

# Salinidade na cultura do arroz irrigado: características agronômicas e qualidade de sementes

## Salinity in flooded rice: Agronomic characteristics and seed quality

Elisa S. Lemes<sup>1,\*</sup>, Geri E. Meneghello<sup>1</sup>, Sandro de Oliveira<sup>1</sup>, Andre O. de Mendonça<sup>2</sup>, Edinilson H. das Neves<sup>1</sup> e Tiago Z. Aumonde<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Farroupilha, Campus Alegrete, Alegrete, RS, Brasil

(\*E-mail: lemes.elisa@yahoo.com.br)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA18141>

Recebido/received: 2018.05.06

Recebido em versão revista/received in revised form: 2018.07.03

Aceite/accepted: 2018.07.09

### RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito do stresse salino em diferentes fases do desenvolvimento da cultura do arroz sobre as características agronômicas, a qualidade fisiológica de sementes produzidas de duas cultivares contrastantes quanto a tolerância à salinidade. O stresse salino foi obtido pela irrigação com solução de cloreto de sódio (NaCl) na concentração de 16 mM (Ensaio 1) e 12 mM (Ensaio 2). O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela composta pelos estádios de desenvolvimento da cultura e a subparcela constituída pelas cultivares de arroz com quatro repetições. As características agronômicas e a qualidade fisiológica das sementes de ambas cultivares são afetadas pelos períodos de stresse causados durante todo ciclo da cultura, durante o período da emergência até à ântese e dos 35 dias após a emergência até à ântese. A cultivar BRS Bojuru apresenta melhor desempenho frente ao stresse salino para as características agronômicas do que para a qualidade fisiológica nas mesmas condições de cultivo.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa*, stresse salino, produtividade, qualidade fisiológica.

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of saline stress on different stages of rice development on agronomic characteristics and the physiological quality of seeds produced. Two concentrations of water salinity (16 and 12 mM) by the addition of sodium chloride were used. The experiment model used was a randomized block design arranged in a split-plot scheme, the plots consisted of different stages of rice development and the subplots consisted of two rice cultivars (IRGA 417 and BRS Bojuru) with four replications. On the basis of the results of these experiments, it can be concluded that the salinity negatively affects the agronomic characteristics and the physiological quality of seeds produced from the BRS Bojuru and IRGA 417 cultivars. The most critical rice stages for the yield and seed quality of rice cultivars were EM- from emergency (E) to harvest maturity (M), EAN- from emergency to anthesis (AN), and 35AN- from emergency to anthesis (AN). BRS Bojuru cultivar presents better performance against saline stress for the agronomic characteristics than for the physiological quality under the same conditions of cultivation.

**Keywords:** *Oryza sativa*, salt stress, yield, physiological seed quality.

### INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, com grande importância do ponto de vista econômico e social. Para alcançar resultados satisfatórios de produtividade, torna-se necessário a busca por tecnologias a fim de

maximizar a produção e a cada avanço na pesquisa agrícola, há um incremento no custo das sementes a serem utilizadas pelos agricultores, devendo-se ter maior cuidado com esse importante elemento (Pereira *et al.*, 2005). Contudo, a orizicultura é muito dependente da qualidade da água de irrigação, a

qual está diretamente associada à salinidade e à toxicidade.

No Rio Grande do Sul, maior produtor de arroz do Brasil, o principal sistema de irrigação da cultura do arroz é por inundação, o qual pode conduzir à salinização dos solos com drenagem inadequada, especialmente as lavouras da região litoral que utilizam a água da laguna dos patos, que está sujeita à salinização pela entrada de água do mar quando baixa o nível deste manancial, tornando-se uma das maiores limitações ambientais na produção de arroz (Lima, 2008). A intensidade com que o stresse salino influencia o crescimento e a produtividade do arroz é determinada por vários fatores, destacando-se a composição salina do meio, a intensidade e duração do stresse, as condições edafoclimáticas, a cultivar e o estágio fenológico da cultura (Carmona *et al.*, 2011).

Alguns autores têm relatado o efeito negativo da salinidade em determinadas fases do desenvolvimento e crescimento de algumas espécies, o que conseqüentemente causa redução na germinação, no desenvolvimento das plantas e perda de produtividade das culturas (Fraga *et al.*, 2010; Deuner *et al.*, 2011; Lemes *et al.*, 2016). Porém, na literatura são escassos os trabalhos que avaliem a qualidade das sementes produzidas em condições salinas, embora sejam vastos os estudos sobre avaliação da germinação de diferentes espécies sob stresse salino em condições de laboratório com o objetivo de investigar o nível de tolerância. Além disso, em virtude dos vários prejuízos causados pela salinidade na agricultura, há ainda a necessidade do aperfeiçoamento das técnicas de manejo do solo, da água ou das culturas que resultem em aumento da tolerância à salinidade, sendo de grande relevância para a manutenção da produtividade agrícola em solos com excesso de sais (Schossler *et al.*, 2012).

Desta forma, o conhecimento da interferência dos sais na planta é fundamental quando se pretende adotar práticas de manejos adequados da água e de cultivo, visando à produção em condições não ideais. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do stresse salino em diferentes fases do desenvolvimento da cultura do arroz sobre as características agronômicas e a qualidade fisiológica de sementes produzidas por duas cultivares com diferentes níveis de tolerância à salinidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação e no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) ambos pertencentes ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes (FAEM/UFPel). Foram utilizadas sementes das cultivares IRGA 417 (suscetível) e BRS Bojuru (tolerante) à salinidade.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela composta por diferentes estádios de desenvolvimento do arroz (C – Sem stresse (controle); EM – da emergência (E) até a maturidade (M); EAN – da emergência até a ântese (AN); E35 – da emergência até 35 dias após a emergência; 35AN – dos 35 dias após a emergência até a ântese; e ANM – da ântese até a maturidade) e a subparcela constituída pelas cultivares de arroz IRGA 417 e BRS Bojuru com quatro repetições. As cultivares utilizadas no presente trabalho apresentam as seguintes características: IRGA 417 – ciclo médio, estatura média (79 cm), suscetível à salinidade (Harter, 2014); BRS Bojuru – ciclo médio, estatura média (90 cm), tolerante à salinidade (Larré *et al.*, 2014).

Os ensaios foram desenvolvidos na safra agrícola 2013/14 (Ensaio 1) e 2014/15 (Ensaio 2). O solo foi coletado do horizonte A1 de um Planossolo Háplico Eutrófico solódico (Streck *et al.*, 2008), pertencente à unidade de mapeamento de Pelotas, RS. A adubação foi realizada da mesma forma para os dois anos de ensaio, sendo de acordo com os resultados da análise de solo e recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). Foram semeadas 15 sementes por unidade experimental e após a emergência (10 dias) foi realizado um desbaste deixando apenas 3 plantas por vaso, as quais permaneceram até a colheita das sementes.

A rega foi realizada diariamente no período da manhã, mantendo-se o solo próximo à capacidade de campo até o estabelecimento definitivo da lâmina de água, realizado aos 30 dias após a emergência, procurando-se manter uma lâmina de água em torno de 10 cm, conduzindo desta forma o ensaio até à colheita. Para o Ensaio 1, o stresse salino foi obtido pela rega com solução de cloreto

de sódio (NaCl) na concentração de 16 mM, considerada a dose máxima tolerada por cultivares de arroz para completar o ciclo de desenvolvimento, segundo Harter (2014). Já para o Ensaio 2, o stresse salino foi obtido pela rega com solução de cloreto de sódio (NaCl) na concentração de 12 mM.

A colheita foi realizada quando as plantas estavam entre os estádios R8 e R9, sendo as panículas de cada planta acondicionadas em envelopes de papel pardo separadamente e debulhadas manualmente, para avaliação das características agronômicas através de: *Número de sementes por planta (NSPL)*: determinado através da contagem das sementes por planta. *Número de panículas estéreis (NPANES-T)*: quantificado através da contagem manual de panículas completamente estéreis de cada unidade experimental. *Peso de sementes por planta (PSPL)*: obtido pela pesagem das sementes colhidas, sendo a humidade corrigida para 13% e os resultados expressos em grama planta<sup>-1</sup>. *Peso de 1000 sementes*: foram pesadas oito subamostras contendo 100 sementes cada. Para estas pesagens calculou-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação, e multiplicou-se a média por 10, obtendo assim o peso de mil sementes (Brasil, 2009).

Para a qualidade fisiológica das sementes produzidas foram realizadas as seguintes avaliações: *Teste de germinação (G)*: realizado segundo as Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009), por meio da sementeira de 200 sementes por unidade experimental, divididas em quatro repetições de 50 sementes, em rolo de papel *germitest* previamente humedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados em germinador à temperatura de 25°C, a contagem foi realizada aos 14 dias após a sementeira. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais. *Primeira contagem da germinação (PCG)*: realizada conjuntamente com o teste de germinação, sendo a contagem das plântulas normais executada aos 5 dias após o início do teste. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais. *Teste de frio (TF)*: conduzido com quatro subamostras de 50 sementes para cada unidade experimental, distribuídas uniformemente em rolo de papel tipo *germitest* humedecido, previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida os rolos de papel foram colocados em

sacos plásticos, os quais foram vedados e mantidos em câmara BOD, regulada à temperatura de 10°C ± 1 °C durante sete dias (Cícero e Vieira, 1994). Após esse período, os rolos foram transferidos para um germinador e mantidos nas mesmas condições do teste de germinação, sendo avaliada a percentagem de plântulas normais após 5 dias.

*Envelhecimento acelerado (EA)*: realizado utilizando-se o método de gerbox, onde as sementes foram distribuídas uniformemente em camada única sobre uma tela metálica suspensa dentro de caixas de gerbox, contendo 40 mL de água destilada no fundo. Posteriormente, as caixas foram tampadas e acomodadas em câmara BOD, a 42°C por 96h (Delouche e Baskin, 1973). Após este período as sementes foram colocadas para germinar conforme metodologia descrita para o teste de germinação e avaliadas no quinto dia. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais.

Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA e havendo significância foi realizada comparação de médias através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Ensaio 1

Em relação ao número de sementes por planta (NSPL), os períodos de stresse salino, correspondentes aos EM, EAN e 35AN, para ambas cultivares, foram os que proporcionaram o menor número de sementes em relação aos demais períodos de stresse salino (Quadro 1). Contudo, dado que o número de sementes por panícula é definido em torno de 15 a 23 dias antes da floração (Yoshida, 1981), assim qualquer stresse durante esse período pode comprometer a máxima capacidade da planta de produzir sementes. Desta forma, constatou-se que os tratamentos mais prejudiciais para ambas cultivares foram aqueles em que o stresse causado ocorreu durante esse período. Avaliado as cultivares dentro de cada período de stresse, verificou-se que a BRS Bojuru foi superior a IRGA 417 no controle (C) e E35.

Para o peso de sementes por planta (PSPL) também se pode constatar que os stresses EM, EAN e 35AN

**Quadro 1** - Quadro 1. Número de sementes por planta (NSPL), peso de sementes por planta (PSPL), peso de 1000 sementes (PMS) e número de panículas estéreis (NPANEST) de plantas de arroz das cultivares IRGA 417 e BRS Bojuru, submetidas a diferentes períodos de stresse salino no ensaio 1

Stresse	NSPL		PSPL	
	IRGA 417	BRS Bojuru	IRGA 417	BRS Bojuru
C <sup>2</sup>	1148 a <sup>1</sup>	1362 a*	28,47 a	31,65 a
EM	142 c	183 b	2,79 b	3,25 b
EAN	142 c	135 b	2,16 b	1,66 b
E35	1076 a	1358 a*	25,04 a	31,19 a*
35AN	359 b	276 b	5,06 b	6,80 b
ANM	1210 a	1368 a	29,55 a*	24,52 a
Média	680	780	15,51	16,51

  

Stresse	PMS (g)		NPANEST	
	IRGA 417	BRS Bojuru	IRGA 417	BRS Bojuru
C	22,14 a	25,69 a*	1 d	1 c
EM	15,07 c	19,27 e*	16 b	19 b
EAN	16,45 b	21,25 d*	24 a	26 a
E35	21,30 a	24,13 b*	2 d	2 c
35AN	15,49 bc	22,58 c*	10 c	21 b*
ANM	21,56 a	21,44 cd	2 d	1 c
Média	18,50	22,39	9	12

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de tukey ( $p \leq 0,05$ ). Média seguida de \*, dentro de cada variável, diferem entre si na linha pelo teste de tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>2</sup>C- Sem stresse (controle); EM- da emergência (E) até a maturidade (M); EAN- da emergência até a ântese (AN); E35- da emergência até 35 dias após a emergência; 35AN- dos 35 dias após a emergência até a ântese; e ANM- da ântese até a maturidade.

originaram uma redução em ambas as cultivares. Porém, quando analisado o efeito entre as cultivares, a BRS Bojuru foi superior a IRGA 417 no período de E35, enquanto que a IRGA 417 foi superior a BRS Bojuru na ANM (Quadro 1). As perdas de produtividade em função da salinidade podem ocorrer de uma série de causas, como redução da capacidade fotossintética, menor acumulação de fotoassimilados nos grãos, além do decréscimo no enchimento dos grãos, pelo aporte deficitário de carboidratos às panículas (Gheyi *et al.*, 2010). Em geral, a salinidade do solo, causada pela irrigação com água salina, como pela combinação de fatores água, solo e manejo das culturas, pode resultar em aumento nos dias para colheita, redução no número de frutos, no peso de sementes, influenciando diretamente a produção.

Ao avaliar plantas de trigo irrigadas com água salina até a colheita, Borzouei *et al.* (2012), observaram que as plantas apresentaram menor produção de grãos, atribuindo esses resultados aos

efeitos tóxicos causados pela alta concentração de sais. Fraga *et al.* (2010), concluíram que a entrada de água salina na fase de diferenciação da panícula afeta a produção de grãos, os componentes do rendimento e a esterilidade das espiguetas da mesma forma quando a entrada da água salina ocorre na fase de afilhamento. É importante ressaltar que o critério agronômico mais efetivo para a avaliação de tolerância à salinidade de cultivares de arroz é a produtividade de grãos (Carmona *et al.*, 2011), 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.

No que se refere ao peso de 1000 sementes (PMS), as sementes da cultivar IRGA 417 foram afetadas pelos stresses EM, EAN e 35AN. Já nas sementes da cultivar BRS Bojuru, o menor PMS foi constatado com o EM. Na comparação entre as cultivares, as sementes da BRS Bojuru apresentaram maior PMS que a IRGA 417 na maioria dos períodos, não diferindo apenas na ANM (Quadro 1). O peso de mil sementes varia de acordo com o genótipo, mas também é influenciado pelas condições ambientais e práticas de manejo, como a nutrição das plantas, e ainda pode estar relacionado ao vigor das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2012). Ainda no quadro 1, constatou-se que o PMS em ambas cultivares foi influenciado pela salinidade nas condições impostas neste estudo.

A salinidade origina menor produção de assimilados pelas plantas em decorrência da redução da fotossíntese, devido à diminuição da disponibilidade de CO<sub>2</sub> no interior das folhas em função do fecho de estomas (Carmona, 2011), afetados pela redução do potencial osmótico da solução do solo, o que interfere na absorção de água pela planta (Figueirêdo *et al.*, 2009). O fecho dos estomas gera uma série de efeitos deletérios, que culminam em menor acumulação de assimilados nas folhas e também alterações na partição de assimilados, devido ao aumento dos processos de consumo de energia, tais como ajuste osmótico e processos de transporte ativo de iões, pelo excesso de sais na planta (Marcondes e Garcia, 2009) e, conseqüentemente, reduzindo o afilhamento das plantas, característica associada ao alto rendimento de grãos, interferindo desta forma no peso de 1000 sementes.

O efeito do excesso de sais sobre a transpiração das plantas determina o suprimento de água, por fluxo de massa e, conseqüente absorção de macronutrientes e de iões tóxicos, como o próprio sódio (Carmona *et al.*, 2009).

Para o número de panículas estéreis (Quadro 1) o stresse da EAN, para ambas cultivares, foi o que proporcionou maior efeito negativo. No entanto, quando se compara o comportamento das duas cultivares observa-se diferença entre as cultivares somente no stresse dos 35AN, o qual resultou em 11 panículas estéreis a mais para a cultivar BRS Bojuru em relação a cultivar IRGA 417. De acordo com Cui *et al.* (1995), quando o arroz entra na fase reprodutiva, a salinidade pode causar variações morfológicas semelhantes à de outros stresses ambientais, inibindo o crescimento de estruturas das plantas, ocorrendo a degeneração das ráquis primárias e secundárias e das espiguetas nas panículas.

Nessas circunstâncias, a esterilidade de espiguetas é um parâmetro que se correlaciona negativamente com o rendimento de grãos da cultura (Khatun *et al.*, 1995). Uma vez que a diferenciação das ráquis primária e secundária e das espiguetas ocorre durante um breve intervalo, no início da formação da panícula, o stresse salino anterior ou durante essa fase causa maiores danos à formação das espiguetas, em comparação ao stresse causado após esse período, que é menor ou nulo (Zeng *et al.*, 2001). O aumento na esterilidade de espiguetas de arroz constitui um dos efeitos mais marcantes da irrigação com água salinizada durante a fase reprodutiva, podendo-se refletir em perdas importantes em produtividade (IRRI, 2007). Na cultura do arroz especialmente no período de plântula e reprodutivo, a salinidade na água de irrigação pode ocasionar danos como diminuição do afilamento, esterilidade das espiguetas e morte de plantas (Carmona, 2011).

No que se refere a percentagem de plântulas normais pelo teste de PCG das sementes produzidas em condições de stresse salino (Quadro 2), constatou-se que as plântulas obtidas na cultivar IRGA 417, foram afetadas negativamente pelos stresses durante EM e EAN, enquanto que para a cultivar BRS Bojuru o menor número de plântulas normais foi obtido com o stresse durante todo o

**Quadro 2** - Quadro 2. Percentagem de plântulas normais obtidas no teste de primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA) de sementes de arroz oriundas das cultivares IRGA 417 e BRS Bojuru, submetidas a diferentes períodos de stresse salino no ensaio 1

Stresse	PCG (%)		G (%)		TF (%)		EA (%)	
	IRGA 417	BRS Bojuru	IRGA 417	BRS Bojuru	IRGA 417	BRS Bojuru	IRGA 417	BRS Bojuru
	C <sup>2</sup>	81 a*	17 b	96 ab*	82 c	80 a*	51 a	91 a*
EM	67 b*	7 c	88 b*	80 c	53 b	49 a	58 b*	31 bc
EAN	56 c*	11 bc	92 ab*	85 bc	62 b*	50 a	77 a*	47 ab
E35	82 a*	15 bc	97 a*	91 ab	78 a*	45 a	93 a*	32 bc
35AN	78 a*	33 a	95 ab	92 ab	59 b*	49 a	77 a*	43 abc
ANM	81 a*	30 a	97 a	94 a	75 a*	57 a	93 a*	54 a
Média	74	19	94	87	68	50	82	39

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de tukey (p≤0,05). Média seguida de \*, dentro de cada variável, diferem entre si na linha pelo teste de tukey (p≤0,05). <sup>2</sup>C- Sem stresse (controle); EM- da emergência (E) até a maturidade (M); EAN- da emergência até a ântese (AN); E35- da emergência até 35 dias após a emergência; 35AN- dos 35 dias após a emergência até a ântese; e ANM- da ântese até a maturidade.

ciclo (EM), juntamente com os stresses em EAN e E35. A cultivar IRGA 417 apresentou melhor desempenho que a cultivar BRS Bojuru em todos os tratamentos. Os resultados obtidos por Lemes *et al.* (2016) também mostraram que, à medida que se aumenta a concentração salina da água de irrigação, diminui a percentagem de plântulas normais pelo teste de primeira contagem de germinação e germinação em sementes de arroz.

Em relação a viabilidade das sementes produzidas obtida pelo teste de germinação (Quadro 2), foi observado para a cultivar IRGA 417 que o stresse durante EM apresentou menor percentagem de plântulas normais, da mesma forma que o controle (C) e os stresses em EAN e 35AN. O controle (C) e o stresse EM e EAN foram os que resultaram em menor número de plântulas normais para a cultivar BRS Bojuru. Comparando as cultivares, a IRGA 417 foi superior à cultivar BRS Bojuru no C, EM, EAN e E35. No entanto, Castellanos *et al.* (2016) observaram que sementes de trigo produzidas em condição de stresse salino apresentaram melhores resultados na percentagem de plântulas normais no teste de primeira contagem da germinação e germinação das sementes em condição de stresse salino.

Em relação ao teste de frio (Quadro 2), constatou-se que as sementes da cultivar IRGA 417 quando expostas ao frio, os tratamentos EM, EAN e 35AN prejudicaram a capacidade das sementes em produzir plântulas normais nessa condição de stresse. Para a cultivar BRS Bojuru não foi observado diferença entre os períodos de stresse. Ao comparar as cultivares, a IRGA 417 foi, no geral, superior a BRS Bojuru. No envelhecimento acelerado, foi observado para a cultivar IRGA 417, que o EM reduziu a percentagem de plântulas normais das sementes produzidas nesta condição de stresse (Quadro 2). Já para cultivar BRS Bojuru, o C juntamente com o EM, E35 e 35AN foram os que apresentaram menor percentagem de plântulas normais. Na comparação entre as cultivares de arroz utilizadas no trabalho, observou-se que a cultivar IRGA 417 apresentou melhores resultados que a cultivar BRS Bojuru em todos os tratamentos.

A redução do processo fotossintético, no desenvolvimento das plantas, pode conduzir a disfunções fisiológicas, como a inibição do transporte de água e mudanças no equilíbrio hormonal (Parent *et al.*, 2008). A fim de manter adequadamente sua atividade metabólica, a planta recorre às suas reservas de carboidratos, devido ao aumento dos processos de consumo de energia, tais como ajuste osmótico e processos de transporte ativo de íons, pelo excesso de sais na planta (Marcondes e Garcia, 2009). Desta forma, a ocorrência de condição stressante pode afetar a produção e qualidade das sementes devido à mudança da preferencialidade de alocação e translocação de assimilados na planta (Kozłowski, 1997).

## Ensaio 2

Em relação ao número de sementes por planta (Quadro 3), foi observado que o EM apresentou menor NSPL, juntamente dos stresses EAN, E35 e 35AN. Não foi verificado diferença entre as cultivares para o número de sementes por planta. Conforme já mencionado, existe um período curto no ciclo da cultura que define o número de sementes por planta (15-23 dias antes da floração), justificando os resultados obtidos neste trabalho com o EM, definido como salinidade durante todo o ciclo da cultura.

Para o peso de sementes por planta (Quadro 3) o controle (C) e o stresse durante a ântese até a maturidade (ANM) foram os que apresentaram melhor resposta em ambas as cultivares, os quais obtiveram quase o dobro do peso do EM (stresse da emergência até a maturidade), sendo o que mais prejudicou o potencial produtivo das cultivares utilizadas. O peso de sementes depende, primeiramente do tamanho da casca, que é determinada, aproximadamente, uma semana antes da floração (Yoshida, 1981). Em segundo lugar, depende da formação destas sementes durante a fase de maturação. Perante isto, o resultado obtido neste estudo é justificado pelo facto do stresse ter ocorrido nos períodos críticos para essa variável. Segundo Carmona *et al.* (2011), as perdas de produtividade em função da salinidade podem ocorrer devido a uma série de causas, como redução da capacidade fotossintética, menor acumulação de fotoassimilados nos grãos, além do decréscimo no enchimento dos grãos, pelo aporte deficitário de carboidratos às panículas.

Já para o peso de 1000 sementes (Quadro 3), os stresses em EM, EAN e 35AN proporcionaram menor PMS. Na comparação entre cultivares, as sementes da cultivar BRS Bojuru apresentaram melhor resultado. De salientar que, essa melhor resposta da cultivar BRS Bojuru pode estar associada a sua origem genética, independente da salinidade essa cultivar apresenta valor mais elevado de PMS em relação a cultivar IRGA 417. Harter (2014) verificou redução no peso de 1000 sementes da cultivar IRGA 417 quando estas foram produzidas em condição de stresse salino. É importante destacar que a salinidade durante o período vegetativo e próximo ao florescimento gera redução no peso de 1000 sementes. Ressalta-se também que o peso de mil sementes é um importante indicador de qualidade, pois sementes mais pesadas podem apresentar maior reserva e conseqüentemente gerar plântulas mais vigorosas, resultando em maiores produtividades no campo.

Com o objetivo de verificar a influência da salinidade em diferentes estágios da cultura do arroz, Fraga *et al.* (2010) observaram que há diferenças do efeito da salinidade sobre os componentes do rendimento em diferentes estágios da cultura. Ainda, segundo os mesmos autores, os componentes mais afetados pela salinidade que interferem na

**Quadro 3** - Quadro 3. Número de panículas por planta (NPANPL), número de sementes por planta (NSPL), peso de sementes por planta (PSPL), peso de 1000 sementes (PMS) e número de panículas estéreis (NPANEST) de sementes de arroz das cultivares IRGA 417 e BRS Bojuru, submetidas a diferentes períodos de stresse salino no ensaio 2

Stresse	NSPL		PSPL (g)	
	IRGA 417	BRS Bojuru	IRGA 417	BRS Bojuru
C <sup>2</sup>	1590 a <sup>1</sup>	1669 a	40,59 a	53,32 a*
EM	900 c	1019 c	20,07 d	23,51 c
EAN	1020 bc	1020 bc	19,38 d	28,38 bc*
E35	1158 bc	1158 bc	29,10 bc	35,21 b*
35AN	1163 ab	1163 ab	25,26 cd	29,07 bc
ANM	1340 ab	1340 ab	35,13 ab	46,74 a*
Média	1195	1276	28,25	36,04

  

Stresse	PMS		NPANEST	
	IRGA 417	BRS Bojuru	IRGA 417	BRS Bojuru
C	24,08 a	29,03 a	25 a*	12 b
EM	21,72 b	25,01 b	19 b	17 ab
EAN	21,83 b	24,95 b	12 c	21 a*
E35	23,90 a	29,04 a	15 bc	14 b
35AN	22,01 b	26,59 b	15 bc	15 b
ANM	24,31 a	30,10 a	14 c	12 b
Média	22,97	27,45*	17	15

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Média seguida de \*, dentro de cada variável, diferem entre si na linha pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>2</sup>C- Sem stresse (controle); EM- da emergência (E) até a maturidade (M); EAN- da emergência até a ântese (AN); E35- da emergência até 35 dias após a emergência; 35AN- dos 35 dias após a emergência até a ântese; e ANM- da ântese até a maturidade.

produção de grãos, quando o stresse é causado a partir do estágio de afilamento, são o número total de panículas, o número de grãos por panícula e peso de 1000 grãos. Já quando o stresse é causado a partir do período reprodutivo, o número total de panículas foi a característica que menos se correlacionou com a produção. O controle (C) apresentou maior número de panículas estéreis (NPANEST) para a cultivar IRGA 417, enquanto que, para a cultivar BRS Bojuru, o maior NPANEST foi obtido com o stresse em EAN e EM (Quadro 3).

Em relação à qualidade fisiológica das sementes produzidas no segundo ano de ensaio não foi observado significância estatística para o teste de primeira contagem da germinação. Já a maior percentagem de plântulas normais obtidas pelo teste de germinação foi verificada para a cultivar IRGA 417, independente do período de stresse (Quadro 4). Deuner *et al.* (2011), observaram que

**Quadro 4** - Quadro 4. Percentagem de plântulas normais obtidas no teste de primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), teste de frio (TF) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes oriundas das cultivares IRGA 417 e BRS Bojuru, submetidas a diferentes períodos de stresse salino no ensaio 2

Stresse	G (%)		TF (%)		EA (%)	
	IRGA 417	BRS Bojuru	IRGA 417	BRS Bojuru	IRGA 417	BRS Bojuru
C <sup>2</sup>	95 <sup>1</sup>	94	93 a*	86 a	93 a	92 a
EM	93	90	84 bc	80 a	91 a*	81 b
EAN	96	90	83 c	83 a	93 a*	81 b
E35	96	94	91 abc*	83 a	91 a*	85 b
35AN	94	93	93 a*	81 a	93 a*	84 b
ANM	92	93	92 ab*	84 a	92 a*	85 b
Média	94*	92	89	83	92	85

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Média seguida de \*, dentro de cada variável, diferem entre si na linha pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>2</sup>C- Sem stresse (controle); EM- da emergência (E) até a maturidade (M); EAN- da emergência até a ântese (AN); E35- da emergência até 35 dias após a emergência; 35AN- dos 35 dias após a emergência até a ântese; e ANM- da ântese até a maturidade.

sementes de feijão-miúdo, quando germinadas em substratos humedecidos com várias concentrações de NaCl, diminuem a percentagem de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca da parte aérea e da raiz das plântulas oriundas. Em arroz, Lima *et al.* (2005), ao utilizarem cultivares BRS Bojuru e IAS 12-9 Formosa (tolerantes ao sal) e BRS Agrisul e BRS 6 Chuí (sensíveis ao sal) tratadas com NaCl, verificaram decréscimo na germinação em todas as cultivares, em função do aumento da concentração salina, e indicaram que a salinidade afeta o desenvolvimento de plântulas normais e diminui a viabilidade e o vigor das sementes.

O tempo de exposição e permanência das sementes sob condições adversas são fatores de grande importância para que a germinação ocorra. Assim, em condições desfavoráveis, o tempo de germinação tende a aumentar até que as sementes possam desenvolver mecanismos de adaptação (Barroso *et al.*, 2010). Ao submeter as sementes de arroz a situações de stresse por baixa e alta temperatura (Quadro 4), pode-se observar que as sementes da IRGA 417 quando expostas ao teste de frio, apresentaram a menor percentagem de plântulas normais nas sementes oriundas do EAN, EM e E35.

As sementes obtidas da cultivar BRS Bojuru quando expostas ao frio (TF) não apresentaram diferença entre os períodos de stresse. As sementes quando expostas ao teste de envelhecimento acelerado (EA) apresentaram comportamento diferente, para a cultivar IRGA 417 não houve diferença entre os diferentes períodos de stresse salino, já para a cultivar BRS Bojuru o controle (C) foi o que apresentou maior percentagem de plântulas normais em comparação aos demais períodos de stresse. Comparando as duas cultivares, constatou-se que a IRGA 417 foi superior a BRS Bojuru em quase todos os períodos de stresse salino, não diferindo apenas no C. Essa resposta pode indicar que, a severidade do stresse salino para as plantas da cultivar BRS Bojuru, pode afetar negativamente, o vigor das sementes produzidas e assim o período de armazenamento destas sementes de acordo com o EA.

Com base nos resultados obtidos no ensaio, observou-se que a salinidade afetou a produção de sementes de arroz. Também foi possível constatar que as cultivares apresentam respostas diferentes quando submetidas aos diferentes períodos de stresse salino, sendo o stresse causado durante a emergência até a ântese (EAN) e próximo ao florescimento (35AN) os mais prejudiciais à cultura. No geral, a cultivar BRS Bojuru mostrou-se

mais tolerante a salinidade, refletindo em maior produção perante o stresse imposto. Além disso, a utilização de diferentes concentrações salinas afeta a cultura em graus de severidade distintos, no primeiro ano de ensaio, em que foi realizada a rega com solução de 16 mM observou-se uma redução mais acentuada das características agrônomicas do que no segundo ano onde foi utilizada a concentração de 12 mM. De salientar que as alterações causadas pela salinidade variam com a espécie e o estágio de desenvolvimento da planta, assim como com o tipo de stresse, a duração e a intensidade do mesmo.

## CONCLUSÕES

As características agrônomicas e a qualidade fisiológica das sementes de ambas cultivares são afetadas pelos períodos de stresse causados durante todo ciclo da cultura (EM), durante o período da emergência até a ântese (EAN) e dos 35 dias após a emergência até a ântese (35AN).

A cultivar BRS Bojuru apresenta melhor desempenho perante o stresse salino para as características agrônomicas do que para a qualidade fisiológica nas mesmas condições de cultivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barroso, C.M.; Franke, L.B. & Barros, I.B.I. (2010) – Substrato e luz na germinação das sementes de rainha-do-abismo. *Horticultura Brasileira*, vol. 28, n. 2, p. 236-240. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000200018>
- Borzouei, A.; Kafi, M.; Akbari-Ghogdi, E. & Mousavi-Shalmani, M. (2012) – Long term salinity stress in relation to lipid peroxidation, super oxide dismutase activity and proline content of salt sensitive and salt-tolerant wheat cultivars. *Chilean Journal of Agricultural Research*, vol. 72, n. 4, p. 476-482. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392012000400003>
- Brasil (2009) – *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 395 p.
- Carmona, F.C. (2011) – *Salinidade da água e do solo e sua influência sobre o arroz irrigado*. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). 116f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Carmona, F.C.; Anghinoni, I.; Meurer, E.J.; Holzschuh, M.J. & Fraga, T.I. (2009) – Estabelecimento do arroz irrigado e absorção de cátions em função do manejo da adubação potássica e do nível de salinidade no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 33, n. 2, p. 371-383. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000200015>
- Carmona, F.C.; Anghinoni, I. & Weber, E. (2011) – *Salinidade da água e do solo e seus efeitos sobre o arroz irrigado no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 54p. (Boletim Técnico).
- Carvalho, N.M. & Nakagawa, J. (2012) – *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 590 p.

- Castellanos, C.I.S.; Rosa, M.P.; Deuner, C.; Bohn, A.; Barros, A.C.S.A. & Meneghello, G.E. (2016) – Aplicação ao solo de cinza de casca de arroz como fonte de silício: efeito na qualidade de sementes de trigo produzidas sob estresse salino. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 39, n. 1, p. 95-104. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15011>
- Cícero, S. M. & Vieira, R.D. (1994) – Teste de frio. In: Vieira, R.D. & Carvalho, N.M. (Eds.) – *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, p. 151-164.
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004) – *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, 400 p.
- Cui, H.; Takeoka, Y. & Wada, T. (1995) – Effect of sodium chloride on the panicle and spikelet morphogenesis in rice. *Japanese Journal of Crop Science*, vol. 64, n. 3, p. 593-600. <https://doi.org/10.1626/jcs.64.593>
- Delouche, J.C. & Baskin, C.C. (1973) – Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, vol. 1, n. 3, p. 427-452.
- Deuner, C.; Maia, M.S.; Deuner, S.; Almeida, A.S. & Meneghello, G.E. (2011) – Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, n. 4, p. 711-720.
- Figueirêdo, V.B.; Medeiros, J.F. de; Zocoler, J.L. & Espínola Sobrinho, J. (2009) – Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. *Engenharia Agrícola*, vol. 29, n. 2, p. 231-240. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000200006>
- Fraga, T.I.; Carmona, F.C.; Anghinoni, I.; Genro Junior, S.A. & Marcolin, E. (2010) – Flooded rice yield as affected by levels of water salinity in different stages of its cycle. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 34, n. 1, p. 175-182. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000100018>
- Gheyi, H.R.; Dias, N.S. & Lacerda, C.F. (Eds.). (2010) – *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal. 472 p.
- Harter, F. S. (2014) – *Tolerância de cultivares de arroz irrigado ao estresse salino*. 2014. 131f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas.
- IRRI (2007) – *Rice doctor*. International Rice Research Center. [http://www.knowledgebank.irri.org/riceDoctor\\_MX/default.htm](http://www.knowledgebank.irri.org/riceDoctor_MX/default.htm)
- Khatun, S. & Flowers, T.J. (1995) – The estimation of pollen viability in rice. *Journal of Experimental Botany*, vol. 46, n. 1, p. 151-154. <https://doi.org/10.1093/jxb/46.1.151>
- Kozłowski, T.T. (1997) – Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology*, vol. 17, n. 7, art. 490. <https://doi.org/10.1093/treephys/17.7.490>
- Larré, F.C.; Mirini, P.; Moraes, C.L.; Amarante, L. & Moraes, D.M. (2014) – Influência do 24-epibrassinolídeo na tolerância ao estresse salino em plântulas de arroz. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 35, n. 1, p. 67-76. <https://10.5433/1679-0359.2014v35n1p67>
- Lemes, E.S.; Oliveira, S.; Tavares, L.C.; Mendonça, A.O.; Leitzke, I.D.; Meneghello, G.E. & Barros, A.C.S.A. (2016) – Productivity and physiological quality of irrigated rice seeds under salt stress and carbonized rice husk ashes fertilization. *Revista de Agrociência*, vol. 50, p. 307-321.
- Lima, M.G.S. (2008) – *Deteção de genes e expressão enzimática em cultivares de arroz (Oryza sativa L.) crescidas sob estresse salino*. 2008. 93f. Tese (Doutorado em Ciências) – Fisiologia vegetal, Departamento de Botânica, Pelotas.
- Lima, M.G.S.; Lopes, N.F.; Moraes, D.M. & Abreu, C.M. (2005) – Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 27, n. 1, p. 54-61. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222005000100007>
- Marcondes, J. & Garcia, A.B. (2009) – Aspectos citomorfológicos do estresse salino em plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.). *Arquivos do Instituto Biológico*, vol. 76, n. 2, p. 187-194.
- Parent, C.; Capelli, N.; Berger, A.; Crèvecoeur, M. & Dat, J.F. (2008) – An overview of plant responses to soil waterlogging. *Plant Stress*, vol. 2, p. 20-27.
- Pereira, D.P.; Bandeira, D.L. & Quincozes, E. da R.F. (Eds.) (2005) – *Cultivo do arroz irrigado no Brasil*. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil>
- Schossler, T.R.; Machado, D.M.; Zuffo, A.M.; Andrade, F.R. & Piauilino, A.C. (2012) – Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, vol. 8, n. 15, p. 1563-1578.

- Streck, E.V.; Kämpf, N.; Dalmolin, R.S.D.; Klamt, E., Nascimento, P.C.; Schneider, P.; Giasson, E. & Pinto, L.F.S. (2008) – *Solos do Rio Grande do Sul*. 2.ed. Porto Alegre, EMATER/RSASCAR, p. 222.
- Yoshida, S. (1981) – *Fundamentals of rice crop science*. Los Baños, IRRI, 269 p.
- Zeng, L.; Shannon, M.C. & Lesch, S.M. (2001) – Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. *Agricultural Water Management*, vol. 48, n. 3, p. 191-206. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00146-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00146-3)