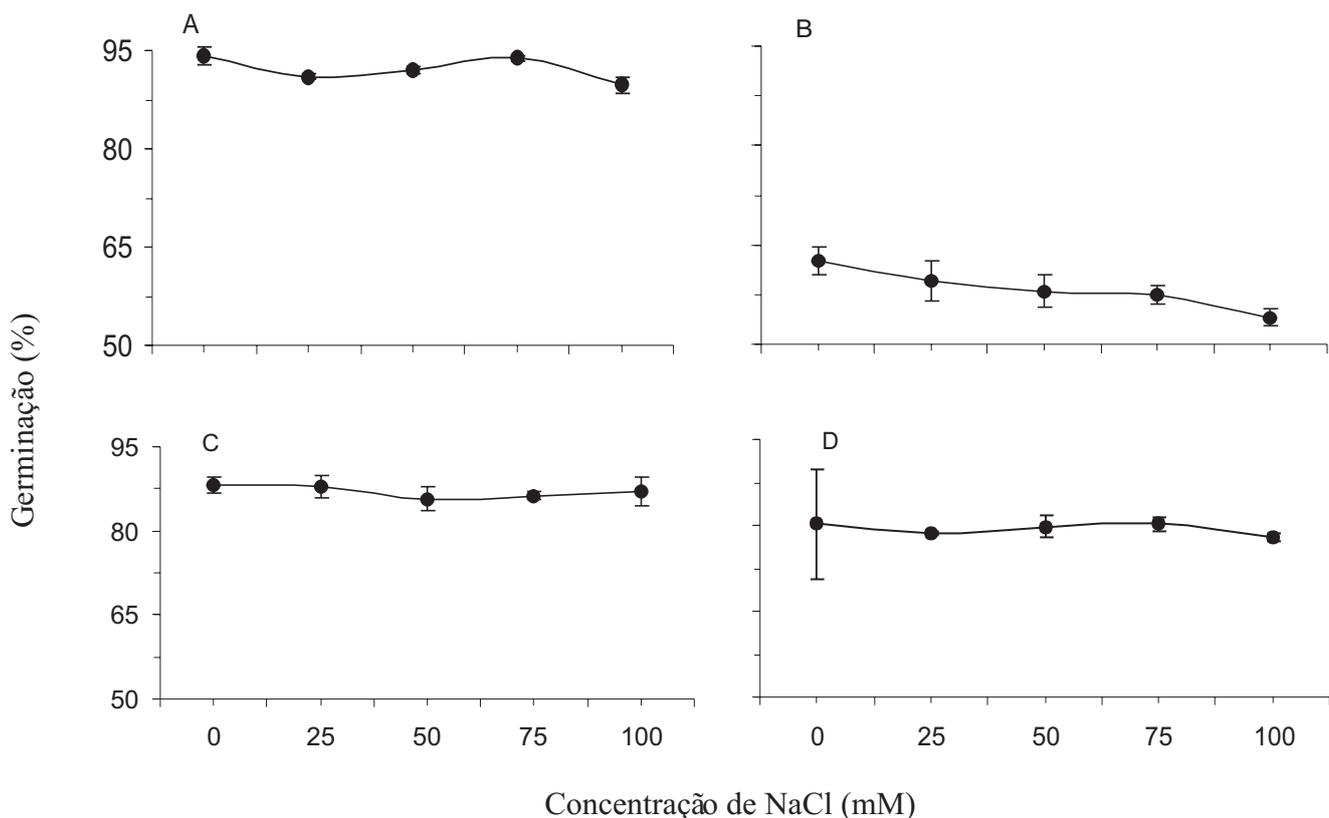


FIGURA 1. Efeito da concentração de NaCl (mM) na primeira contagem da germinação de sementes de quatro cultivares de arroz, BRS 6 Chuí (A), IAS 12-9 Formosa (B), BRS Agrisul (C) e BRS Bojurú (D). As barras representam os desvios padrões da média.

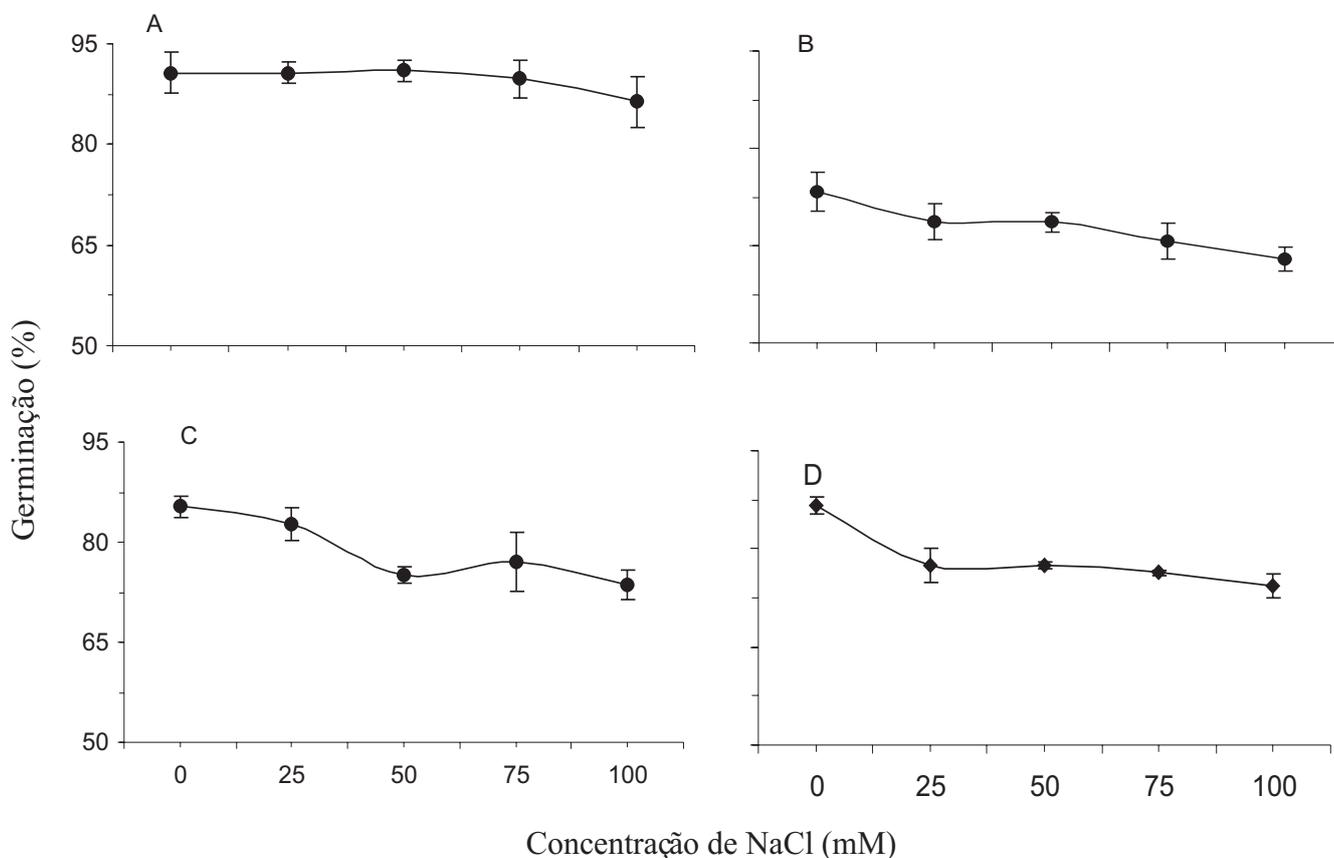


FIGURA 2. Efeito da concentração de NaCl (mM) na germinação de sementes de quatro cultivares de arroz, BRS 6 Chuí (A), IAS 12-9 Formosa (B), BRS Agrisul (C) e BRS Bojurú (D). As barras representam os desvios padrões da média.

A beterraba é altamente tolerante durante a maior parte do ciclo de vida, mas é sensível durante a germinação (Marschner, 1995). Em contraste, a sensibilidade em arroz, tomate, trigo e cevada, geralmente aumenta após a germinação (Maas & Hoffmann, 1977), o que pode explicar as altas taxas de germinação no experimento.

A condutividade elétrica aumentou de forma linear em função do incremento da concentração salina, com altos coeficientes de determinação ($R^2 = 0,97$), porém não apresentando diferenças entre o tempo de incubação (três e 24 horas) e dentre as cultivares, sugerindo que as mesmas tiveram comportamento similar no que diz respeito ao efeito da salinidade no vigor das sementes (Figura 3). O aumento na condutividade elétrica provavelmente demonstra que o sal afetou a organização das membranas, fazendo com que maior quantidade de eletrólitos fosse liberada.

A cultivar BRS Agrisul apresentou maior índice de velocidade de germinação seguida das cultivares BRS 6 Chuí, BRS Bojurú e IAS 12-9 Formosa (Figura 4). No entanto, no IVG essas cultivares permaneceram praticamente constantes com o incremento da salinidade, enquanto a cultivar BRS Agrisul teve um decréscimo na velocidade de germinação com o aumento da concentração salina. Apesar de o índice de velocidade de germinação indicar que quanto mais rapidamente a semente germina, maior é o seu vigor, a queda no IVG da cultivar BRS Agrisul com o aumento da concentração de NaCl, sugere que essa cultivar apresenta sensibilidade ao sal. Experimentos realizados com *Bauhinia forficata* Link (Fanti & Perez, 1996), *Cnidoculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. (Silva et al., 2001) e *Prosopis juliflora* (SW) D.C. (Freire et al., 2001) apresentam resultados similares,

levando a concluir que conforme aumenta a salinidade diminui o índice de velocidade de germinação e, portanto o vigor das sementes.

De modo geral, em substrato salino, o crescimento da parte aérea é mais afetado do que o crescimento das raízes (Teermaat & Munns, 1986). Parece que o fator decisivo é o sinal fitohormonal advindo das raízes (Teermaat & Munns, 1986).

A matéria seca tanto da parte aérea quanto das raízes nos cultivares de arroz em função da concentração salina estão apresentadas na Figura 5. Em todas as cultivares a matéria seca da parte aérea declinou com o incremento da concentração de NaCl. No entanto, houve maior discrepância na matéria seca das raízes em função da salinidade. Desse modo, a matéria seca das raízes das cultivares BRS 6 Chuí e

IAS 12-9 Formosa não foram influenciadas pela concentração salina, ficando praticamente constantes (Figuras 5A e 5B). Enquanto a matéria seca da cultivar BRS Agrisul decresceu linearmente em função do teor de NaCl (Figura 5C) e na cultivar BRS Bojurú houve acentuado e linear incremento na matéria seca das raízes com o aumento da concentração salina (Figura 5D). Estes resultados conduzem a interpretação que na cultivar BRS Agrisul, sensível à salinidade, reduz a matéria seca em ambas as partes, enquanto a cultivar BRS Bojurú, tolerante à salinidade, aloca mais assimilados no sistema radical, de modo a superar problemas de sal. Confirmando o fato, de o estresse localizado em uma parte afeta mais a outra parte, porque a planta envia mais assimilados para o local do estresse, para aumentar o crescimento desse órgão em detrimento da outra parte.

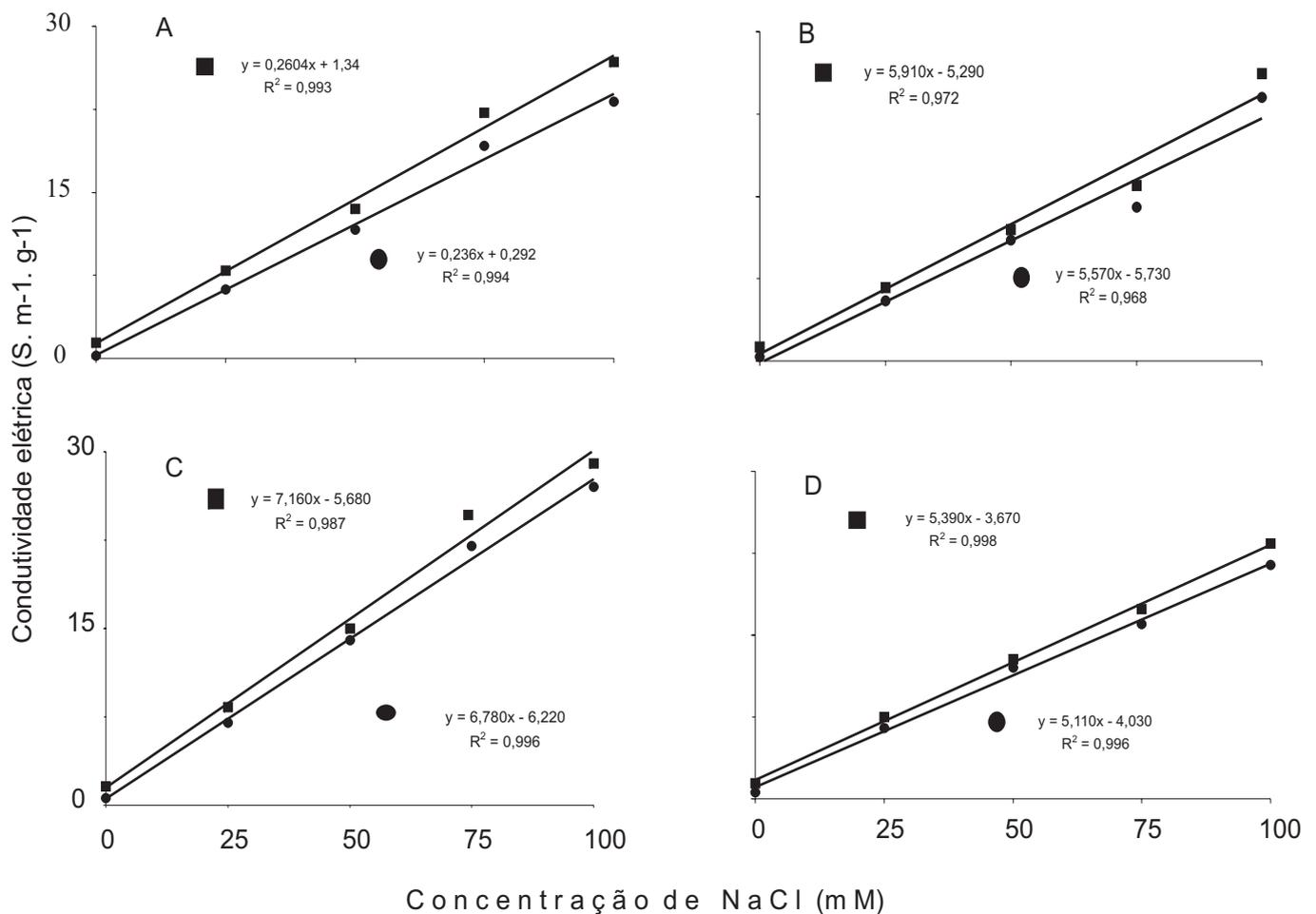


FIGURA 3. Efeito da concentração de NaCl na condutividade elétrica de sementes de quatro cultivares de arroz BRS 6 Chuí (A), IAS 12-9 Formosa (B), BRS Agrisul (C) e BRS Bojurú (D); com três horas (●) e 24 horas (■) de embebição.

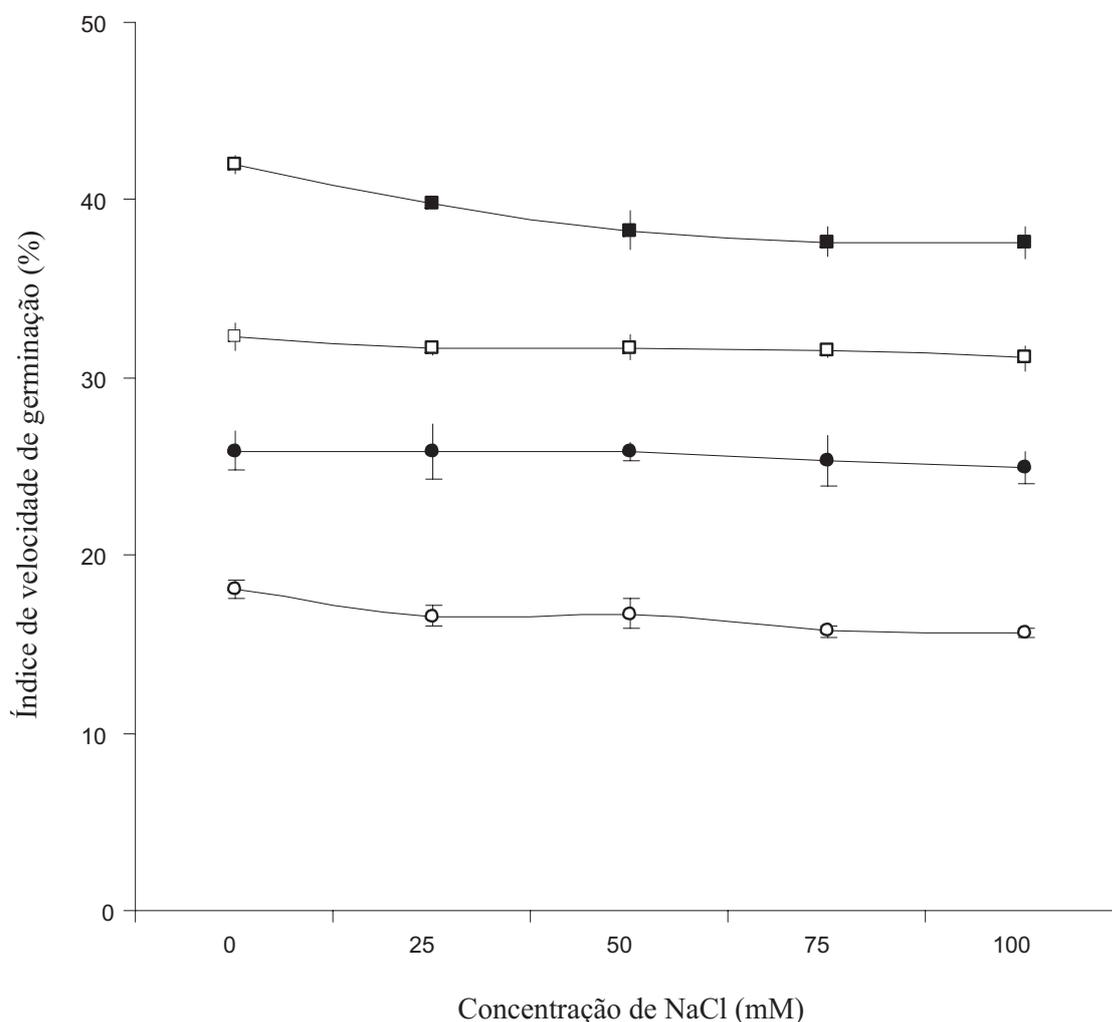


FIGURA 4. Índice de velocidade de germinação nos cultivares de arroz BRS 6 Chuí (□), IAS 12-9 Formosa (◇), BRS Agrisul (■) e BRS Bojurú (●) em diferentes concentrações de NaCl. As barras representam os desvios padrões da média.

O comportamento da cultivar BRS Bojurú sugere que a presença de cloreto de sódio não interferiu na massa das plântulas, pelo menos neste estágio inicial. Demonstrando que esta cultivar possui menor sensibilidade ao sal conforme previamente determinado por Machado & Terres (1997). Normalmente, em plantas sensíveis a salinidade diminui a taxa de emergência e induz a redução nas matérias seca e fresca da parte aérea e do sistema radical (Shannon et al., 1998).

O crescimento da parte aérea das plantas das cultivares BRS 6 Chuí e IAS 12-9 Formosa não diferiu estatisticamente ($P \leq 0,01$) pelo teste de Duncan em relação a concentração

salina. Enquanto, a altura das plantas das cultivares BRS Bojurú e BRS Agrisul foi reduzida pelo NaCl ($P \leq 0,01$), mas não houve diferença significativa no tocante as soluções com sal, entre 25 a 100mM de NaCl (Tabela 1).

O comprimento do sistema radicular (Tabela 1) para as cultivares BRS Agrisul, BRS 6 Chuí e IAS 12-9 Formosa não foi influenciado pela concentração salina ($P \leq 0,01$), entretanto a cultivar BRS Bojurú aumentou o tamanho das raízes com o incremento no teor de NaCl ($P \leq 0,01$). Novamente observa-se a maior tolerância ao sal da cultivar BRS Bojurú em comparação com as demais cultivares.

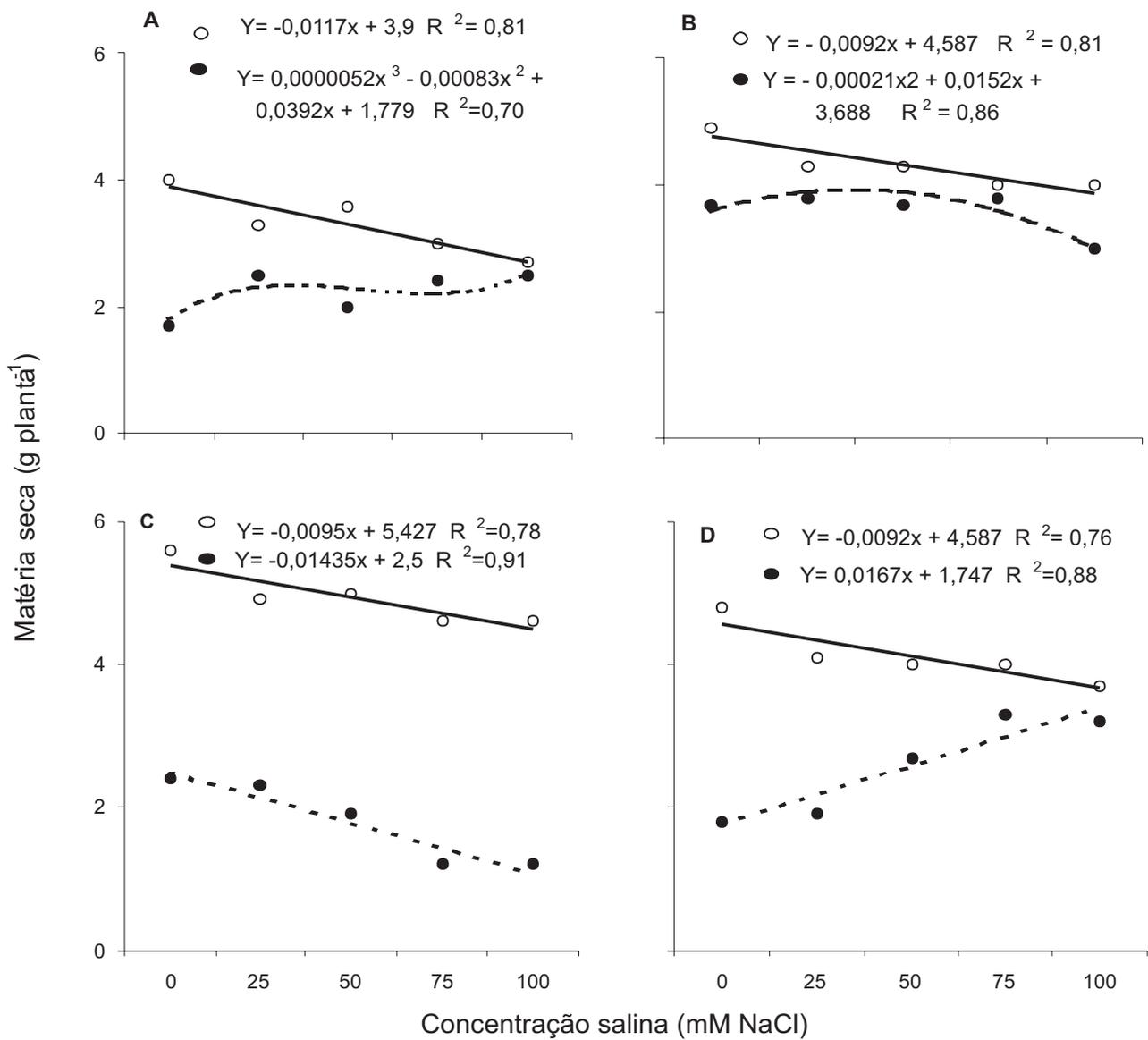


FIGURA 5. Matéria seca da parte aérea (○) e das raízes (●) de plantas de arroz, cultivares BRS 6 Chuí (A), IAS 12-9 Formosa (B), BRS Agrisul (C) e BRS Bojurú (D), aos 14 dias.

TABELA 1. Altura da parte aérea e comprimento do sistema radicular de cultivares de arroz em função das concentrações de NaCl, aos 14 dias.

NaCl (mM)	Parte Aérea (mm planta ⁻¹)				Sistema Radicular (mm planta ⁻¹)			
	Chuí	Bojurú	Formosa	Agrisul	Chuí	Bojurú	Formosa	Agrisul
0	48,4 A	64,1 A	51,7 A	92,8 A	57,8 A	66,7 B	66,7 A	58,1 A
25	53,3 A	57,8 AB	44,6 A	81,0 B	57,7 A	90,1 A	62,8 A	55,2 A
50	52,6 A	47,4 B	44,6 A	75,3 B	53,2 A	84,7 A	71,7 A	53,5 A
75	48,8 A	48,5 B	42,3 A	80,8 B	50,5 A	81,5 AB	68,6 A	57,7 A
100	48,0 A	49,4 B	45,7 A	79,7 B	48,6 A	82,7 A	71,2 A	61,9 A

CONCLUSÕES

A germinação de sementes de arroz, cultivares BRS Agrisul e IAS 12-9 Formosa, decresce com o incremento da salinidade, afetando o desenvolvimento de plântulas normais e reduzindo a viabilidade. Em todas as cultivares de arroz testadas, o vigor das sementes decresce com o aumento na concentração de NaCl do meio.

O IVG não é influenciado pelo teor de NaCl no meio. A relação entre a matéria seca da parte aérea e raízes decresce com aumento na concentração salina. A altura das plantas e o comprimento das raízes são reduzidos pelo incremento da concentração de NaCl.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela concessão de bolsa para o primeiro autor, durante o desenvolvimento da dissertação de mestrado em Fisiologia Vegetal na Universidade Federal de Pelotas.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério de Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6 ed. Viçosa: UFV, 1995. 657p.
- CAMPOS, I.S.; ASSUNÇÃO, M.V. Efeito do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 6, p. 837-843, 1990.
- CAVALCANTE, A.M.B.; PEREZ, S.C.J.G. de A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n. 2, p. 281-289, 1995.
- ENÉAS FILHO, J.; OLIVEIRA NETO, O.B.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E.; MONTEIRO, C. Effects of salinity in vivo and in vitro on cotyledonary galactosidases from *Vigna unguiculata* (L.) Walp. during seed germination and seedling establishment. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.7, n. 2, p. 135-142, 1995.
- FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G. A. Efeitos de estresse hídrico e salino na germinação de *Bauhinia forficata* Link. **Revista Ceres**, Viçosa, v.43, n. 249, p. 654-662, 1996.
- FREIRE, A.L.O.; RODRIGUES, T.J.D.; SOUSA FILHO, G.M. Efeitos da salinidade do substrato na germinação de sementes de algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.) In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 52., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Botânica do Brasil/Universidade Federal da Paraíba, 2001. p. 47.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 31, p.149-190, 1980.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. ABRATES: Londrina, 1999. 218p.
- LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stress**. New York: Academic Press, 1972. 697p.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. **ASCE Journal Irrigation Drainagen Divisuon**, New York, v.103, n. 1, p. 115-134, 1977.
- MACHADO, M.O.; TERRES, A.L.S. Melhoramento do arroz irrigado na EMBRAPA – CPACT. 9. Tolerância de genótipos à salinidade da água de irrigação, do início da diferenciação da panícula à maturidade safras 1995/96 e 1996/97. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 68-71.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- PEARSON, G.A.; AYERS, A.D.; EBERHARD, D.L. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. **Soil Science**, Baltimore, v.102, n. 3, p. 151-156, 1966.
- PEREZ, S.C.J.G. A.; MORAES, J.A.P.V. Estresse salino no processo germinativo de algarobeira e atenuação de seus efeitos pelo uso de reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 389-396, 1994.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.
- PRISCO, J.T.; ENÉAS FILHO, J.R.; GOMES FILHO, E. Effect of NaCl on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp seed. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 63-71, 1981.
- SHANNON, M.C.; RHOADES, J.D.; DRAPER, J.H.; SCARDACI, S.C.; SPYRES, M.D. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in Califórnia. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 2, p. 394-398, 1998.
- SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B.; RODRIGUES, T.J.D. Efeito do estresse salino na germinação de sementes de faveleira (*Cnidoculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm.). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 52., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Botânica do Brasil/Universidade Federal da Paraíba, 2001. p. 47.
- TEERMAAT, A.; MUNNS, R. Use of concentrated macronutrient solutions to separate osmotic from NaCl-specific effects on plant growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 13, n. 4, p. 509-522, 1986.
- VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

