

ISSN 1981-5980

Dezembro, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Clima Temperado  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 102***

versão

**ON LINE**

**Tolerância de Genótipos de Arroz à  
Salinidade da Água de Irrigação na Fase  
Reprodutiva**

*Walkyria Bueno Scivittaro  
Fernanda San Martins Sanes  
Rosa Maria Vargas Castilhos*

Embrapa ClimaTemperado  
Pelotas, RS  
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Clima Temperado**

Endereço: BR 392 Km 78  
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8199  
Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221  
Home page: [www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)  
E-mail: [sac@cpact.embrapa.br](mailto:sac@cpact.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Unidade**

**Presidente:** Ariano Martins de Magalhães Júnior

**Secretária-Executiva:** Joseane Mary Lopes Garcia

**Membros:** José Carlos Leite Reis, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suita de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane Rodrigues Congro Bertoldi e Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

**Suplentes:** Márcia Vizzotto e Beatriz Marti Emygdio

Supervisão editorial:

Revisão de texto:

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica e capa: Bárbara Neves de Britto

Foto da capa: Walkyria Bueno Scivittaro

**1ª edição**

1ª impressão (2009): 30 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Scivittaro, Walkyria Bueno.

Tolerância de genótipos de arroz à salinidade da água de irrigação na fase reprodutiva / *Walkyria Bueno Scivittaro*, *Fernanda San Martins Sanes*, *Rosa Maria Vargas Castilhos*. — Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009.

34 p. — (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 102).

ISSN 1678-2518

Arroz irrigado – Água – Prática de manejo – Estresse – Sal. I. Sanes, Fernanda San Martins. II. *Castilhos*, *Rosa Maria Vargas*. III. Título. IV. Série.

CDD 633.18

---

## Sumário

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Resumo.....                 | 5  |
| Abstract.....               | 7  |
| Introdução.....             | 9  |
| Material e Métodos.....     | 12 |
| Resultados e Discussão..... | 14 |
| Conclusões.....             | 29 |
| Referências.....            | 29 |

## **Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva**

---

Walkyria Bueno Scivittaro<sup>1</sup>

Fernanda San Martins Sanes<sup>2</sup>

Rosa Maria Vargas Castilhos<sup>3</sup>

### **Resumo**

Na região litorânea do Rio Grande do Sul, a irrigação do arroz com água salinizada durante a fase reprodutiva tem causado prejuízos frequentes à produtividade da cultura. Realizou-se um estudo para avaliar a tolerância de genótipos de arroz à salinidade da água de irrigação na fase reprodutiva. O experimento foi realizado em tanques de alvenaria, contendo a camada superficial de um Planossolo Háplico, na Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Os tratamentos compreenderam três níveis de salinidade na água de irrigação aplicada a partir da diferenciação da panícula (água natural; solução 0,25% de NaCl e solução 0,50% de NaCl) e doze genótipos de arroz irrigado ('Avaxi', 'Inov', 'BRS Querência', 'BRS Atalanta', 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10754, CNA 10756, CNA 10757, BRA 1455, BRA 1024 e BRA 1073), sendo dispostos em delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com três repetições. Ao término do ciclo biológico de cada genótipo, o grau de tolerância à salinidade da água de irrigação foi avaliado por diagnose visual, pela produção de matéria seca e pelo teor de

---

<sup>1</sup> Eng. Agrôn., Dra. Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, wbscivit@cpact.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng. Agrôn., MSc. Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da FAEM-UFPel, Pelotas, RS, fernandasanes@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Eng. Agrôn., Dra. Depto. de Solos da FAEM-UFPel, Pelotas, RS, rosamvc@ufpel.edu.br

nutrientes na matéria seca. Com base na avaliação visual de intensidade de sintomas de danos por salinidade, todos os genótipos mostraram-se tolerantes ao nível médio de salinidade na água de irrigação (0,25% de NaCl). No nível alto de salinidade (0,50% de NaCl), os genótipos 'Avaxi', BRA 1024, 'BRS Atalanta', 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10756 e 'Inov' classificaram-se como moderadamente tolerantes e BRA 1073 BRA 1455, 'BRS Querência', CNA 10754 e CNA 10757 como moderadamente suscetíveis. O teor de sódio nos colmos e folhas e nos grãos de arroz aumentou com a concentração de sal na água de irrigação, o contrário ocorrendo para a concentração de magnésio. O aumento da salinidade na água de irrigação aumentou os teores de Na trocável, a porcentagem de saturação por sódio e a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, não influenciando a concentração dos demais cátions trocáveis no solo.

**Termos para Indexação:** *Oryza sativa* L., genótipo, sal, diagnose visual, produtividade.

## **Tolerance of Lowland Rice Genotypes to Salinity in Irrigation Water during the Reproductive Phase**

---

*Walkyria Bueno Scivittaro  
Fernanda San Martins Sanes  
Rosa Maria Vargas Castilhos*

### **Abstract**

The occasional salinization of water sources used to irrigate rice fields in the coastal region of the Rio Grande do Sul state, Brazil, has caused frequent yield losses. A study was developed to evaluate the tolerance of rice genotypes to salinity in irrigation water during the reproductive phase. The experiment was carried out in tanks of masonry, containing the surface layer of a Planossolo Háplico (Albaqualf), in Capão do Leão, RS. The treatments comprised three levels of salinity in irrigation water applied from the panicle differentiation to the maturity (natural water, 0.25% NaCl solution, and 0.50% NaCl solution) and twelve rice genotypes ('Avaxi', 'Inov', 'BRS Querência', 'BRS Atalanta', 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10754, CNA 10756, CNA 10757, BRA 1455, BRA 1024, and BRA 1073). These treatments were arranged in a randomized complete block design split plot with three replications. At the end of the cycle of each genotype, the degree of tolerance to salinity in irrigation water was evaluated by visual diagnosis, dry matter production, and nutrient content in dry matter. Based on visual assessment of intensity of damage symptoms by salinity, all genotypes were tolerant to the average level of salinity in irrigation water (0.25% NaCl). At high salinity level (0.50% NaCl), the genotypes 'Avaxi', BRA 1024, BRS Atalanta', 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10756, and 'Inov' were classified as

moderately tolerant to salinity. BRA 1073, BRA 1455, 'BRS Querência', CNA 10757 and CNA 10754 genotypes were classified as moderately susceptible. The sodium content in the stems and leaves, and grains of rice increased with the salt concentration in irrigation water, the reverse occurring for the concentration of magnesium. Increasing salinity in irrigation water increased the soil concentration of exchangeable sodium, the percentage of sodium saturation and electrical conductivity of saturation extract, but it does not influence the concentration of others soil cations.

**Index terms:** *Oryza sativa* L., genotype, salt, visual diagnosis, yield.

## Introdução

O arroz é um dos cereais mais cultivado e consumido em todos os continentes, destacando-se pela elevada produção e área de cultivo (AZAMBUJA et al., 2004). Na safra 2007/08, cultivaram-se 154,26 milhões de hectares com arroz no mundo, que produziram 425,29 milhões de toneladas, dos quais cerca 75% são oriundos do sistema irrigado por inundação, que apresenta maior potencial de produtividade. O Brasil está entre os principais produtores mundiais do cereal. Com uma produção superior a 12 milhões de toneladas, atingiu a autossuficiência no abastecimento nas últimas safras (SALTO, 2008).

Mais de 60% da produção brasileira de arroz provém das lavouras irrigadas por inundação do solo do Rio Grande do Sul, que abrange 37% da área e detém produtividade média bastante elevada, de 7,15 t ha<sup>-1</sup> (COMPANHIA, 2009). No Estado, as lavouras de arroz estão localizadas em seis regiões distintas quanto ao clima, solo e estrutura fundiária, quais sejam: Fronteira Oeste, Campanha, Depressão Central, Planície Costeira Interna, Planície Costeira Externa e Sul.

Especificamente na região litorânea do Rio Grande do Sul, abrangendo as lavouras de arroz da Planície Costeira, são comuns situações de prejuízos, decorrentes da salinização da água dos mananciais. Isto porquê, no verão, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, coincidindo com a fase reprodutiva do arroz, normalmente ocorre menor precipitação pluviométrica, baixando o nível dos rios e lagoas que abastecem as lavouras e, em consequência, tais mananciais passam a receber direta ou indiretamente água salgada do oceano Atlântico, o que, na prática, reflete-se em redução na produtividade do arroz, conforme observações da pesquisa e de produtores locais.



10 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

A salinidade é um dos critérios determinantes da qualidade da água de irrigação, sendo estabelecida pela presença de concentrações excessivas de sais solúveis (GOMES et al., 2004), que afetam o crescimento das plantas. O efeito depressivo proporcionado pela salinidade aumenta com a concentração de sais (FAGERIA, 1985), existindo, porém, um nível mínimo a partir do qual ocorre supressão no crescimento das plantas, o qual varia entre espécies. Para o arroz, por longo período, aceitou-se que esse limiar era próximo a  $3 \text{ dS m}^{-1}$  (MASS e HOFFMAN, 1977). Porém, estudos mais recentes sustentaram a revisão desse valor para cultivares modernas, que foi reduzido a  $1,9 \text{ dS m}^{-1}$  (GRATTAN et al., 2002).

O estresse salino em plantas de arroz pode ocorrer tanto pela presença de sais em excesso no solo, quanto por sua introdução ao sistema de cultivo, via água de irrigação. Em ambas as situações, a quantidade elevada de sais afeta o crescimento e a produtividade da cultura (FAGERIA et al., 1981; GRATTAN et al., 2002), pelo aumento da pressão osmótica da solução do solo, pela acumulação de íons em excesso no tecido vegetal, que podem ser tóxicos ou causar deficiência de outros nutrientes, ou ainda, pela alteração da condição nutricional da planta, quanto à exigência e habilidade de absorção de nutrientes (FAGERIA, 1985; BERNSTEIN, 1961; MAAS e HOFFMAN, 1977).

Os sais solúveis que contribuem efetivamente para a salinidade consistem de proporções variadas dos cátions cálcio, magnésio e sódio e dos ânions cloreto, sulfato, bicarbonato e, algumas vezes, também carbonatos (ALLISON, 1964). Porém, em áreas salinizadas por influência marinha, os sais predominantes são os cloretos (FAO-UNESCO, 1973). Machado et al. (1997; 1999) reportaram que, em determinados anos, a água que chega às lavouras de arroz da Planície Costeira do Rio Grande do Sul apresenta teores de cloreto variando entre 0,2% e 0,5%, condição que a classifica como água com grau de restrição ao uso alto a severo, segundo o Comitê de Consultores da Universidade da Califórnia (PIZARRO, 1985).

A intensidade com que o estresse salino influencia o crescimento e a produtividade do arroz é determinada por fatores associado à própria planta, ao solo e à água de irrigação, às práticas de manejo e às condições ambientais, destacando-se a cultivar, estágio de desenvolvimento da planta, intensidade e duração do estresse salino, fertilidade do solo, sistema de implantação da cultura, manejo da água de irrigação, temperatura, umidade e poluição do ar (MAAS e HOFFMAN, 1977; PONNAMPERUMA, 1977; CRAMER et al., 1994 e RHOADS et al., 2000).

Levando-se em consideração a interação entre tais fatores, uma cultivar pode manifestar tolerância à salinidade, sobrevivendo e, às vezes, até crescendo, mesmo que em taxas menores, ou pode mostrar-se suscetível, apresentando redução severa no crescimento ou morte (CAMBRAIA, 2005; FAGERIA, 1991).

Os genótipos de arroz diferem amplamente quanto à tolerância à salinidade (PONNAMPERUMA, 1977; YOSHIDA, 1981; FAGERIA, 1985; MELO et al., 2006), embora o nível de tolerância não seja muito alto, particularmente nas cultivares mais modernas (GRATTAN et al., 2002). Este varia, ainda, com o estágio de desenvolvimento da planta. De forma geral, as plantas são tolerantes durante a germinação e muito sensíveis na fase de plântula; após, o grau de tolerância aumenta progressivamente, até a diferenciação da panícula, voltando a decrescer na floração (YOSHIDA, 1981). Na fase de germinação, estudos nacionais mais recentes, com as cultivares IRGA 422 CI, IRGA 417 e BRS Querência, revelaram, porém, decréscimo importante na germinação em resposta ao incremento da salinidade (SIMIONI et al., 2007, ZENZEN, et al. 2007 e OLIVEIRA et al. 2007).

Em estudo realizado no Brasil Central com plantas de arroz no início da fase vegetativa, Fageria (1981) constatou, entre 162 cultivares/linhagens testadas, que 11 % foram tolerantes à salinidade; 11 % moderadamente tolerantes e 17 % moderadamente sensíveis, classificando as demais como sensíveis. Posteriormente, pesquisas realizadas por Machado e colaboradores na região Sul do País (MACHADO e TERRES, 1993; 1995; MACHADO et al., 1987; 1988; 1989; 1991; 1997 e 1999) mostraram, entre várias centenas de genótipos de arroz avaliados, incluindo-se todas as cultivares utilizadas à época nas lavouras do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, que praticamente não existiam materiais tolerantes ao que consideravam nível crítico de salinidade no solo (8-10 dS m<sup>-1</sup> a 25°C no extrato de saturação ou 1500 mg kg<sup>-1</sup> de NaCl), sendo restrito o número de genótipos tolerante em nível médio de salinidade (4-5 dS m<sup>-1</sup> a 25°C no extrato de saturação ou 720 mg kg<sup>-1</sup> de NaCl). Tais estudos mostraram, ainda, menor suscetibilidade dos genótipos de arroz à salinidade no solo na fase compreendida entre o perfilhamento e a floração; após esta última, até a maturação, o grau de tolerância dos genótipos diminui bastante, sendo expressa pelo aumento acentuado na esterilidade de espiguetas, com conseqüente redução na produtividade de grãos.

## 12 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

Com relação ao efeito específico da salinidade na água de irrigação para o arroz, resultados de uma série de trabalhos concluídos no final da década de 90 na região Sul do Brasil, demonstraram que a tolerância de ampla gama de cultivares/linhagens testadas não ultrapassou  $2,5 \text{ g L}^{-1}$  de cloreto de sódio (Machado et al., 1993; 1997; 1999; Machado e Terres, 1995; Gomes et al., 2004). Desde então, várias cultivares de arroz irrigado foram lançadas e muitas linhagens incorporadas aos programas de melhoramento genético de instituições públicas e privadas locais, desconhecendo-se sua reação à salinidade da água de irrigação.

Pelo exposto, e considerando-se que a identificação de genótipos tolerantes à salinidade constitui-se no método mais simples e menos oneroso para solucionar o problema, conduziu-se o presente trabalho, que teve por objetivo a avaliação de 12 genótipos de arroz irrigado quanto à tolerância à salinidade da água irrigação na fase reprodutiva.

### Material e Métodos

O experimento foi realizado em área experimental localizada no município de Capão do Leão, RS, no período de dezembro de 2007 a abril de 2008. Utilizaram-se tanques de alvenaria dispostos ao ar livre, medindo 2,10 m de comprimento por 1,35 m de largura e 40 cm de profundidade, preenchidos com 25 cm de terra da camada arável (0 a 20 cm) de um Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2006), com as seguintes características químicas:  $\text{pH}_{(\text{água})}$ : 4,6;  $22 \text{ g dm}^{-3}$  de M.O.;  $5,3 \text{ mg dm}^{-3}$  de P;  $54 \text{ mg dm}^{-3}$  de K;  $9 \text{ mg dm}^{-3}$  de Na;  $1,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Al;  $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Ca;  $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg, CTC de  $8,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e saturação por bases de 52%. Os teores de matéria orgânica, fósforo e potássio são interpretados, respectivamente, como baixo, médio e médio, conforme SOCIEDADE (2004).

Antecedendo à implantação do experimento, procedeu-se à correção da acidez do solo para pH 5,5 (SOCIEDADE, 2007) e a adubação em pré-semeadura do arroz, com a aplicação de fontes de fósforo e potássio, respectivamente superfosfato triplo e cloreto de potássio, em doses correspondentes a  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ .

Nos tanques, foram demarcadas 12 linhas de 1,35 m de comprimento, espaçadas entre si em 17,5 cm. Em cada tanque foram semeados seis genótipos de arroz irrigado (duas linhas por genótipo), de forma que cada parcela experimental foi composta por dois tanques adjacentes. A

separação de genótipos entre os tanques foi feita de acordo com a duração média de seu ciclo biológico, agrupando-se os genótipos de ciclo muito precoce e precoce em um tanque e os de ciclo médio, em outro (Tabela 1).

| Genótipo        | Duração do ciclo, dias | Ciclo <sup>1</sup> |
|-----------------|------------------------|--------------------|
| 'Avaxi'         | 119                    | Precoce            |
| 'Inov'          | 117                    | Precoce            |
| 'BRS Atalanta'  | 99                     | Muito Precoce      |
| 'BRS Bojuru'    | 135                    | Médio              |
| 'BRS Fronteira' | 124                    | Médio              |
| 'BRS Querência' | 109                    | Precoce            |
| BRA 1024        | 123                    | Médio              |
| BRA1073         | 118                    | Precoce            |
| BRA 1455        | 123                    | Médio              |
| CNA 10754       | 124                    | Médio              |
| CNA 10756       | 125                    | Médio              |
| CNA 10757       | 120                    | Precoce            |

<sup>1</sup>Classificação dos genótipos de arroz irrigado quanto à duração do ciclo biológico (SOCIEDADE, 2007).

No início do perfilhamento das plantas de arroz (estádio V4-V5, segundo a escala de COUNCE et al. (2000)), realizou-se a primeira aplicação de nitrogênio em cobertura, em dose correspondente a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, como uréia. Imediatamente após, iniciou-se a irrigação do arroz por inundação contínua, com água natural, mantendo-se uma lâmina de água de cerca de 10 cm de espessura. Uma segunda aplicação de nitrogênio em cobertura, utilizando a mesma fonte e dose de N, foi realizada no início da fase reprodutiva (diferenciação da panícula – estágio R1) sobre a lâmina de água. A partir deste estágio e estendendo-se até a maturidade das plantas, aplicaram-se três tratamentos de salinidade na água de irrigação: água natural; solução 0,25% de cloreto de sódio (NaCl) e solução 0,50% de NaCl. Para atingir os níveis de sal previstos pelos tratamentos, a água natural foi tratada com cloreto de sódio comercial.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente ao acaso em parcelas subdivididas com três repetições, sendo as concentrações de sal na água de irrigação dispostas nas parcelas e os genótipos de arroz, nas subparcelas.

Semanalmente, a partir da aplicação dos tratamentos de sal na água de irrigação, determinaram-se o grau de tolerância dos genótipos de arroz à salinidade, considerando-se o percentual de folhas descoloridas e/ou mortas, conforme escala visual proposta por PONNAMPERUMA (1977), e

14 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

a condutividade elétrica da água constituinte da lâmina de irrigação do arroz (TEDESCO et al., 1995).

A avaliação final do experimento e colheita do arroz foram realizadas de forma escalonada, à medida que os genótipos de arroz atingiram a maturidade. Avaliaram-se o número de perfilhos e de panículas, a produção de matéria seca dos colmos e folhas, grãos e da parte aérea e os teores de sódio (Na) e de potássio (K) nos colmos e folhas e nos grãos de arroz. Adicionalmente, determinaram-se as concentrações de fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos colmos e folhas. Para a análise química de tecido vegetal, seguiram-se métodos descritos em Tedesco et al. (1995) modificados (na digestão, suprimiu-se o uso de mistura digestora pelo fato desta conter sódio). Após o cultivo do arroz, procedeu-se à amostragem do solo dos tanques para a determinação do  $pH_{(água)}$ ,  $pH_{(SMP)}$ , condutividade elétrica (CE),  $CTC_{(pH\ 7,0)}$ , porcentagem de saturação por sódio no complexo de troca (PST), teores dos cátions trocáveis (Na, K, Ca e Mg) e acidez total (H + Al) (TEDESCO et al., 1985).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias dos fatores salinidade na água de irrigação e genótipo de arroz pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

## Resultados e Discussão

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de condutividade elétrica da água constituinte da lâmina de irrigação das parcelas experimentais cultivadas com arroz, em três épocas durante a fase reprodutiva da cultura. Nota-se, para o tratamento com utilização de menor concentração de sal (0,25% NaCl), estabilidade nos valores de condutividade elétrica ao longo de todo o período de avaliação. Por sua vez, no tratamento com utilização de solução 0,50% de NaCl, os valores decresceram acentuadamente ao longo do período de avaliação, provavelmente em decorrência da diluição proporcionada pelas chuvas que ocorreram durante o período de avaliação. No caso do tratamento com utilização da menor concentração de sal, isso não se verificou devido à maior frequência de reposição de água às parcelas, em razão do maior crescimento e, portanto, maior demanda evapotranspiratória das plantas de arroz.

**Tabela 2.** Condutividade elétrica da água constituinte da lâmina de irrigação de parcelas cultivadas com arroz, em três épocas de avaliação<sup>1</sup>. Capão do Leão, 2008.

| Tratamento                     | Época 1                        | Época 2 | Época 3 |
|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|
|                                | ----- dS m <sup>-1</sup> ----- |         |         |
| Água de irrigação <sup>2</sup> | 0,30                           | 0,28    | 0,37    |
| Solução 0,25% NaCl             | 5,82                           | 5,62    | 5,47    |
| Solução 0,50% NaCl             | 11,41                          | 9,55    | 6,64    |

<sup>1</sup>Épocas de avaliação 1, 2 e 3: correspondentes, respectivamente, a uma, três e oito semanas após o início da aplicação dos tratamentos com sal no início da fase reprodutiva. <sup>2</sup>Água utilizada na irrigação do arroz (tratamento testemunha) e no preparo das soluções salinas dos demais tratamentos.

Ambos os tratamentos de salinidade proporcionaram valores de condutividade elétrica considerados restritivos ao crescimento e à produtividade do arroz (Tabela 2), de acordo com a classificação internacional proposta por Mass e Hoffman (1977), de 3,0 dS m<sup>-1</sup>, e revisada por Grattan et al. (2002), passando para 1,9 dS m<sup>-1</sup>. Apesar disso, todos os genótipos testados mostraram-se tolerantes à salinidade quando submetidos ao nível médio de salinidade (0,25% NaCl), durante todo o período de avaliação. Porém, sob o mais alto nível de salinidade (0,50% NaCl), os genótipos classificaram-se em medianamente tolerantes e medianamente suscetíveis (Tabela 3).

Sob o menor nível de salinidade (0,25% de NaCl), alguns genótipos apresentaram sintomas visuais brandos de toxidez por sal (nota 3), a partir da primeira semana após a aplicação dos tratamentos, os quais assim se mantiveram até a maturação de grãos; outros genótipos mostraram sintomas mais tardiamente, a partir da terceira semana após a aplicação do tratamento com sal ou, ainda, apenas ao final do período de avaliação, coincidindo com a maturidade das plantas.

A cultivar BRS Bojuru e a linhagem CNA 10756, por sua vez, não manifestaram sintomas visuais de toxidez por sal sob esse nível de salinidade. A primeira é considerada material de referência com relação à tolerância à salinidade do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado da Embrapa; já o resultado obtido para a linhagem CNA 10756 é bastante favorável e promissor, visto que esta ainda não havia sido avaliada para este fator. A tolerância à salinidade desses dois genótipos não se confirmou no nível mais elevado de sal (0,5%), o que, segundo Fageria (1991), é um comportamento possível, visto que genótipos tolerantes sob níveis menores de sal podem não o ser, sob os níveis maiores, razão pela

16 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

qual se recomenda que as avaliações para salinidade contemplem pelo menos três níveis de sal (baixo, médio e alto). Machado et al. (1997; 1999) já haviam reportado que a tolerância de materiais testados de arroz irrigado normalmente se restringe ao nível médio de salinidade (0,25% de NaCl), não se manifestando em concentrações mais elevadas de sal.

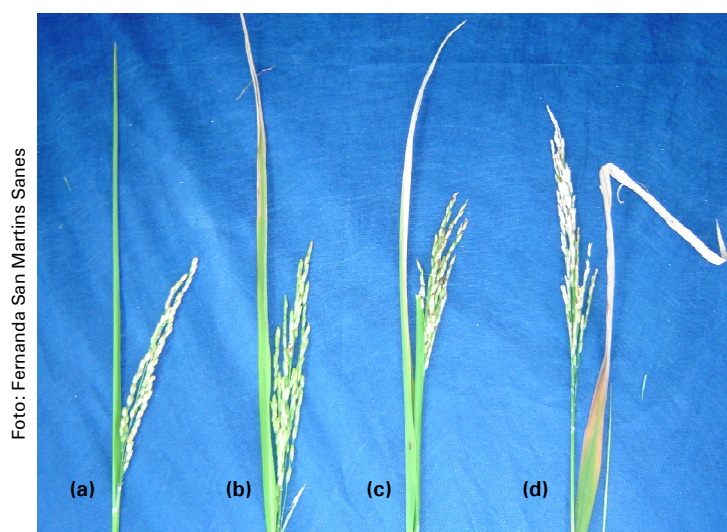
**Tabela 3.** Intensidade de sintomas de danos por salinidade em genótipos de arroz irrigado, de acordo com escala proposta por PONNANPERUMA (1977)<sup>1</sup>, em três épocas de avaliação<sup>2</sup>. Capão do Leão, 2008.

| Genótipo      | Solução 0,25% NaCl   |         |         | Solução 0,50% NaCl |         |         |
|---------------|----------------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|
|               | Época <sup>2</sup> 1 | Época 2 | Época 3 | Época 1            | Época 2 | Época 3 |
| Avaxi         | 3                    | 3       | 3       | 3                  | 5       | 5       |
| BRA 1024      | 3                    | 3       | 3       | 1                  | 5       | 5       |
| BRA 1073      | 1                    | 1       | 3       | 3                  | 5       | 7       |
| BRA 1455      | 3                    | 3       | 3       | 3                  | 5       | 7       |
| BRS Atalanta  | 1                    | 3       | 3       | 3                  | 5       | 5       |
| BRS Bojuru    | 1                    | 1       | 1       | 1                  | 5       | 5       |
| BRS Fronteira | 1                    | 3       | 3       | 3                  | 5       | 5       |
| BRS Querência | 1                    | 3       | 3       | 3                  | 5       | 7       |
| CNA 10754     | 1                    | 1       | 3       | 3                  | 5       | 7       |
| CNA 10756     | 1                    | 1       | 1       | 1                  | 3       | 5       |
| CNA 10757     | 3                    | 3       | 3       | 5                  | 5       | 7       |
| Inov          | 3                    | 3       | 3       | 3                  | 5       | 5       |

<sup>1</sup>Escala de avaliação de tolerância de plantas à salinidade: nota 1- ausência de sintomas de danos por salinidade (planta tolerante à salinidade - "T"); nota 3- 1% a 5% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta tolerante à salinidade - "T"); nota 5- 5% a 25% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta moderadamente tolerante à salinidade - "MT"); nota 7- 25% a 50% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta moderadamente suscetível - "MS"); e nota 9- >50% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta suscetível à salinidade - "S"). <sup>2</sup>Épocas de avaliação 1, 2 e 3: correspondentes, respectivamente, a uma, três e oito semanas após o início da aplicação dos tratamentos com sal no início da fase reprodutiva.

Com relação aos resultados obtidos, há que se ressaltar, ainda, que o critério agrônomo mais efetivo para a avaliação de tolerância à salinidade de cultivares de arroz é a produtividade de grãos (MASS e HOFFMAN, 1977), visto que cultivares de arroz visualmente pouco afetadas pela salinidade e com bom desenvolvimento vegetativo podem ter sua produtividade bastante reduzida em presença de sal (PEARSON, 1959).

A Figura 1 apresenta imagens ilustrativas de níveis crescentes da escala visual de sintomas por toxidez de sal em plantas de arroz irrigado. Ressalta-se que, no tratamento testemunha, pelo fato de não ter sido adicionado NaCl na água de irrigação, as plantas não apresentaram sintomas de danos causados por sal.



**Figura 1.** Sintomas visuais de níveis crescentes de toxidez por sal em arroz irrigado, (a) nota 1; (b) nota 3; (c) nota 5 e (d) nota 7, conforme escala visual de PONNANPERUMA (1977).

A interação entre os fatores nível de salinidade na água de irrigação e genótipo foi significativa para as variáveis número de perfilhos e de panículas de arroz.

Dos genótipos avaliados, apenas BRA 1455, 'BRS Atalanta', 'BRS Bojuru', CNA 10756 e 'Inov' apresentaram variações no perfilhamento em resposta à variação na concentração de sal na água de irrigação, sendo que, em geral, os tratamentos com adição de sal (0,25% e 0,50% de NaCl) apresentaram menor número de perfilhos relativamente à testemunha sem sal (Tabela 3). Pressupõe-se que outros fatores, particularmente associados à interação genótipo x ambiente, tenham contribuído para tais resultados, visto que o estágio de perfilhamento inicia-se a partir da emissão do colar da quarta folha do colmo principal, tendo duração de três a quatro semanas (SOCIEDADE, 2007). Assim, de forma geral, a aplicação dos tratamentos de sal ocorreu posteriormente



18 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

ao encerramento dessa fase, com pouca influência sobre o perfilhamento das plantas de arroz. Resultados obtidos por Zeng et al. (2001) reforçam esta inferência. Estes autores verificaram que a redução no perfilhamento no arroz somente ocorre quando o estresse salino dá-se anteriormente à iniciação da panícula.

Alguns genótipos destacaram-se em relação aos demais quanto ao perfilhamento. A cultivar BRS Bojuru e os híbridos 'Avaxi' e 'Inov' apresentaram elevado número de perfilhos e as cultivares BRS Atalanta e BRS Querência, menor número de perfilhos, nos tratamentos com aplicação de sal (Tabela 4). A capacidade de perfilhamento é um atributo variável entre genótipos de arroz, sendo influenciada, ainda, pelas condições edafoclimáticas e algumas práticas de manejo da cultura, como a densidade de semeadura e a altura da lâmina de água. Cultivares híbridas como Avaxi e Inov destacam-se pela elevada capacidade de perfilhamento, justificando os resultados obtidos (SOCIEDADE, 2007). Por outro lado, essa é também uma característica da 'BRS Atalanta' e 'BRS Querência', cuja expressão deve ter sido suprimida por outros fatores adversos não identificados (EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2002).

**Tabela 4.** Número de perfilhos de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 11,4%). Capão do Leão, 2008.

| Genótipo      | Testemunha | 0,25 % NaCl                 | 0,50 % NaCl |
|---------------|------------|-----------------------------|-------------|
|               |            | N° subparcela <sup>-1</sup> |             |
| Avaxi         | 154 Ac     | 178 Aab                     | 169 Aa      |
| BRA 1024      | 136 Acd    | 133 Acdef                   | 118 Acde    |
| BRA 1073      | 120 Ade    | 124 Adef                    | 104 Ade     |
| BRA 1455      | 198 Aa     | 106 Bfg                     | 128 Bbcd    |
| BRS Atalanta  | 119 Ade    | 114 ABefg                   | 92 Be       |
| BRS Bojuru    | 158 Bbc    | 191 Aa                      | 141 Bbc     |
| BRS Fronteira | 120 Ade    | 138 Acde                    | 130 Abcd    |
| BRS Querência | 110 Ade    | 96 Ag                       | 93 Ae       |
| CNA 10754     | 134 Acde   | 156 Abc                     | 132 Abcd    |
| CNA 10756     | 152 Ac     | 144 Acd                     | 119 Bcde    |
| CNA 10757     | 106 Ae     | 113 Aefg                    | 110 Ade     |
| Inov          | 181 Aab    | 190 Aa                      | 152 Bab     |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

O efeito da salinidade na água de irrigação no número de panículas foi verificado, apenas, para as cultivares BRS Atalanta, BRS Bojuru e BRS Fronteira, não apresentando, porém, uma tendência definida (Tabela 5). Os resultados obtidos devem refletir, preponderantemente, a variabilidade observada no número de perfilhos (Tabela 4), uma vez que os parâmetros de crescimento do arroz são afetados pelo aumento da concentração de sal no meio de cultivo (FAGERIA et al., 1981; FAGERIA, 1991; GRATTAN et al., 2002).

**Tabela 5.** Número de panículas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 13,4 %). Capão do Leão, 2008.

| Genótipo      | Testemunha                              | 0,25 % NaCl | 0,50 % NaCl |
|---------------|-----------------------------------------|-------------|-------------|
|               | ----- N° subparcela <sup>-1</sup> ----- |             |             |
| Avaxi         | 132 Aab                                 | 140 Ab      | 154 Aa      |
| BRA 1024      | 122 Abc                                 | 105 Acde    | 110 Acd     |
| BRA 1073      | 86 Ade                                  | 94 Ade      | 95 Ad       |
| BRA 1455      | 103 Acd                                 | 87 Ade      | 108 Acd     |
| BRS Atalanta  | 97 ABcde                                | 111 Acd     | 84 Bd       |
| BRS Bojuru    | 152 ABa                                 | 174 Aa      | 137 Bab     |
| BRS Fronteira | 80 Bde                                  | 112 Acd     | 107 Acd     |
| BRS Querência | 91 Ade                                  | 79 Ae       | 87 Ad       |
| CNA 10754     | 104 Acd                                 | 110 Acd     | 128 Abc     |
| CNA 10756     | 102 Acde                                | 99 Acde     | 98 Ad       |
| CNA 10757     | 75 Ae                                   | 92 Ade      | 99 Ad       |
| Inov          | 130 Aab                                 | 125 Abc     | 128 Abc     |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

A esterilidade de espiguetas de arroz variou, apenas, entre os genótipos de arroz (Tabela 6), muito embora esta seja uma variável bastante sensível ao excesso de sal (MACHADO et al., 1989; MACHADO e TERRES, 1995). Neste caso, a ausência de efeito da salinidade pode ser atribuída ao efeito preponderante de outros fatores adversos à cultura, em especial a ocorrência de frio na fase reprodutiva e de baixa radiação solar devido à semeadura tardia do arroz (STEINMETZ, 2004).

Dentre os genótipos avaliados, apenas a cultivar BRS Bojuru, reconhecidamente com reação de tolerância à salinidade e ao frio (MACHADO et al., 1997) e, por essa razão, utilizada como cultivar controle neste estudo, apresentou índice de esterilidade inferior a 50%.

20 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

Entre as demais, destacaram-se as cultivares BRS Atalanta (69%), Avaxi (77%) e Inov (81%). A 'BRS Querência' e CNA 10756 apresentaram, respectivamente, índices de esterilidade de 93% e 98%; os demais genótipos, incluindo algumas linhagens promissoras do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado da Embrapa, não apresentaram espiguetas férteis (Tabela 6).

Com relação aos resultados da 'BRS Atalanta', devem ser feitas duas considerações: a) por se tratar de uma cultivar de ciclo superprecoce, em média 100 dias da emergência à maturação completa dos grãos, provavelmente foi menos prejudicada pelo frio na fase crítica (emborrachamento), e b) a ausência de resposta à salinidade na fase reprodutiva é um indicativo forte de reação de tolerância ao fator, que deve ser confirmado em estudos futuros. Também para os híbridos 'Avaxi' e 'Inov' os resultados evidenciam alguma tolerância ao sal e ao frio, visto serem materiais de ciclo precoce (até 120 dias), os quais receberam o estresse por frio no emborrachamento.

**Tabela 6.** Esterilidade de espiguetas, produção de matéria seca dos colmos e folhas e da parte aérea de genótipos de arroz irrigado. Médias de três repetições. Capão do Leão, 2008.

| Genótipo      | Esterilidade <sup>1</sup> | Colmos e folhas                      | Parte aérea |
|---------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------|
|               | %                         | -----g subparcela <sup>1</sup> ----- |             |
| Avaxi         | 77,0 cd                   | 182,7 cd                             | 281,5 b     |
| BRA 1024      | 86,0 b                    | 187,9 bc                             | 229,1 cd    |
| BRA 1073      | 100,0 a                   | 155,6 d                              | 217,8 d     |
| BRA 1455      | 100,0 a                   | 222,2 ab                             | 255,2 bc    |
| BRS Atalanta  | 68,8 d                    | 153,6 d                              | 254,9 bc    |
| BRS Bojuru    | 47,7 e                    | 120,7 e                              | 230,3 cd    |
| BRS Fronteira | 100,0 a                   | 235,8 a                              | 266,9 b     |
| BRS Querência | 92,6 b                    | 122,4 e                              | 177,7 e     |
| CNA 10754     | 100,0 a                   | 195,5 bc                             | 129,8 cd    |
| CNA 10756     | 98,5 a                    | 191,9 bc                             | 223,3 cd    |
| CNA 10757     | 100,0 a                   | 197,6 bc                             | 227,7 cd    |
| Inov          | 81,3 c                    | 220,1 ab                             | 323,9 a     |
| CV (%)        | 9,3                       | 16,1                                 | 13,9        |

<sup>1</sup>Para a análise estatística, os dados foram transformados para arc sen  $\bar{O}_x/100$ . Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Em razão dos elevados índices de esterilidade de espiguetas determinados para a maior parte dos genótipos de arroz (Tabela 6), a produção de grãos foi comprometida, não sendo possível utilizar esses dados para a avaliação do efeito dos tratamentos. Assim, a análise dos dados de produção de matéria seca das plantas de arroz foi restringida às variáveis produção de

matéria seca dos colmos e folhas e da parte aérea, que foram influenciadas pelos fatores nível de salinidade na água de irrigação e genótipo de arroz, porém, individualmente.

O tratamento 0,50% de NaCl na água de irrigação proporcionou menor produção de matéria seca dos colmos e folhas e da parte aérea relativamente aos demais (testemunha sem sal e 0,25% de NaCl), que não diferiram entre si (Tabela 7). Esses resultados concordam com aqueles obtidos por Fageria (1985), que verificou manutenção na produção de matéria seca da parte aérea de algumas cultivares de arroz quando submetidas a níveis de salinidade de até 5 dS cm<sup>-1</sup>; a partir de então, essa decrescia. Acrescenta-se que os prejuízos decorrentes da salinidade sobre a produção de matéria seca em plantas de arroz ocorrem quando o estresse ocorre anteriormente à fase de emborrachamento (ZENG et al., 2001), contribuindo para a ausência de efeito negativo do tratamento com aplicação de nível mais brando de salinidade (0,25% de NaCl) sobre tais variáveis.

**Tabela 7.** Produção de matéria seca dos colmos e folhas e da parte aérea de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. Capão do Leão, 2008.

| Concentração de sal | Colmos e folhas                        | Parte aérea |
|---------------------|----------------------------------------|-------------|
|                     | ----- g subparcela <sup>-1</sup> ----- | -----       |
| Testemunha sem sal  | 196,7 a                                | 256,1 a     |
| Solução 0,25% NaCl  | 195,5 a                                | 265,1 a     |
| Solução 0,50% NaCl  | 156,9 b                                | 208,4 b     |
| CV (%)              | 16,1                                   | 13,9        |

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Os genótipos de arroz irrigado apresentaram ampla variação na produção de matéria seca dos colmos e folhas (Tabela 6). A partir dos resultados, distinguiram-se três grupos de genótipos: a) produção elevada ('BRS Fronteira', BRA 1455 e 'Inov'); b) produção mediana (CNA 10757, CNA 10754, CNA 10756, BRA 1024 e 'Avaxi') e c) produção baixa (BRA 1073, 'BRS Atalanta', 'BRS Querência' e BRS 'Bojuru'). Tais resultados refletem a variabilidade do material genético, particularmente quanto ao porte de planta e capacidade de perfilhamento, bem como sua adaptação às condições de cultivo (interação genótipo x ambiente).

A produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz refletiu, basicamente, o efeito determinado para a matéria seca de colmos e folhas, variando bastante entre os genótipos (Tabela 6). Isto porque a massa seca dos colmos e folhas contribuiu majoritariamente para a massa

## 22 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

da parte aérea, uma vez que o estresse salino incidiu principalmente sobre os órgãos reprodutivos, por ter sido estabelecido a partir da diferenciação da panícula, quando a acumulação de massa nos colmos e folhas se encontrava em fase final (SOCIEDADE, 2007).

As concentrações de sódio, potássio, cálcio e fósforo nos colmos e folhas das plantas de arroz foram influenciadas pela interação entre os fatores nível de salinidade na água de irrigação e genótipo de arroz. Por sua vez, o teor de magnésio variou, apenas, em função da concentração de sal na água de irrigação.

Os teores de sódio nos colmos e folhas das plantas de arroz aumentaram com a concentração de sal na água de irrigação. Para os genótipos 'Avaxi', BRA 1024, 'BRS Fronteira', CNA 10754, CNA 10756 e 'Inov', os valores determinados no tratamento 0,25% de NaCl não diferiram, porém, dos determinados da testemunha sem sal. Os maiores incrementos na concentração de sódio no tecido vegetal ocorreram entre os níveis 0,25% e 0,50% de NaCl, exceção feita para os genótipos BRA1073, 'BRS Atalanta' e 'BRS Querência', para os quais estes foram determinados entre a testemunha sem sal e o tratamento 0,25% de NaCl (Tabela 8). Menores concentrações de sódio na matéria seca da parte aérea das plantas podem ser um indicativo de mecanismo de tolerância à salinidade, refletindo menor absorção e/ou translocação do elemento presente no meio de cultivo (YEO e FLOWERS, 1983).

**Tabela 8.** Teor de sódio nos colmos e folhas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 19,2%). Capão do Leão, 2008.

| Genótipo      | Testemunha                     | 0,25 % NaCl | 0,50 % NaCl |
|---------------|--------------------------------|-------------|-------------|
|               | ----- g kg <sup>-1</sup> ----- |             |             |
| Avaxi         | 1,57 Ba                        | 3,10 Bf     | 16,97 Ab    |
| BRA 1024      | 1,63 Ba                        | 2,80 Bf     | 23,63 Aa    |
| BRA 1073      | 1,43 Ca                        | 10,07 Bbc   | 18,87 Ab    |
| BRA 1455      | 1,00 Ca                        | 6,10 Bde    | 17,47 Ab    |
| BRS Atalanta  | 1,53 Ca                        | 11,10 Bb    | 17,40 Ab    |
| BRS Bojuru    | 1,63 Ca                        | 7,80 Bcd    | 12,23 Ac    |
| BRS Fronteira | 0,97 Ba                        | 3,37 Bef    | 18,90 Ab    |
| BRS Querência | 1,27 Ca                        | 14,70 Ba    | 22,13 Aa    |
| CNA 10754     | 1,47 Ba                        | 3,00 Bf     | 23,30 Aa    |
| CNA 10756     | 1,13 Ba                        | 2,90 Bf     | 18,53 Ab    |
| CNA 10757     | 1,10 Ca                        | 7,17 Bd     | 18,37 Ab    |
| Inov          | 1,33 Ba                        | 2,50 Bf     | 17,37 Ab    |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Variações nos teores de sódio entre os genótipos foram determinadas somente para os tratamentos com adição de sal. As concentrações medidas no nível de 0,50% de NaCl distinguiram três grupos de genótipos: a) 'BRS Bojuru', com menor concentração do nutriente no tecido vegetal; b) 'Avaxi', BRA 1073, BRS 1455, 'BRS Atalanta', 'BRS Fronteira', CNA 10756, CNA 10757 e 'Inov', com concentrações intermediárias e c) BRA 1024, 'BRS Querência' e CNA 10754, com as maiores concentrações de Na. Já no nível médio de salinidade (0,25%), a variação entre os genótipos foi maior, destacando-se a 'BRS Querência', pela maior concentração de sódio. O número de genótipos com teores baixos do elemento foi ampliado, passando a cinco ('Avaxi', BRA 1024, 'BRS Fronteira', CNA 10754, CNA 10756 e 'Inov') (Tabela 8). Destaca-se o fato de a 'BRS Bojuru', reconhecidamente tolerante ao nível médio de salinidade (MACHADO et al., 1997), apresentar teor de sódio no tecido vegetal superior ao determinado para vários outros genótipos com pior desempenho na presença desse fator.

O aumento da concentração de sódio na parte aérea de plantas cultivadas em meio salino é um efeito relativamente comum, tendo sido verificado anteriormente, em arroz, por Fageria (1985; 1991), e em milho, por Garcia et al., (2007); Willadino et al., (1994); Azevedo Neto e Tabosa (2000) e Azevedo Neto et al. (2004). Esse pode ser um parâmetro importante na seleção de genótipos tolerantes. Revisões sobre o tema (LAUCHLI e EPSTEIN, 1990) referem-se à acumulação e exclusão de íons e ao ajustamento osmótico como os principais mecanismos associados a essa habilidade, a qual varia entre espécies (YEO e FLOWERS, 1983).

Contrariamente ao comportamento descrito para o sódio, a concentração de potássio nos colmos e folhas das plantas de arroz diminuiu com o nível de sal na água de irrigação. No entanto, para os genótipos BRA 1073, 'BRS Bojuru' e 'BRS Fronteira', os teores determinados na testemunha sem sal não diferiram daqueles medidos no nível médio de salinidade. Da mesma forma, para sete dos genótipos avaliados (BRA 1024, BRA 1045, 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10756, CNA 10757 e 'Inov') não houve diferença na concentração de potássio das plantas cultivadas nos níveis médio e alto de salinidade (Tabela 9).

**Tabela 9.** Teor de potássio nos colmos e folhas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 11,8 %). Capão do Leão, 2008.

| Genótipo      | Testemunha                     | 0,25 % NaCl | 0,50 % NaCl |
|---------------|--------------------------------|-------------|-------------|
|               | ----- g kg <sup>-1</sup> ----- |             |             |
| Avaxi         | 17,4 Aa                        | 13,1 Bab    | 10,4 Cab    |
| BRA 1024      | 15,3 Aabc                      | 10,4 Bbc    | 9,7 Bab     |
| BRA 1073      | 14,1 Ac                        | 14,4 Aa     | 9,7 Bab     |
| BRA 1455      | 16,0 Aabc                      | 10,6 Bbc    | 9,7 Bab     |
| BRS Atalanta  | 16,9 Aab                       | 14,3 Ba     | 10,0 Cab    |
| BRS Bojuru    | 15,9 Aabc                      | 14,1 ABa    | 11,9 Ba     |
| BRS Fronteira | 13,8 Ac                        | 12,1 Aabc   | 12,1 Aa     |
| BRS Querência | 16,5 Aabc                      | 12,6 Babc   | 6,6 Cc      |
| CNA 10754     | 15,0 Aabc                      | 12,3 Babc   | 8,7 Cbc     |
| CNA 10756     | 17,5 Aa                        | 11,3 Bbc    | 11,9 Ba     |
| CNA 10757     | 14,5 Abc                       | 10,1 Bc     | 8,9 Bbc     |
| Inov          | 15,9 Aabc                      | 12,6 Babc   | 12,0 Ba     |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Explica-se o decréscimo nos teores de potássio no tecido vegetal de arroz decorrente do aumento da salinidade no meio de cultivo pela redução na absorção desse nutriente, decorrente da presença de concentrações elevadas de sódio, que compete na absorção com o potássio (KAWASAKI et al., 1983). Resultados semelhantes foram descritos por Fageria (1985; 1991) e Carmona et al., (2009), para plantas de arroz, e por Garcia et al. (2007), para plantas de milho.

As principais diferenças entre os genótipos ocorreram no nível mais alto de sal (0,50% de NaCl), no qual os genótipos 'BRS Querência', CNA 10754 e CNA 10757 apresentaram as menores concentrações de potássio no tecido vegetal (Tabela 9). Tanto o efeito sobre a acumulação de matéria seca nos colmos e folhas quanto a inibição da absorção de potássio devem ter contribuído para a variação nos teores de potássio entre os genótipos de arroz avaliados.

Apenas para o genótipo CNA 10757 os teores de fósforo no tecido vegetal da testemunha sem sal foram menores àqueles determinados para os tratamentos com aplicação de sal. Por outro lado, a comparação no efeito proporcionado pelos níveis 0,25% e 0,50% de NaCl revela que, de forma geral, as concentrações de P aumentaram com a dose de sal

(Tabela 10), o que se justifica pela correlação negativa existente entre o teor desse nutriente e o crescimento da planta de arroz (FAGERIA, 1991).

As diferenças entre os genótipos foram mais intensas no nível médio de salinidade (0,25% de NaCl) (Tabela 10), refletindo as variações na produção de matéria seca e a influência da presença de sal no meio de cultivo sobre a absorção de fósforo.

**Tabela 10.** Teor de fósforo nos colmos e folhas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 18,1 %). Capão do Leão, 2008.

| Genótipo      | Testemunha                     | 0,25 % NaCl | 0,50 % NaCl |
|---------------|--------------------------------|-------------|-------------|
|               | ----- g kg <sup>-1</sup> ----- |             |             |
| Avaxi         | 2,20 Aab                       | 1,43 Bc     | 2,43 Aa     |
| BRA 1024      | 2,93 Aa                        | 1,97 Babc   | 2,67 Aa     |
| BRA 1073      | 2,17 ABab                      | 1,67 Bbc    | 2,47 Aa     |
| BRA 1455      | 2,83 Aa                        | 2,40 Aab    | 2,60 Aa     |
| BRS Atalanta  | 1,90 Abb                       | 1,50 Bc     | 2,20 Aa     |
| BRS Bojuru    | 2,37 Aab                       | 1,57 Bc     | 1,10 Bb     |
| BRS Fronteira | 2,33 Aab                       | 1,93 Aabc   | 2,50 Aa     |
| BRS Querência | 2,87 Aa                        | 1,37 Bc     | 2,40 Aa     |
| CNA 10754     | 2,60 Aab                       | 2,10 Aabc   | 2,20 Aa     |
| CNA 10756     | 2,93 Aa                        | 2,07 Babc   | 2,70 ABa    |
| CNA 10757     | 2,20 Bab                       | 2,57 ABa    | 2,90 Aa     |
| Inov          | 2,37 Aab                       | 1,50 Bc     | 2,33 Aa     |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

O efeito da salinidade sobre a concentração de cálcio nos colmos e folhas do arroz manifestou-se apenas nos genótipos 'Avaxi', BRA 1024, BRA 1073, 'BRS Bojuru' e 'Inov', sem tendência definida de comportamento (Tabela 11), o que, em parte, deve estar associado às variações diferenciadas na produção de matéria seca. Larcher (2000) relata, porém, decréscimo na absorção de Ca na presença de excesso dos íons Na<sup>+</sup>e/ou Cl<sup>-</sup> no meio de cultivo, efeito que foi comprovado por Fageria (1991).



**Tabela 11.** Teor de cálcio nos colmos e folhas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 14,9 %). Capão do Leão, 2008.

| Genótipo      | Testemunha         | 0,25 % NaCl | 0,50 % NaCl |
|---------------|--------------------|-------------|-------------|
|               | g.Kg <sup>-1</sup> |             |             |
| Avaxi         | 2,87 Bb            | 3,93 Aab    | 3,23 ABbcd  |
| BRA 1024      | 3,97 Aa            | 3,07 Bbc    | 1,90 Ce     |
| BRA 1073      | 3,43 Bab           | 4,50 Aa     | 3,43 Bbc    |
| BRA 1455      | 3,57 Aab           | 3,13 Abc    | 3,07 Abcd   |
| BRS Atalanta  | 3,43 Aab           | 3,30 Abc    | 3,50 Ab     |
| BRS Bojuru    | 3,43 Aab           | 2,93 ABc    | 2,17 Be     |
| BRS Fronteira | 3,40 Aab           | 3,13 Abc    | 3,73 Aab    |
| BRS Querência | 3,33 Aab           | 3,90 Aab    | 3,53 Ab     |
| CNA 10754     | 3,17 Aab           | 3,33 Abc    | 2,60 Acde   |
| CNA 10756     | 3,33 Aab           | 3,07 Abc    | 2,50 Ade    |
| CNA 10757     | 2,87 Ab            | 3,20 Abc    | 3,20 Abcd   |
| Inov          | 2,87 Bb            | 3,33 Bbc    | 4,43 Aa     |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Independentemente do genótipo, a concentração de magnésio nos colmos e folhas das plantas de arroz foi menor no tratamento 0,50% de NaCl ( $1,94 \text{ g kg}^{-1}$ ), relativamente à testemunha sem sal ( $2,34 \text{ g kg}^{-1}$ ) e ao tratamento com nível médio de salinidade ( $2,42 \text{ g kg}^{-1}$ ), que não diferiram entre si. Este comportamento confirma aquele determinado por Fagéria (1991), ao avaliar a influência do sal em nove genótipos de arroz.

A concentração de sódio nos grãos de arroz aumentou com o nível de sal na água de irrigação, muito embora as diferenças significativas tenham se restringido ao nível mais alto de sal (0,50% de NaCl), que proporcionou valores muito maiores que os demais. Apenas para este último tratamento os genótipos distinguiram-se entre si. Neste sentido, menor teor de sódio foi determinado para o genótipo BRA 1024, que não diferiu, porém, de CNA 10754 e das cultivares BRS Querência e BRS Bojuru (Tabela 12). No caso desta última, tal efeito reflete sua reação de tolerância à salinidade, constatada pela maior produção de matéria seca nos grãos e menor índice de esterilidade de espiguetas que os demais genótipos.

Para os genótipos BRA 1073, BRA1455, 'BRS Bojuru' e CNA 10757 não se determinou efeito do nível de sal sobre o teor de potássio nos grãos. Para os demais, as variações observadas não apresentaram uma tendência definida (Tabela 13), muito embora, em geral, a concentração do nutriente no tecido vegetal decresça em resposta à maior disponibilidade de sódio no

meio de cultivo, como reportado por Fageria (1985; 1991) e Garcia et al. (2007). Estes resultados diferem daqueles encontrados para a variável concentração de K nos colmos e folhas (Tabela 9), possivelmente em razão de a produção de matéria seca dos grãos ter sido mais afetada pela presença de sal no meio de cultivo que o restante da parte aérea das plantas, dificultando a expressão dos resultados.

**Tabela 12.** Teor de sódio nos grãos de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 19,2 %). Capão do Leão, 2008.

| Genótipo                       | Testemunha | 0,25 % NaCl | 0,50 % NaCl |
|--------------------------------|------------|-------------|-------------|
| <hr/> g.Kg <sup>-1</sup> <hr/> |            |             |             |
| Avaxi                          | 0,28 Ba    | 0,62 Ba     | 1,89 Aabc   |
| BRA 1024                       | 0,38 Ba    | 0,54 Ba     | 1,13 Ae     |
| BRA 1073                       | 0,33 Ba    | 0,64 Ba     | 2,09 Aa     |
| BRA 1455                       | 0,35 Ba    | 0,54 Ba     | 1,56 Abcde  |
| BRS Atalanta                   | 0,32 Ba    | 0,51 Ba     | 2,06 Aa     |
| BRS Bojuru                     | 0,30 Ba    | 0,49 Ba     | 1,27 Ade    |
| BRS Fronteira                  | 0,39 Ba    | 0,64 Ba     | 1,72 Aabcd  |
| BRS Querência                  | 0,33 Ba    | 0,56 Ba     | 1,54 Acde   |
| CNA 10754                      | 0,36 Ba    | 0,54 Ba     | 1,30 Ade    |
| CNA 10756                      | 0,29 Ba    | 0,51 Ba     | 1,69 Aabcd  |
| CNA 10757                      | 0,24 Ba    | 0,53 Ba     | 1,77 Aabc   |
| Inov                           | 0,34 Ba    | 0,46 Ba     | 2,03 Aab    |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 13.** Teor de potássio nos grãos de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 11,8 %). Capão do Leão, 2008.

| Genótipo                       | Testemunha | 0,25 % NaCl | 0,50 % NaCl |
|--------------------------------|------------|-------------|-------------|
| <hr/> g kg <sup>-1</sup> <hr/> |            |             |             |
| Avaxi                          | 9,5 Bde    | 11,9 Acd    | 12,7 Acd    |
| BRA 1024                       | 18,8 ABa   | 20,1 Aa     | 16,8 Bb     |
| BRA 1073                       | 11,2 Acd   | 11,0 Ad     | 13,1 Acd    |
| BRA 1455                       | 15,7 Ab    | 16,7 Ab     | 15,5 Abc    |
| BRS Atalanta                   | 13,3 Abc   | 9,5 Bde     | 11,1 ABde   |
| BRS Bojuru                     | 7,8 Ae     | 7,9 Ae      | 8,4 Ae      |
| BRS Fronteira                  | 14,9 Bb    | 17,8 Aab    | 20,9 Aa     |
| BRS Querência                  | 11,3 ABcd  | 12,2 Bcd    | 8,4 Be      |
| CNA 10754                      | 13,7 Bbc   | 14,8 Bbc    | 18,4 Aab    |
| CNA 10756                      | 14,2 Bbc   | 15,8 Bb     | 20,8 Aa     |
| CNA 10757                      | 14,7 Ab    | 16,3 Ab     | 17,6 Ab     |
| Inov                           | 12,8 ABbc  | 11,9 Bcd    | 15,3 Abc    |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

28 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

A análise de variância dos atributos químicos do solo indicou efeito da adição de sal na água de irrigação nos teores de sódio trocável,  $\text{pH}_{\text{água}}$ , acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}$ ), porcentagem de saturação por sódio (PST) e na condutividade elétrica (CE) do solo após o cultivo do arroz. Em relação aos cátions trocáveis K, Ca e Mg e à capacidade de troca de cátions (CTC) não houve efeito dos níveis de salinidade na água de irrigação (Tabela 14). O incremento de salinidade no meio de cultivo provocou aumento nos teores de Na trocável e, conseqüentemente, da PST. Carmona et al. (2009) verificaram comportamento semelhante em solo com aplicação de níveis crescentes de salinidade, embora com valores de Na trocável e PST menores. Essas diferenças podem ser explicadas pela lixiviação de cátions que ocorreu naquele experimento. Este experimento foi conduzido em sistema fechado (tanques de alvenaria), o que propiciou o acúmulo dos cátions trocáveis, justificando também a não variação nos teores dos cátions K, Ca e Mg com o aumento dos níveis de salinidade na água de irrigação.

A condutividade elétrica aumentou conforme o aumento do nível de salinidade na água de irrigação, demonstrando que a concentração de sais no solo para culturas irrigadas é afetada pela concentração salina da água de irrigação (Kelly, 1963). Resultados semelhantes foram reportados por Gurgel et al. (2003) na avaliação da evolução da salinidade no solo utilizando diferentes níveis de salinidade das águas no cultivo de melão irrigado.

**Tabela 14.** Efeito da concentração de sal na água de irrigação sobre os teores de cátions trocáveis, pH, acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}$ ), capacidade de troca de cátions (CTC), porcentagem de saturação por sódio (PST) no solo, ao final do experimento. Médias de três repetições. Capão do Leão, 2008.

| Característica do solo                                                         | Testemunha | 0,25 % NaCl | 0,50 % NaCl |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|
| Na trocável <sup>(1)</sup> ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )                | 56 c       | 361 b       | 740 a       |
| K trocável <sup>(1)</sup> ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )                 | 92 a       | 115 a       | 127 a       |
| Ca trocável <sup>(2)</sup> ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ )            | 2,73 a     | 2,6 a       | 2,3 a       |
| Mg trocável <sup>(2)</sup> ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ )            | 1,50 a     | 1,43 a      | 1,36 a      |
| $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$                                               | 4,77 b     | 5,03 a      | 4,97 a      |
| $\text{H} + \text{Al}$ <sup>(3)</sup> ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ) | 4,82 a     | 3,32 b      | 3,58 b      |
| CTC $\text{pH } 7,0$                                                           | 9,47 a     | 9,29 a      | 10,79 a     |
| PST (%)                                                                        | 2,28 c     | 17,06 b     | 29,82 a     |
| CE <sup>(4)</sup> ( $\text{dSm}^{-1}$ )                                        | 0,12 c     | 3,20 b      | 6,55 a      |

<sup>1</sup>Extrator Mehlich-1; <sup>2</sup>extrator KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>calculada pelo índice SMP, conforme (CQFS-RS/SC, 2004); <sup>4</sup>condutividade elétrica no extrato de saturação na relação 1:5.

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

## Conclusões

Todos os genótipos são tolerantes ao nível médio de salinidade na água de irrigação (0,25% de NaCl) aplicada durante a fase reprodutiva. No nível alto (0,50% de NaCl), os genótipos 'Avaxi', BRA 1024, 'BRS Atalanta', 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10756 e 'Inov' classificam-se como moderadamente tolerantes e BRA 1073, BRA 1455, 'BRS Querência', CNA 10754 e CNA 10757, como moderadamente suscetíveis, com base na avaliação visual de intensidade de sintomas de danos por excesso de sal.

## Referências

- ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy**, New York, v. 16, p. 139-178, 1964.
- AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI JUNIOR, F. J.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. Aspectos sócioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M., (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 23-44.
- AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 165-171, 2000.
- AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N.; ENEAS-FILHO, J.; LACERDA, C. F.; SILVA, J. V.; COSTA, P. H. C.; GOMES FILHO, E. Effects salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Piracicaba, v. 16, n. 1, p. 31-38, 2004.
- BERNSTEIN, L. Tolerance of plants to salinity. **Proceedings of American Society of Civil Engineering**, Baltimore, v. 87, p. 1-12, 1961.
- 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, 2005. v. 1, p. 95-105.

30 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; HOLZSCHUH, M. J.; FRAGA, T. I. Estabelecimento do arroz e absorção de cátions em função do manejo da adubação potássica e do nível de salinidade no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 371-383, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB).

**Acompanhamento da safra brasileira:** grãos Safra 2008/2009. Nono Levantamento. Junho/2009. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9graos\\_08.09.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9graos_08.09.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2009.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 436-443, 2000.

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**, Victoria, v. 21, p. 675-692, 1994.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Cultivares de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado indicadas para o cultivo no Rio Grande do Sul**. Pelotas, 2002. Folder.

FAGERIA, N. K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, The Hague, v. 88, p. 237-243, 1985.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M P.; GHEYI, H. R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 5, p. 677-681, 1981.

FAGERIA, N. K. Tolerance of rice cultivars to salinity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.281- 288, 1991.

FAO/UNESCO. **Irrigation, drainage and salinity**. Paris: Hutchison. 1973. 510 p.

FREIRE, C. J. da S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário**. 2.ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 201 p.

GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; MIRANDA, G. V.; NEVES, J. C. L.; MORAES, W. B.; SANTOS, D. B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **Idesia**, Santiago, v. 25, n. 3, p. 931-936, 2007.

GOMES, A. S.; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F. H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JR, A.M. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 417-455.

GRATTAN, S. R.; ZENG, L.; SHANNON, M. C.; ROBERTS, S. R. Rice is more sensitive to salinity than previously thought. **California Agriculture**, Berkeley, v. 56, p. 189-195, 2002.

GURGEL, M. T.; MEDEIROS, J. F. de; NOBRE, R. G.; CARDOSO NETO, F. ; SILVA, F. V. da. Evolução da salinidade no solo sob cultivo de melão irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Belo Horizonte, v.3, n. 2, p.1-11, 2003.

KAWASAKI, T.; AKIBA, T.; MORITSUGU, M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants: I. Water culture experiments in a greenhouse. **Plant and Soil**, The Hague, v. 75, p. 75-85, 1983.

KELLEY, W. P. Use of saline irrigation water. **Soil Science**, Baltimore, v. 95, p. 385-391, 1963.

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

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. (Ed.). **Agricultural salinity assessment and management**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. p. 113-137.

MACHADO, M. O.; GOMES, A. da S.; DIAS, A. D.; VAHL, L. C.; PAULETTO, E. A. Identificação de genótipos de arroz tolerantes à salinidade. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16., 1987, Balneário Camboriú. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1987. p. 114-127.

MACHADO, M. O.; NACHTIGALL, G. R.; GOMES, A. da S.; TERRES, A. L.; DIAS, A. D. Identificação de genótipos de arroz tolerantes à salinidade do solo – 1987/88. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., 1988, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1988. p. 191-198.

MACHADO, M. O.; NACHTIGALL, G. R.; TERRES, A. L. Identificação de genótipos de arroz tolerantes à salinidade do solo – 1988/89. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1989. p. 284-295.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L. Avaliação de genótipos de arroz para tolerância à salinidade da água de irrigação: do início da diferenciação da panícula à maturidade - 1986/87 a 1992/93. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 91-93. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 1).

32 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L. Melhoramento genético de arroz irrigado na EMBRAPA-CPACT: IX.- Tolerância de genótipos à salinidade do solo - safra 1994/95. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 48-53.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L.; FAGUNDES, P. R. R. 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 Camburiú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 62-65.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L.; FAGUNDES, P. R. R. Melhoramento genético do arroz irrigado na Embrapa Clima Temperado: 8. tolerância de genótipos à salinidade da água de irrigação, do início da diferenciação da panícula à maturidade - safras 1997/98 e 1998/99. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 103-106.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L.; RIBEIRO, A. S. Identificação de genótipos de arroz, tolerantes à salinidade da água de irrigação: do início da diferenciação da panícula à maturidade – 1986/87 a 1990/91. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camburiú. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 165-168.

MASS, E. V.; NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. In: JUNG, G. A. (Ed.). **Crop tolerance to suboptimal land conditions**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p. 277-299. (American Society of Agronomy Publication, 32).

MASS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainagem Division**, New York, v. 103, p. 115-134, 1977.

OLIVEIRA, S.; ZENZEN, I. L.; SIMIONI, S. B. Efeito da salinidade na germinação de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. IRGA 417 sob concentrações crescentes de NaCl. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5. 2007. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. v. 1, p. 327-329.

PEARSON, G. A.; BERNSTEIN, L. Salinity effects on several growth stages of rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, p. 654-657, 1959.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Agrícola Española, 1985. 528 p.

PONNAMPERUMA, F. N. **Screening rice for tolerance to mineral stresses**. Los Baños: IRRI, 1977. 21 p. (IRRI. Paper series, 6.).

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. (Ed.). Campina Grande: UFPB, 2000. p. 40-48.

SALTO de produtividade do arroz irrigado permitirá que o Brasil colha 5,7% mais na safra 2007/08 em relação ao período anterior. **Anuário Brasileiro do Arroz**, Santa Cruz do Sul, p. 10-11, 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SIMIONI, S. B.; ZENZEN, I. L.; OLIVEIRA, S. Influência de diferentes concentrações salinas sobre a germinação de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. IRGA 422 CL In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5. 2007. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. v. 1, p. 330-332.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS-RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: SOSBAI, 2007. 154 p.

STEINMETZ, S. Influência do clima na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃS JUNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 899p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS, 1995. 174 p.



34 Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Reprodutiva

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R.; SANTOS, M. A.; TORNE, J. M. Obtenção de uma linhagem de milho tolerante ao estresse salino mediante a cultura de anteras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, p. 1313-1318, 1994.

YEO, A. R.; FLOWERS, T. J. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. **Physiology Plant**, Bethesda, v. 59, p. 189-195, 1983.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.

ZENG, L.; SHANNON, M. C.; LESH, S. M. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 48, p. 191-206, 2001.

ZENZEN, I. L.; SIMIONI, S. B.; OLIVEIRA, S. Avaliação da germinação de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. BRS Querência sob diferentes concentrações salinas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5. 2007. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. v. 1, p. 327-329.