

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SEMENTES**



Dissertação

**Potencial fisiológico das sementes de arroz da cultivar BRS AG
em resposta ao estresse salino**

Jerffeson Araujo Cavalcante

Pelotas, 2016

Jerffeson Araujo Cavalcante

**Potencial fisiológico das sementes de arroz da cultivar BRS AG
em resposta ao estresse salino**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Professor. Dr. Dario Munt de Moraes, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do Título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientador: Prof. Dr. Dario Munt de Moraes

Coorientador: Dra. Caroline Leivas Moraes

Dra. Fernanda Reolon

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C376p Cavalcante, Jerffeson Araujo

Potencial fisiológico de sementes de arroz da cultivar BRS AG em resposta ao estresse salino / Jerffeson Araujo Cavalcante ; Dario Munt de Moraes, orientador ; Fernanda Reolon, Caroline Leivas Moraes, coorientadores. — Pelotas, 2016.

42 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Oryza sativa L.. 2. Semente. 3. Salinidade. 4. Qualidade fisiológica. I. Moraes, Dario Munt de, orient. II. Reolon, Fernanda, coorient. III. Moraes, Caroline Leivas, coorient. IV. Título.

CDD : 633.18

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Dario Munt de Moraes (Orientador) Doutor em Agronomia pela Universidade
Federal de Pelotas

.....
Prof. Dr. Sidnei Deuner, Doutor em Agronomia (Fisiologia Vegetal) pela Universidade
Federal de Lavras

.....
Prof. Dra. Lilian Vanussa Madruga de Tunes, Doutora em Agronomia pela Universidade
Federal de Santa Maria

.....
Dra. Cristina Larré, Doutora em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas

Dedico

A Deus, que me fortalece nos momentos de fraqueza.

Aos meus pais, Maria Dilma e Lino, por terem sempre se dedicado para ajudar-me a chegar aonde cheguei. Lembrem-se, essa conquista também é de vocês.

“Quando um semeador sepulta uma semente, ele se entristece por alguns momentos e se alegra para posteridade. Entristece-se por que nunca mais a verá. Alegra-se porque ela renascerá e se multiplicará em milhares de novas sementes”.

Augusto Cury

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu a oportunidade de estudar e realizar este sonho, e por ter me dado sabedoria, conhecimento e força para concluir este mestrado.

A minha família, em especial aos meus pais e irmãos queridos, que estiveram sempre presente ao longo desta caminhada, onde acompanharam momentos de aflição e alegria, dando força e palavras de conforto que me fizeram seguir em frente, passando por mais esta etapa da vida.

Ao meu orientador Dario Munt de Moraes, pela orientação, ensinamentos transmitidos, confiança e incentivo na realização deste trabalho.

As minhas coorientadoras Fernanda Reolon e Caroline Leiva Moraes, pelas contribuições, ajuda e inestimada dedicação, principalmente por acreditar no meu trabalho e na minha capacidade de luta para alcance de ideais.

Aos membros da banca examinadora, Professora Dra. Lilian Vanussa Madruga de Tunes, Professor Dr. Sidnei Deuner e a Dra. Cristina Larré.

À Universidade Federal de Pelotas, à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, em especial aqueles professores que contribuíram de forma positiva no meu desenvolvimento pessoal e de obtenção de novos conhecimentos.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa e auxílio de custos para o desenvolvimento de experimentos.

Aos meus estimados amigos Ricardo Miotto, Sandro de Oliveira, Elisa Lemes e André Capilheira, carregarei a amizade de vocês pelo resto da minha vida, meu muito obrigado.

Aos amigos e colegas deste percurso, em especial meus colegas de mestrado, obrigado pela amizade, auxílio na execução dos experimentos e principalmente pelo carinho nos meses iniciais no Rio Grande do Sul.

Aos amigos da Fisiologia Vegetal, obrigado imensamente pelo carinho e apoio.

Enfim, agradeço veementemente a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para eu realizasse esse sonho.

Resumo

Cavalcante, Jerffeson Araujo. **Potencial fisiológico das sementes de arroz da cultivar BRS AG em resposta ao estresse salino**, 2016. 42f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A cultivar de arroz BRS AG foi desenvolvida recentemente visando atender a atributos agronômicos regionais para a produção de etanol. No entanto, como se trata de uma nova cultivar de arroz, com perspectivas para ser inserida no mercado agrícola, tem-se a necessidade de avaliar seu desempenho em ambientes adversos. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes níveis salinos. Foram utilizadas quatro concentrações de cloreto de sódio (NaCl), zero, 50, 100 e 150mM e as respostas das sementes a essas variações foram avaliadas pelos testes de germinação, primeira contagem de germinação, além do comprimento e massa seca da parte aérea e da raiz, atividade respiratória e índice de tolerância ao estresse. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema bifatorial 2 x 4, sendo duas cultivares de arroz e quatro concentrações de NaCl, respectivamente, com três repetições por tratamento com quatro subamostra cada. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos, as variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as variáveis quantitativas submetidas à análise de regressão polinomial. Observou-se para a germinação que as sementes de ambas as cultivares apresentaram a mesma tendência quando submetidas ao estresse salino, contudo, a germinação das sementes da cultivar BRS Pampa apresentaram-se mais sensíveis aos efeitos deletérios do NaCl. Para as variáveis de crescimento e acúmulo de massa seca, constatou-se o mesmo comportamento verificado na germinação, sendo a BRS AG superior a BRS Pampa. A atividade respiratória das sementes de ambas as cultivares é afetada pelo excesso de sais no processo de hidratação, proporcionando variações ao longo do tempo de hidratação. Portanto, nas condições do experimento, as sementes de arroz da cultivar BRS AG apresentaram-se menos sensíveis aos efeitos danosos do NaCl.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., semente, salinidade, qualidade fisiológica.

Abstract

Cavalcante, Jerffeson Araujo. **physiological quality of rice seeds of cultivar BRS AG in response to salt stress**, 2016. 42f. Master of Seed and Science Technology - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The rice cultivar BRS AG was recently developed in order to meet regional agronomic traits for the production of ethanol. However, it is a new cultivar of rice, with prospects to be included in the agricultural market, being necessary to evaluate their behavior in adverse environments. The objective of the study was to evaluate the physiological quality of rice seeds of BRS AG and BRS Pampa under different saline levels. The seeds were subjected in four concentrations of sodium chloride (NaCl), zero, 50, 100 and 150 mM and the responses of the seeds of these variations were evaluated by germination, first count, seedling shoot and root length and dry weight, respiratory activity and stress tolerance index. The experimental design was a completely randomized in factorial design with two rice cultivars and four concentrations of NaCl, with three replicates per treatment with four each subsample. The experimental data were subjected to variance analysis and when significant, qualitative variables were compared by Tukey test at 5% probability and quantitative variables submitted to polynomial regression analysis. It was observed for seeds germination of both cultivars the same behavior when subjected to salt stress. However, the seeds germination of BRS Pampa presented more sensitive to the deleterious effects of NaCl. For the variables of growth and dry matter accumulation, there was the same behavior observed in seeds germination, the BRS AG seeds germinated more than BRS Pampa seeds. The respiratory activity of seeds of both cultivars is affected by excess salts in the hydration process, providing variations throughout the hydration time. Therefore, the experimental conditions, the rice seeds of BRS AG had become less sensitive to the damaging effects of NaCl.

Keywords: *Oryza sativa* L., seed, salinity, physiological quality.

Lista de Figuras

- Figura 1.** Germinação (A), primeira contagem de germinação (B) e índice de velocidade de germinação (C) de sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl..... 36
- Figura 2.** Comprimento da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas oriundas de sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl 37
- Figura 3.** Massa seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas oriundas de sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl..... 38
- Figura 4.** Atividade respiratória de sementes de arroz das cultivares BRS AG (A) e BRS Pampa (B) submetidas a diferentes concentrações de NaCl..... 39

Lista de tabelas

Tabela 1. Análise de variância das variáveis germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) de sementes de arroz (das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl..... 34

Tabela 2. Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) de sementes de arroz das cultivares BRS AG (AG) e BRS Pampa (PA) submetidas a diferentes concentrações de NaCl..... 35

Tabela 3. Índice de tolerância ao estresse das variáveis comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) e massa seca total de plântulas de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa..... 40

Sumário

Resumo	i
Abstract	ii
Lista de Figuras	ii
Lista de Tabelas	iv
Introdução Geral	11
Artigo 1 - Desempenho das cultivares de arroz BRS AG e BRS Pampa em resposta ao estresse salino	15
Resumo	15
Abstract	16
Introdução	16
Material e Métodos	19
Resultados e Discussão	22
Conclusão	28
Agradecimentos	29
Referências Bibliográficas	29
Tabela 1	34
Tabela 2	35
Figura 1	36
Figura 2	37
Figura 3	38
Figura 4	39
Tabela 3	40
Referências Bibliográficas	41

Introdução Geral

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, com grande importância socioeconômica para países em desenvolvimento (CAMPESTRINI et al., 2014). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2015) afirma que a produção mundial de arroz triplicou nos últimos 50 anos até atingir, em 2010, cerca de 672 milhões de toneladas, sendo superada apenas pelo milho, que atingiu mais de 800 milhões de toneladas, indicando a necessidade de buscar novas tecnologias de produção que possibilitem maior produtividade visando novos mercados para esta cultura.

De acordo com a FAO (2015), os principais produtores mundiais de arroz se concentram no Continente Asiático, que produz 90%, e a América com 6% do total produzido mundialmente. No ano agrícola de 2015, a China encabeçou a lista com 142,1 milhões de toneladas ano⁻¹, a Índia com 103,8 milhões de toneladas ano⁻¹, seguido por Indonésia, Bangladesh e Vietnã, com 45,8, 34,6 e 29 milhões de toneladas ano⁻¹, respectivamente, enquanto o Brasil e os Estados Unidos ocuparam o nono e décimo segundo lugares, com 12,4 e 9 milhões de toneladas ano⁻¹.

Assim, o Brasil encontra-se entre os dez principais produtores de arroz no mundo, na safra 2015/2016 a produção estimada é de 10,6 milhões de toneladas, mesmo com a redução de área produção em relação a safra 2014/2105, sendo o Estado Rio Grande do Sul, responsável por 70,2% da produção nacional do cereal na safra atual (CONAB, 2016). Este cenário demonstra claramente o papel de destaque exercido pelo arroz produzido no RS para a agricultura brasileira.

Baseado nisso e considerando que o estado importa 98% do etanol que consome, a busca por alternativas visando atender a atributos agrônômicos regionais para a produção desse biocombustível tem se intensificado, como por exemplo, a produção de etanol proveniente de biomassa de sementes de arroz, já que no Rio Grande do Sul (RS), seu cultivo ocupa um lugar de destaque caracterizando-se também como a principal atividade econômica de interesse na metade sul do estado (ALMEIDA et al., 2011).

A produção de etanol a partir do arroz, em escala industrial, depende da utilização do subproduto do beneficiamento denominado de “arroz quebrado”, do

excedente de produção do grão para alimentação humana e sua disponibilização como matéria-prima para este fim, ou do desenvolvimento de novas cultivares que não sejam adequadas para alimentação humana, mas que sejam ricas fontes de amido para produção de etanol. No caso da produção de etanol via grãos de arroz, o processo de seleção do melhoramento genético é simplificado pela terceira parte, pois visa atender apenas caracteres agronômicos onde o fator produtividade é o principal, não havendo necessidade de se obter grãos de qualidade industrial e culinária (MAGALHÃES; AGUIAR, 2012).

Nesse sentido, o melhoramento genético tem desempenhado um importante papel no desenvolvimento de cultivares que possibilitem aos agricultores o cultivo de constituições genéticas de alto potencial produtivo que não atendem os padrões de consumo humano, mas que podem ser plenamente utilizadas para produção de etanol (BERTAN, 2005).

Visando atender a essa expectativa, após oito anos de pesquisa, a Embrapa Clima Temperado (Pelotas-RS) desenvolveu a cultivar BRS AG, conhecida pelos pesquisadores como “gigante”, é resultante de um cruzamento envolvendo genes do genótipo introduzido SLG1 (super large grain) (TAKITA, 1983), cujas dimensões do grão são maiores que o arroz convencional e extremamente farináceos, surgindo assim, como uma excelente fonte, seja para alimentação animal diretamente, ou como matéria-prima para produção de biocombustível.

As plantas da linhagem “gigante”, possuem ciclo biológico ao redor de 126 dias, da emergência à maturação. Essa cultivar tem 52g de peso médio de mil sementes, enquanto que a maioria das cultivares de arroz irrigado apresentam peso médio de 25 g. A altura média das plantas é de 110 cm. A espessura do colmo é de 5,5 mm o que lhe confere colmos fortes resistentes ao acamamento apesar da elevada estatura de plantas. As folhas são pilosas sendo a folha bandeira classificada como decumbente. Apresenta-se moderadamente resistente às principais doenças do arroz.

O manejo do arroz “gigante” é o mesmo do arroz comum, apresentando 40% a mais de produtividade, podendo ultrapassar 11 toneladas por hectare. Com uma tonelada é possível produzir 420 litros de etanol. No entanto, sua produção

tende a ser limitada pelas próprias usinas para evitar que os produtores migrem das lavouras do cereal comum para a produção de etanol.

Com a produção de etanol a partir do arroz “gigante”, a meta para a safra de 2015 seria produzir metade do volume do combustível comprado de outros estados. Nessas perspectivas, num volume de produção em termos de área, se for atingido 10% da área do estado e o restante destinado para a produção de alimentos, o etanol produzido seria suficiente para reduzir em 50% sua importação no Rio Grande do Sul. Assim, o estado, maior produtor de arroz no Brasil, será o maior beneficiado por essa pesquisa, já que ainda não possui uma produção representativa de etanol. No RS, há projetos de seis biorrefinarias para o processamento desses grãos, o que tornaria seu cultivo sustentável. Alguns grupos de empresários e até o governo do Estado têm motivado essa iniciativa.

Para que essas expectativas sejam atingidas, inúmeras linhas de pesquisa estão sendo exploradas no sentido de manter a viabilidade das sementes dessa nova cultivar, cujo desenvolvimento resultou em sementes com alto valor agregado.

Vale salientar que, algumas áreas do Rio Grande do Sul apresentam limitações ao cultivo do arroz irrigado, sendo a salinidade da água de irrigação um problema que afeta frequentemente lavouras das Planícies Costeiras à Laguna dos Patos e da região sul do Rio Grande do Sul (CARMONA et al., 2009). Segundo Lopes; Macedo (2008), a presença de sais interfere no potencial hídrico do solo, reduzindo o gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, restringindo a captação de água pela mesma, consequentemente, reduzindo sua germinação.

No Brasil, a área afetada pelo estresse salino corresponde a 2% da área total (MENEZES-BENAVENTE et al., 2004), sendo grande obstáculo à produtividade das lavouras, especialmente no Rio Grande do Sul, onde o sistema de irrigação ocorre principalmente por inundação e a água usada para irrigação provém de rios abastecidos por lagoas costeiras, podendo conduzir à salinização dos solos que possuem drenagem inadequada, impedindo a remoção do sal por lixiviação (HARTER et al., 2014).

A orizicultura é muito dependente da qualidade da água de irrigação, a qual está diretamente associada à salinidade e a toxicidade. Os efeitos indiretos da

salinidade ocorrem devido à concentração elevada de sódio ou outros cátions na solução do solo, que interferem nas condições físicas deste ou na disponibilidade de outros elementos, afetando indiretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Em muitos casos, a concentração de sais não atinge níveis osmóticos ou tóxicos capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas. No entanto, a concentração de íons diversos pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à absorção de nutrientes e, conseqüentemente, às atividades metabólicas em geral (ALSHAMMARY; et al., 2004; MANSOUR; SALAMA, 2004).

Considerando que os efeitos do estresse salino na cultivar BRS AG ainda são desconhecidos e que ainda não se tem informações disponíveis na literatura no que diz respeito à sua caracterização fisiológica, torna-se relevante todo e qualquer estudo em torno desta nova cultivar. Como também, comparar o potencial fisiológico de suas sementes com outras cultivares de arroz já estabelecidas no mercado orizícola, a exemplo, pode-se citar a BRS Pampa, cultivar altamente produtiva e reconhecida no mercado.

Assim, objetivou-se avaliar o potencial fisiológico das sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações salinas.

ARTIGO
RESVISTA: Pesquisa Agropecuária Brasileira

Potencial fisiológico de sementes de arroz da cultivar BRS AG em resposta ao estresse salino

Jerffeson Araujo Cavalcante⁽¹⁾, Fernanda Reolon⁽²⁾, Caroline Leivas Moraes⁽²⁾, Ariano Martins de Magalhães Júnior⁽³⁾, Ricardo Miotto Ternes⁽¹⁾, Dario Munt de Moraes⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Elizeu Maciel, Departamento de Fitotecnia, Avenida Eliseu Maciel, s/n, CEP: 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: jerffeson_agronomo@hotmail.com

⁽²⁾ Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Botânica, Avenida Eliseu Maciel, s/n, CEP: 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: fernandareolon@yahoo.com.br, caroline.moraes@gmail.com ⁽³⁾ Embrapa Clima Temperado, BR 392, km 78, CEP 96010-971, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: e-mail: ariano.martins@embrapa.br

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações salinas. Foram utilizadas quatro concentrações de cloreto de sódio (NaCl), zero, 50, 100 e 150mM e as respostas das sementes a essas variações foram avaliadas pelos testes de germinação, primeira contagem de germinação, além do comprimento e massa seca da parte aérea e da raiz e atividade respiratória. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema bifatorial 2 x 4, sendo duas cultivares de arroz e quatro concentrações de NaCl, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos, as variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as variáveis quantitativas submetidas à análise de regressão polinomial. A germinação das sementes da cultivar BRS AG mostrou-se menos sensível a salinidade que as sementes da cultivar BRS Pampa. O crescimento da parte aérea e da raiz e o acúmulo de massa seca das plântulas de ambas as cultivares de arroz é afetado negativamente em condições de estresse salino. A atividade respiratória das sementes de ambas as cultivares é afetada pelo excesso de sais no processo de hidratação.

Termos para indexação: Germinação, vigor, semente, *Oryza sativa* L., salinidade.

physiological quality of rice seeds of cultivar BRS AG in response to salt stress

ABSTRACT: The objective was to evaluate the physiological quality of rice seeds of BRS AG and BRS Pampa under different saline levels. The seeds were subjected in four concentrations of sodium chloride (NaCl), zero, 50, 100 and 150 mM and the responses of the seeds of these variations were evaluated by germination, first count, seedling shoot and root length and dry weight and respiratory activity. The experiment design was a completely randomized in factorial design, with two rice cultivars and four concentrations of NaCl. The experimental data were subjected to variance analysis and when significant, qualitative variables were compared by Tukey test at 5% probability and quantitative variables submitted to polynomial regression analysis. The germination of seeds of BRS AG was less sensitive to salinity than the seeds of BRS Pampa. The growth of shoot and root and dry matter accumulation of seedlings of both rice cultivars is affected negatively in salt stress conditions. The respiratory activity of seeds of both cultivars is affected by excess salts in the hydration process.

Keywords: Germination, vigor, seed, *Oryza sativa* L., salinity.

Introdução

A procura por uma matriz energética correta tem sido um dos principais desafios enfrentados pelos países interessados em diminuir a dependência de combustíveis fósseis, a fim de cumprir diversas exigências estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto, de diminuir a emissão de gases que aceleram o efeito estufa (Carvalho, 2002; Salvi, 2016). Nessa busca, destaca-se a produção de biodiesel, na qual tem atraído considerável atenção nas últimas décadas como uma alternativa renovável, se tornando cada vez mais importante por causar

menor impacto ambiental, quando comparado aos derivados do petróleo (Moncaleano-Escandon et al., 2013).

Uma das alternativas mais viáveis e aplicadas no mundo até o momento é o uso do etanol, sendo o Brasil um destaque a nível mundial no desenvolvimento dessa tecnologia. Contudo, esta tecnologia é baseada predominantemente na extração da sacarose a partir da cana-de-açúcar, cultura de grande competitividade econômica. Além da sacarose, outra fonte de carboidratos pouco difundida no Brasil, mas utilizada em maior escala em países como Estados Unidos e França na produção de etanol é o amido (Montesinos & Navarro, 2000).

O amido é considerado uma das fontes mais abundantes de carboidratos na natureza. No entanto, a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, de uso consagrado na produção industrial de etanol, não é capaz de converter o amido diretamente a etanol (Kondo, 2002), sendo necessária a adição de enzimas, o que aumenta de forma considerável o custo do processo. Assim, torna-se necessário a busca por tecnologias agrícolas para produção de grãos com maior percentagem de amido e que este seja compatível com a extração de etanol de forma rentável. Nesse contexto, o arroz vem assumindo papel de destaque, com grande potencial para a produção de etanol a partir do amido, além de ser uma das espécies cultivadas de maior relevância agrônômica no Brasil.

Visando atender a essa expectativa, após oito anos de pesquisa, a Embrapa Clima Temperado (Pelotas-RS) desenvolveu a cultivar BRS AG, conhecida pelos pesquisadores como “gigante”, resultante de um cruzamento envolvendo genes do genótipo introduzido SLG1 (super large grain) (Takita, 1983), cujas características do grão como dimensões, textura farinácea, conteúdo de amido e ausência de arista, além da alta capacidade produtiva, a diferenciam das cultivares convencionais, surgindo assim, como uma

excelente fonte, seja para alimentação animal diretamente, ou como matéria-prima para produção de biocombustível no sul do Brasil.

Todavia, como se trata de uma nova cultivar, tem-se a necessidade da realização de diversos estudos relacionados à tolerância dessa cultivar aos estresses abióticos, com o propósito de avaliar o seu comportamento em condições adversas, sendo tais estudos de suma importância para o estabelecimento da cultivar BRS AG no mercado orizícola.

Porém, o Sul do Brasil enfrenta um problema eminente com o excesso de sais tóxicos na água de irrigação, na qual as plantas são submetidas durante o seu desenvolvimento, especialmente no Rio Grande do Sul, onde o sistema de irrigação ocorre principalmente por inundação e a água utilizada para irrigação provém de rios abastecidos por lagoas costeiras, podendo conduzir à salinização dos solos que possuem drenagem inadequada, impedindo a remoção do sal por lixiviação (Harter et al., 2014).

Em geral, as plantas são mais sensíveis à salinidade durante a germinação e nos primeiros estágios de crescimento, afetando a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação das sementes (Barreto et al., 2010). Sendo de fundamental importância o conhecimento dos efeitos dos sais na planta e no solo, quando se pretende adotar práticas de manejos adequados da água e de cultivo (Gheyi et al., 2010). Contudo, torna-se necessário à realização de estudos que possibilitam a seleção de cultivares que sejam capazes de apresentar um crescimento satisfatório sob essas condições hostis.

Considerando que os efeitos do estresse salino na cultivar BRS AG ainda são desconhecidos e que ainda não se tem informações disponíveis na literatura no que diz respeito à sua caracterização fisiológica, torna-se relevante todo e qualquer estudo em torno desta nova cultivar. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações salinas.

Materiais e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Fisiologia de Sementes do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Foram utilizadas sementes das cultivares BRS Pampa e BRS AG desenvolvidas pela Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema bifatorial 2 x 4 (2 cultivares x 4 concentrações de NaCl), com três repetições para cada tratamento. Sendo as sementes submetidas às concentrações de zero (controle), 50, 100 e 150 mM de cloreto de sódio (NaCl) como descrito nas análises abaixo.

Teste de germinação (G): foi conduzido com 200 sementes, com três repetições, sendo cada repetição contendo quatro subamostras de 50 sementes, utilizando-se como substrato rolo de papel para germinação (germitest[®]), umedecido com 2,5 vezes o seu peso com água destilada (controle) e com solução de NaCl nas concentrações de 50, 100 e 150 mM (Brasil, 2009). As avaliações das plântulas normais foram realizadas aos 14 dias após a semeadura (DAS) e os resultados expressos em porcentagem de germinação.

Primeira contagem da germinação (PCG): foi realizada aos cinco dias a partir da semeadura, sendo conduzido juntamente com o teste de germinação e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

Índice de velocidade de germinação (IVG): foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, realizando-se contagens diárias a partir da protrusão de 3 cm da radícula pelo tegumento da semente, até que o número de plântulas emersas permanecesse constante. O resultado foi obtido pela média dos índices das repetições. O último dia de contagem para este teste foi o mesmo prescrito pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), para o teste de germinação. O cálculo da velocidade de germinação (IVG) foi efetuado de acordo com Maguire (1962).

Comprimento da parte aérea (CPA) e das raízes (CR): para a determinação do comprimento, 20 sementes foram distribuídas em duas linhas (10 sementes linha⁻¹) traçadas no terço superior de duas folhas de papel germitest[®], previamente umedecidas em água e soluções salinas com quantidade equivalente a 2,5 seu peso seco (Nakagawa, 1999). Posteriormente foram confeccionados rolos sendo os mesmo acondicionados em germinadores com temperatura de 25 °C. Após cinco dias, 10 plântulas foram selecionadas ao acaso de cada subamostra das três repetições, totalizando 120 plântulas. A medição do comprimento da parte aérea e das raízes foi obtida com auxílio de um paquímetro de precisão e os resultados expressos em cm plântula⁻¹.

Massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR): foi obtida na primeira contagem de germinação, pela média de 10 plântulas selecionadas para as medidas de comprimento. A determinação da massa seca das plântulas foi obtida gravimetricamente em estufa a $70 \pm 1^\circ\text{C}$ até massa constante, sendo os resultados expressos em g plântula⁻¹.

Atividade Respiratória (AR): determinada seguindo a metodologia adaptada por Moraes et al. (2012), utilizando três repetições com 4 g de sementes, devidamente embebidas por 24, 36, 48 e 96 h em água destilada e nas diferentes concentrações de NaCl (50, 100 e 150 mM). A medida da liberação de CO₂ das sementes foi realizada em aparelho de *Pettenkofer*, constituído por dois frascos lavadores de gases contendo hidróxido de sódio (NaOH), cuja finalidade foi reter o CO₂ do ar do ambiente, um frasco para armazenamento das sementes isento de CO₂ do ar ambiente e um frasco contendo hidróxido de bário (BaOH), cuja função é reagir com o CO₂ proveniente da atividade respiratória das sementes resultando na formação de carbonato de bário (BaCO₃), precipitado branco, formado na amostra na qual foi quantificado por titulação. Os frascos foram interligados por mangueira de silicone e esta acoplada a uma trompa aspiradora de

ar. O fluxo de ar foi regulado por meio de uma torneira, de modo que permitiu regular a velocidade do ar por meio da contagem de bolhas formadas nos frascos.

Após os referidos períodos de permanência no aparelho, foram coletadas três alíquotas de BaCO_3 , em cada repetição e adicionadas duas gotas de fenolftaleína, em seguida foram submetidas a titulação com ácido clorídrico (HCl) 0,1N. No ponto de viragem, foi registrado o volume de HCl gasto em cada uma das repetições, que foi diretamente relacionado com a quantidade de CO_2 fixado pela solução de BaOH, utilizado para a determinação da atividade respiratória das sementes, uma vez que o dióxido de carbono fixado é proveniente do seu processo de respiração.

O cálculo final da atividade respiratória foi realizado com base na média de quatro repetições, cujo resultado foi expresso em quantidade de CO_2 liberado por grama de semente por hora ($\mu\text{g CO}_2$ liberado g^{-1} semente h^{-1}), utilizando-se a seguinte equação: $N \times D \times 22$, sendo, N= normalidade do ácido usado (HCl 0,1N); D= diferença entre a prova em branco e a amostra e 22 = normalidade do CO_2 para a atividade respiratória (AR) determinada no aparelho de *Pettenkofer*.

Índice de Tolerância ao estresse salino: foi determinado de acordo com metodologia proposta por Argentel et al. (2010) e Gonzáles et al. (1999). Transcorridos cinco dias após a germinação, as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), ambas expressas em centímetros (cm) e o acúmulo de massa seca total (MST), expresso em gramas (g), foram utilizadas para determinar o índice de tolerância ao estresse (ITE), calculado seguindo a fórmula:

$$\text{ITE} = (\text{Yc} \times \text{Ys}) / (\text{Yc})^2$$

-Yc: representa o valor do indicador avaliado em substrato não-salino.

-Ys: valor do indicador avaliado em substrato salino.

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$), quando significativos, as variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro e as variáveis quantitativas submetidos à análise de regressão polinomial. Para o procedimento estatístico, utilizou-se o programa R[®], versão 3.1.1. e o pacote de dados “ExpDes.pt” (Banzato & Kronka, 2006; R Core Team, 2014).

Resultados e Discussão

A interação entre os fatores principais, cultivar (BRS Pampa e BRS AG) e concentrações de cloreto de sódio (NaCl), apresentaram efeito significativo para as variáveis germinação, primeira contagem de germinação e comprimento da parte aérea, para as demais variáveis não houve interação significativa. No entanto, considerando o estudo dos fatores isolados, houve efeito significativo para todas as variáveis, independente do fator analisado (Tabela 1).

Na tabela 2, constatou-se para os dados de germinação e primeira contagem de germinação, que ocorreu diferença significativa entre as cultivares em todas as concentrações salinas utilizadas (zero; 50; 100 e 150 mM de NaCl), sendo que as sementes da cultivar BRS AG foi a que melhor desempenho fisiológico apresentou em relação às sementes da cultivar BRS Pampa. No entanto, em se tratando do comprimento da parte aérea, apenas na concentração de 150 mM de NaCl observou-se diferença entre as cultivares, sendo a cultivar BRS Pampa mais suscetível à salinidade que as sementes da cultivar BRS AG. Para as demais variáveis, a cultivar BRS AG foi superior a cultivar BRS Pampa, independente da presença do sal.

Analizando os dados de germinação por meio da análise de regressão, foi observado efeito significativo linear para ambas as cultivares de arroz (Figura 1A). Na ausência de sal (controle), as sementes das cultivares BRS AG e BRS Pampa apresentaram média de

germinação das sementes de 91 e 85%, respectivamente (Figura 1A). No entanto, estes valores não se mantiveram quando foi adicionado NaCl, caracterizando o efeito significativo como comportamento linear dos tratamentos salinos, com concentrações superiores a 0 mM de NaCl, afetando negativamente a germinação das sementes com o aumento das concentrações. Por outro lado, mesmo reduzindo a porcentagem de germinação, as sementes da cultivar BRS AG mantiveram valores de germinação de 85% até a concentrações de 100 mM de NaCl (Figura 1A), permanecendo dentro dos padrões legais estabelecidos pela lei de comercialização de sementes (Brasil, 2005), mesmo em condições adversas.

Ainda na Figura 1A, observou-se uma redução na germinação de 21% para a cultivar BRS AG e 30% para a cultivar BRS Pampa, na concentração de 150 mM NaCl, quando comparado a qualidade fisiológica inicial das sementes.

A redução na porcentagem de germinação das sementes nesse estudo pode estar relacionada com a seca fisiológica produzida, pois quando existe aumento da concentração de sais no meio germinativo, há uma diminuição do potencial osmótico e, conseqüentemente, uma redução do potencial hídrico. Esta redução pode afetar o processo de absorção de água pelas sementes, elevando a níveis tóxicos a concentração de íons no embrião. Esse efeito ainda pode ser atribuído à restrição imposta à divisão e ao alongamento celular, bem como, a mobilização das reservas indispensáveis à ocorrência do processo germinativo (Betoni, 2011).

A primeira contagem da germinação, avaliada cinco dias após a semeadura (Figura 1B), caracterizou o efeito do estresse salino no atraso da germinação, onde, a partir das concentrações maior que 05 mM de NaCl foi observada tendência de redução para esta variável.

Desta forma, assim como na avaliação final realizada para o teste de germinação (Figura 1A), as sementes de ambas as cultivares apresentaram o mesmo comportamento linear, porém, as sementes da cultivar BRS Pampa apresentaram uma redução mais acentuada em relação às sementes da cultivar BRS AG, para esta variável. 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 se elevar até que as sementes possam desenvolver mecanismos de adaptação (Barroso, 2010).

Resultados semelhantes foram observados por Larré et al. (2011) ao avaliar o efeito do tratamento de sementes submetidas a solução salina na concentração de 100 mM na qualidade fisiológica de sementes de arroz, no qual foi verificado efeito deletério do excesso de sal, causando redução significativa da germinação. Já, Lima et al. (2005) trabalhando com sementes de diferentes cultivares de arroz, verificaram decréscimo na germinação em todas as cultivares, em função do aumento na concentração salina, atribuindo à salinidade o efeito negativo sobre o crescimento de plântulas normais e a diminuição do vigor das sementes de arroz.

Diferente do que foi observado para as variáveis germinação e primeira contagem de germinação, não houve interação entre os fatores principais para o índice de velocidade de germinação. No entanto, quando as sementes de ambas as cultivares foram submetidas ao estresse salino, apresentaram comportamento linear, diminuindo gradativamente a velocidade de germinação das sementes com o aumento da concentração de NaCl (Figura 1C).

Esse fato pode estar relacionado com a velocidade de absorção de água pelas sementes, que decresce com a redução do potencial hídrico, aumentando no período necessário para atingir o teor mínimo de água exigido para o início do processo

germinativo (Wu et al. 2015). Considerando que as soluções salinas retêm água e reduzem o potencial hídrico, conseqüentemente a água torna-se cada vez menos acessível (Nasri et al., 2016). Contudo, as cultivares mais tolerantes tem seu vigor menos afetado, proporcionando maior velocidade de germinação e número de plântulas normais.

Trabalhando com sementes de cevada, Silva et al. (2007), constataram que concentrações de NaCl acima de 15 mM provocam efeito negativo sobre o índice de velocidade de germinação das sementes. Esses mesmos autores verificaram que, diferentes genótipos podem apresentar o mesmo comportamento, com perda de vigor quando submetidas a diferentes concentrações salinas, todavia, os genótipos podem apresentar diferentes níveis de tolerância ao estresse.

Analizando o comprimento da parte aérea (Figura 2A), através do ajuste das curvas de regressão para as duas cultivares, foi observado que os mesmos apresentaram tendência semelhante frente aos tratamentos estabelecidos. Para as medidas efetuadas nas plântulas do tratamento controle, os valores observados entre as duas cultivares apresentaram considerável diferença, porém, com a aplicação do NaCl e o aumento das suas concentrações, houve redução constante dessa variável, chegando a valores próximos entre as cultivares nas maiores concentrações de sal testadas. Já para o comprimento da raiz (Figura 2B), observou-se que as cultivares apresentaram o mesmo comportamento, no entanto, o crescimento radicular foi afetado negativamente pelas concentrações de NaCl, principalmente para as concentrações mais elevadas.

Em trabalho realizado por Lemes et al. (2016), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de arroz da cultivar IRGA 424 submetidas a diferentes concentrações de NaCl, constataram que concentrações de apenas 4 e 8 mM foram capazes de reduzir significativamente o desenvolvimento da parte aérea e da raiz em plântulas de arroz.

Neste trabalho, em resposta à redução do crescimento das plântulas, a salinidade também afetou a produção de massa seca de ambas as partes das plântulas para as duas cultivares de arroz. Com o acréscimo das concentrações salinas houve redução linear constante na produção de massa seca tanto na parte aérea (Figura 3A) quanto nas raízes (Figura 3B), assim como observado para a variável comprimento. Estes resultados demonstram que elevadas concentrações de sal afetam significativamente o desenvolvimento normal das plântulas de arroz. Embora, através do ajuste das curvas de regressão, as duas cultivares tenham apresentado a mesma tendência.

Quando algum tecido vegetal, principalmente da semente ou da raiz é submetido a concentrações salinas mais elevadas, o estresse salino provoca redução no crescimento das plântulas, como observado para as duas cultivares de arroz. Este fato pode ser atribuído à redução na absorção de água, limitando a hidrólise das macromoléculas (reservas nutritivas) a partir de tecidos de armazenamento, bem como devido à translocação ininterrupta das reservas das sementes que translocam-se para o eixo embrionário em desenvolvimento (Khan & Panda, 2008).

Em trabalho realizado por Lima et al. (2005) com sementes de arroz, verificaram que a presença de cloreto de sódio não interferiu na massa seca das plântulas nos estágios iniciais de desenvolvimento, sendo que, normalmente, em plantas sensíveis à salinidade ocorre diminuição da taxa de emergência e redução nas matérias seca e fresca da parte aérea e do sistema radicular.

Fatores como temperatura, potencial hídrico e qualidade fisiológica das sementes interferem diretamente na taxa respiratória. Em relação à atividade respiratória das sementes de arroz da cultivar BRS AG (Figura 4A), observou-se na fase inicial da hidratação das sementes (30 horas) redução na atividade respiratória para todas as concentrações em que as mesmas foram submetidas. Todavia, após 50 horas de hidratação,

ocorreu um aumento gradativo na respiração das sementes até o tempo de 90 horas, isso, independente da concentração de NaCl. É importante relatar que a respiração das sementes, segundo Aghamir et al. (2015), é rapidamente ativada, uma vez que a semente inicia o processo de embebição a partir do momento em que atinge de 30% a 35% de água.

O pico máximo de respiração das sementes da cultivar BRS AG ocorreu entre as concentrações de 50 e 100 mM, no período de 80 a 90 horas (Figura 4^a). O aumento na atividade respiratória das sementes pode estar associado ao fato de que as espécies, como característica natural, utilizam estratégias que possibilitem o estabelecimento no ambiente o mais rápido possível, aproveitando as condições mínimas favoráveis para o seu desenvolvimento (Pelegrini et al., 2013). Uma vez que a respiração é um processo bioquímico na qual libera e conserva energia na forma de ATP, podendo ser prontamente utilizado para a manutenção e o desenvolvimento da planta ou da semente. Contudo, mesmo com o aumento na atividade respiratória, nas concentrações mais elevadas, tal comportamento não foi suficiente para manter a germinação (Figura 1), o crescimento inicial (Figura 2) e o acúmulo de massa seca (Figura 3) das plântulas, semelhante aos resultados obtidos quando as sementes da cultivar BRS AG foram semeadas na ausência do sal. A diminuição da qualidade fisiológica das sementes pode estar associada ao processo oxidativo de compostos orgânicos utilizados como substrato pela respiração para produzir energia e compostos secundários (Taiz & Zeiger, 2009). Caso a produção de ATP durante a respiração seja insuficiente para manter o crescimento vegetal, menos reservas serão disponibilizadas para nutrir o embrião da semente e conseqüentemente menor acúmulo de massa seca pelas partes da plântula.

Para as sementes da cultivar BRS Pampa, assim como ocorreu para as sementes da cultivar BRS AG, independente da concentração de NaCl, observou-se uma leve queda na atividade respiratória das sementes logo após os instantes iniciais da hidratação, porém, a

medida em que as sementes passaram a ser submetidas a um maior tempo de hidratação a atividade respiratória passou a aumentar gradativamente até o período entre 80 e 90 horas, passando novamente a diminuir após esse período.

O período e a concentração de NaCl em que as sementes da cultivar BRS Pampa apresentam maior atividade respiratória (Figura 4), coincidem com o que foi observado para as sementes da cultivar BRS AG. No entanto, a atividade respiratória das sementes da cultivar BRS Pampa foi menos intensa. Mesmo apresentando o mesmo comportamento, as sementes da cultivar BRS Pampa apresentaram menor atividade respiratória, demonstrando que, iniciado o processo de embebição, provavelmente, ocorre um prolongamento do tempo para a síntese de novos RNAs e reparo de DNA (Dode et al., 2012), possibilitando, portanto, menor atividade respiratória que as sementes da cultivar BRS AG.

Através do índice de tolerância ao estresse (Tabela 3), avaliado pelo comprimento da parte aérea, constatou-se que a cultivar BRS AG apresentou maior tolerância ao estresse salino em relação a cultivar BRS Pampa. Schroeder et al. (2013) afirmam que as diferenças entre os valores de comprimento da parte aérea tem sido classificadas como um indicador importante para a avaliação da tolerância à salinidade em muitas espécies de plantas, incluindo o arroz e o trigo. Contudo, não verificou-se diferença no índice de tolerância ao estresse salino entre as cultivares, quando considerou-se as variáveis comprimento da raiz e massa seca total das plântulas.

Conclusões

As sementes de arroz da cultivar BRS AG mantêm sua viabilidade até a concentração de 100 mM de NaCl. Já a cultivar BRS Pampa, apresentou-se mais suscetível aos efeitos do estresse salino, quando submetidas às mesmas condições.

O comprimento da parte aérea e da raiz e o acúmulo de massa seca das plântulas de ambas as cultivares de arroz são afetados negativamente em condições de estresse salino.

A atividade respiratória das sementes de ambas as cultivares é influenciada pelo excesso de sais no processo de hidratação, promovendo variações ao longo do tempo de hidratação.

O índice de tolerância ao estresse forneceu informações relevantes quanto a suscetibilidade da cultivar BRS AG ao estresse salino, sendo um indicativo de que essa cultivar apresenta maior tolerância à salinidade que a cultivar BRS Pampa.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece a CAPES pela concessão da bolsa, aos Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologia de Sementes e Fisiologia Vegetal da UFPel pelo fornecimento de material e equipamentos laboratoriais para o desenvolvimento da pesquisa e a Embrapa Clima Temperado (Estação Terras Baixas) pelo fornecimento do material de pesquisa.

Referências Bibliográficas

AGHAMIR, F.; BAHRAMI, H. A.; MALAKOUTI, M. J.; ESHGHI, S. Magnetized water effects on seed germination and seedling growth of corn (*Zea mays*) under saline conditions. **American Journal of Life Science Researches**, v. 3, p. 184-195, 2015.

ARGENTEL, L.; GONZÁLEZ, L. M.; FONSECA, I. 'Absorción de agua, germinación y crecimiento del trigo (*Triticum aestivum*, variedad Cuba-C-204) en condiciones de salinidad. **Centro Agrícola**, v. 37, p. 43-47, 2010.

BARRETO, H.B.F. FREITAS, R.M.O.; OLIVEIRA, L.A.A.; ARAUJO, J.A.M.; COSTA, E.M. Efeito da irrigação com água salina na germinação de sementes de sábia (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth). **Revista Verde**, v. 5, p. 125-130, 2010.

BARROSO, C. M.; FRANKE, L. B.; BARROS, I. B. I. Substrato e luz na germinação das sementes de rainha-do-abismo. **Horticultura Brasileira**, v.28, p. , 2010.

BETONI, R.; SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M. Salinidade e temperatura na germinação e vigor de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (Sterculiaceae). **Revista Árvore**, v. 35, p. 605-616, 2011.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação Agrícola. 4. ed. Jaboticabal: Funep. 2006, 237p.

BRASIL, 2005. Padrões para produção e comercialização de sementes de soja. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/padroles_soja.pdf> Acesso em: 06 fev. 2016.

BRASIL, **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. SNDA/DNDV/CLAV, Brasília, p. 365, 2009.

CARVALHO, E.P. Na contramão de Kyoto. **Folha de São Paulo**, Opinião, Caderno A, p. 3, 2002.

DODE, J. S.; MENEGHELLO, G. E; MORAES, D. M.; PESKE, S. T. Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 686-691, 2012.

GONZÁLEZ, L. M.; RAMÍREZ, R. La absorción de agua por las semillas de arroz a altas concentraciones salinas, como posible indicador de la tolerancia varietal. **Cultivos Tropicales**, v. 20, p. 31–34, 1999.

GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010, 472p.

HARTER, L.S.H.; HARTER, F.S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G.; VILLELA, F.A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.80-85, 2014.

KHAN, M. H.; PANDA, S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.30, n.1, p.81-89, 2008.

KONDO, A.; SHIGECHI, H.; ABE, M.; UYAMA, K.; MATSUMOTO, T.; TAKAHASHI, S.; UEDA, M.; TAKANA, A.; KISHIMOTO, M.; FUKUDA, H. High-level ethanol production from starch by a flocculent *Saccharomyces cerevisiae* strain displaying cell-surface glucoamylase. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 58, p. 291-296, 2002.

LARRÉ, C.F.; MORAES, D.M.; LOPES, N.F. Qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com solução salina e 24-epibrassinolídeo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 086-094, 2011.

LEMES, E. S.; OLIVEIRA, S.; TAVARES, L, C.; MENDONÇA, A. O.; LEITZKE, I. D.; MENEGHELLO, G. E.; BARROS, C. S. A. Productivity and physiological quality of irrigated rice seeds under salt stress and carbonized rice husk ashes fertilization. **Agrociencia**, v. 50, p. 307-321, 2016.

LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, p.54-61, 2005.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MONCALEANO-ESCANDON, J.; SILVA, B.C.F.; SILVA, S.R.S.; GRANJA, J.A.A.; ALVES, M.C.J.L.; POMPELLI, M.F. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Industrial Crops and Products**, v. 44, p.684-690, 2013.

MONTESINOS, T.; NAVARRO, J. M. Production of alcohol from raw wheat flour by amyloglucosidase and *Saccharomyces cerevisiae*. **Enzyme and Microbial Tecnology**, v. 27, p. 362-370, 2000.

MORAES, D. M.; BANDEIRA, J. M.; MARINI, P.; LIMA, M. G. S.; MENDES, C. R. **Práticas Laboratoriais em Fisiologia Vegetal**, ed. 1, Pelotas-RS: Cópias Santa Cruz Ltda, p. 162, 2012.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

NASRI, N.; MAATALLAH, S.; KADDOUR, R.; LACHÂAL, M. Effect of salinity on *Arabidopsis thaliana* seed germination and acid phosphatase activity. **Arch. Biol. Sci.**, v. 68, p. 17-23, 2016.

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRINE, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, Manitol e PEG (6000) na

germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 513-521, 2013.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. URL <http://www.R-project.org/>

SALVI, J.V. **Panorama para o setor sucroalcooleiro**. In: Energia. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/>. Acesso em: 05 mar. 2016

SCHROEDER, J. I.; DELHAIZE, E.; FROMMER, W. B.; GUERINOT, M. L.; HARRISON, M. J.; HERRERA, E. L.; HORIE, T.; KOCHIAN, L. V.; MUNNS, R.; NISHIZAWA, N. K.; TSAY, Y.-F. Y SANDERS, D. Using membrane transporters to improve crops for sustainable food production. **Nature**, v. 497, p. 60-662, 2013.

SILVA, R. N.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M; PEREIRA, A. L.; DUARTE, G. L. Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 40-44, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.

TAKITA, T. Breeding of a rice line with extraordinarily large grains as a genetic source for high yielding varieties. **Gramene**, v. 17, p. 93-97, 1983.

WU, G. Q.; JIAO, Q.; SHUI, Q. Z. Effect of salinity on seed germination, seedling growth, and inorganic and organic solutes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.).

Plant Soil Environ, v. 61, p. 220–226, 2015.

Tabela 1: Análise de variância das variáveis germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) de sementes de arroz (das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl).

Fonte de Variação	GL	G (%)	PCG (%)	IVG	CPA (mm)	CR (mm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
Cultivar(cv)	1	1751,04*	3825.37*	120,87*	2.275*	4,001*	0,0198*	0,005*
NaCl	3	539,15*	1112.9*	18,95*	6.269*	5,766*	0,0106*	0.002*
cv x NaCl	3	91.15*	58.70*	0,075 ^{ns}	0.178*	0,205 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0.0002 ^{ns}
Resíduo	16	14,75	12.79	0,409	0.299	0,362	0,0019	0,0003
Total	23	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)		5,15	5,53	7,32	5,97	7,10	17,23	11,78
Média Geral		74,54	64,70	8,74	9,15	8,47	0,16	0,087

^{ns} Não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2: Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) de sementes de arroz das cultivares BRS AG (AG) e BRS Pampa (PA) submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

NaCl (mM)	G (%)		PCG (%)		IVG		CPA (cm)		CR (cm)		MSPA (g)		MSR (g)	
	AG	PA	AG	PA	AG	PA	AG	PA	AG	PA	AG	PA	AG	PA
0	91a*	85b	86a	69b	12,86	8,31	9,73a	10,4 a	9,64	8,94	0,253	0,173	0,123	0,096
50	85a	75b	80a	54b	11,15	6,99	9,90a	9,42a	9,26	8,56	0,193	0,153	0,103	0,086
100	85a	57b	84a	52b	11,32	6,70	9,00a	9,22a	8,90	8,38	0,166	0,106	0,096	0,063
150	70a	55b	59a	32b	8,62	4,00	8,26a	7,22b	7,74	6,38	0,143	0,093	0,090	0,044
Média	83	68	52	77	10,9a	6,5b	9,46	8,84	8,8a	8,0b	0,18a	0,13b	0,10a	0,07b
CV(%)	5,15		5,53		7,32		5,97		7,1		17,23		11,78	

*médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

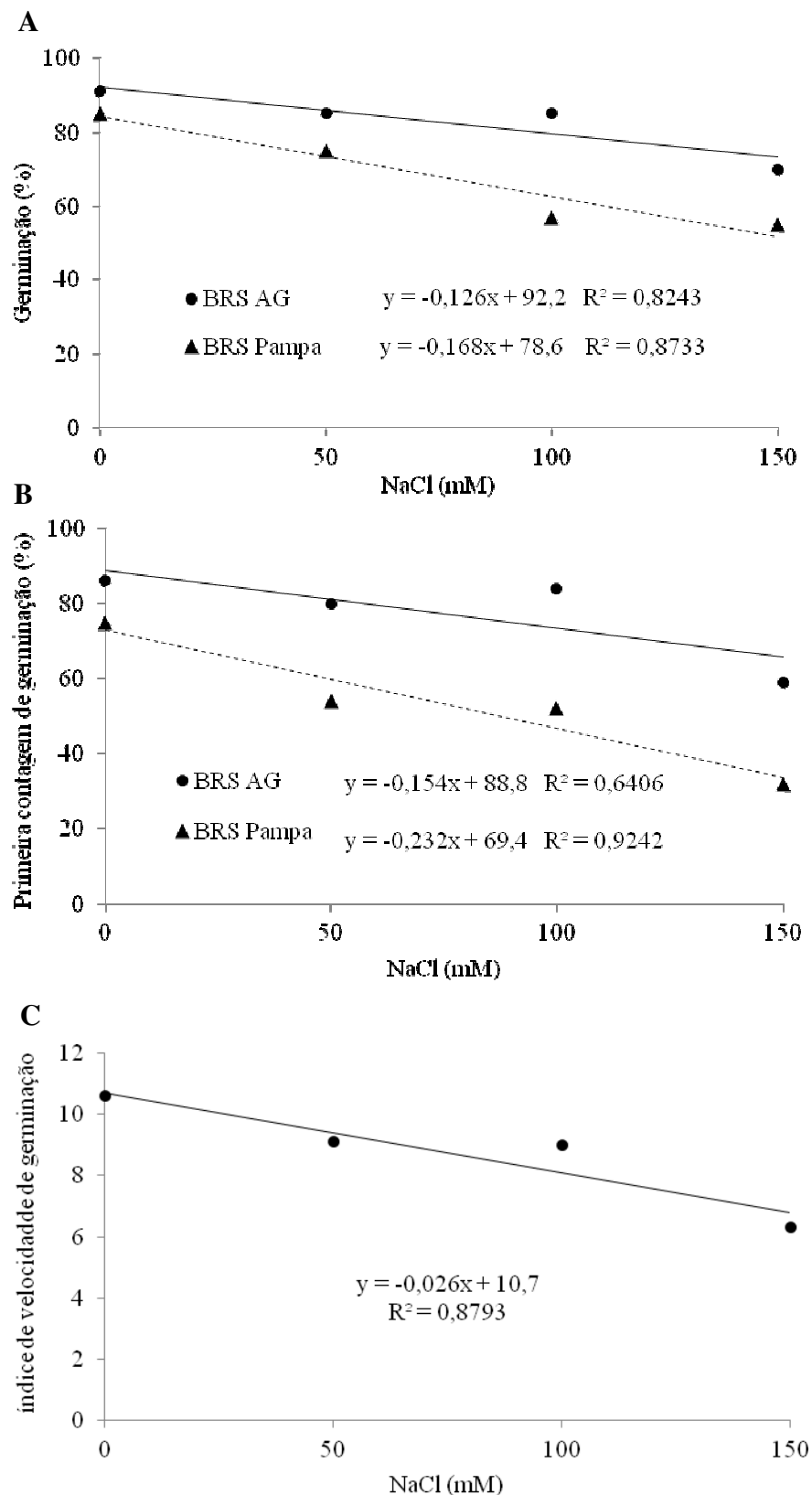


Figura 1. Germinação (A), primeira contagem de germinação (B) e índice de velocidade de germinação (C) de sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

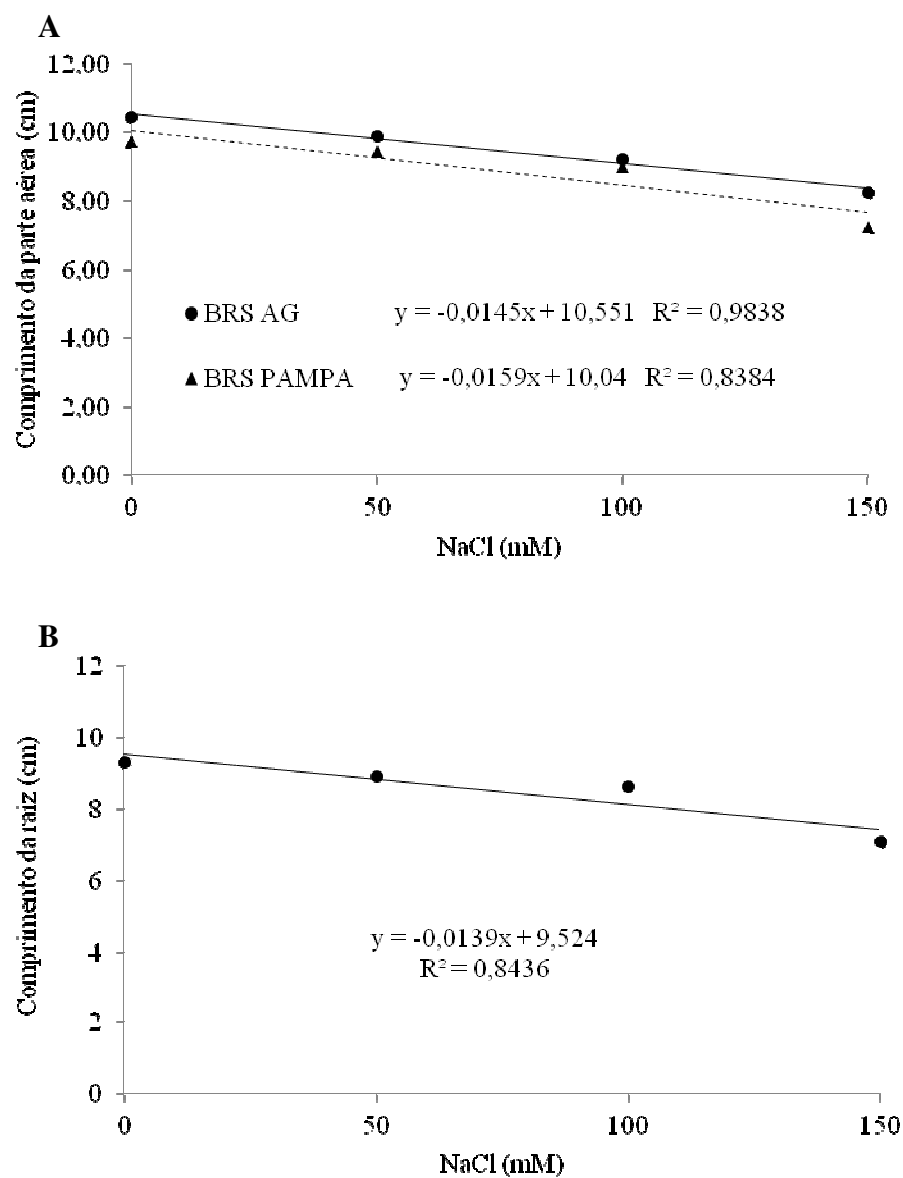


Figura 2. Comprimento da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas oriundas de sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

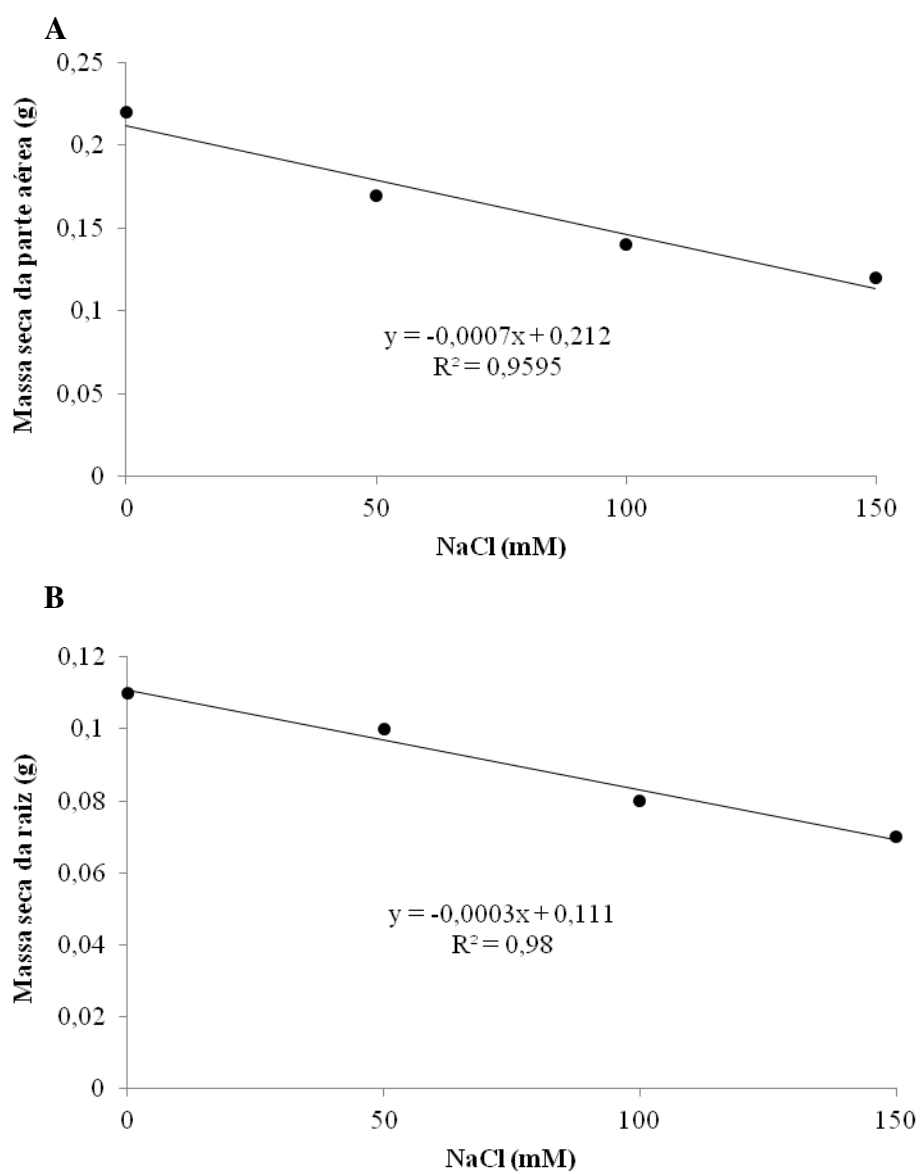


Figura 3. Massa seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas oriundas de sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

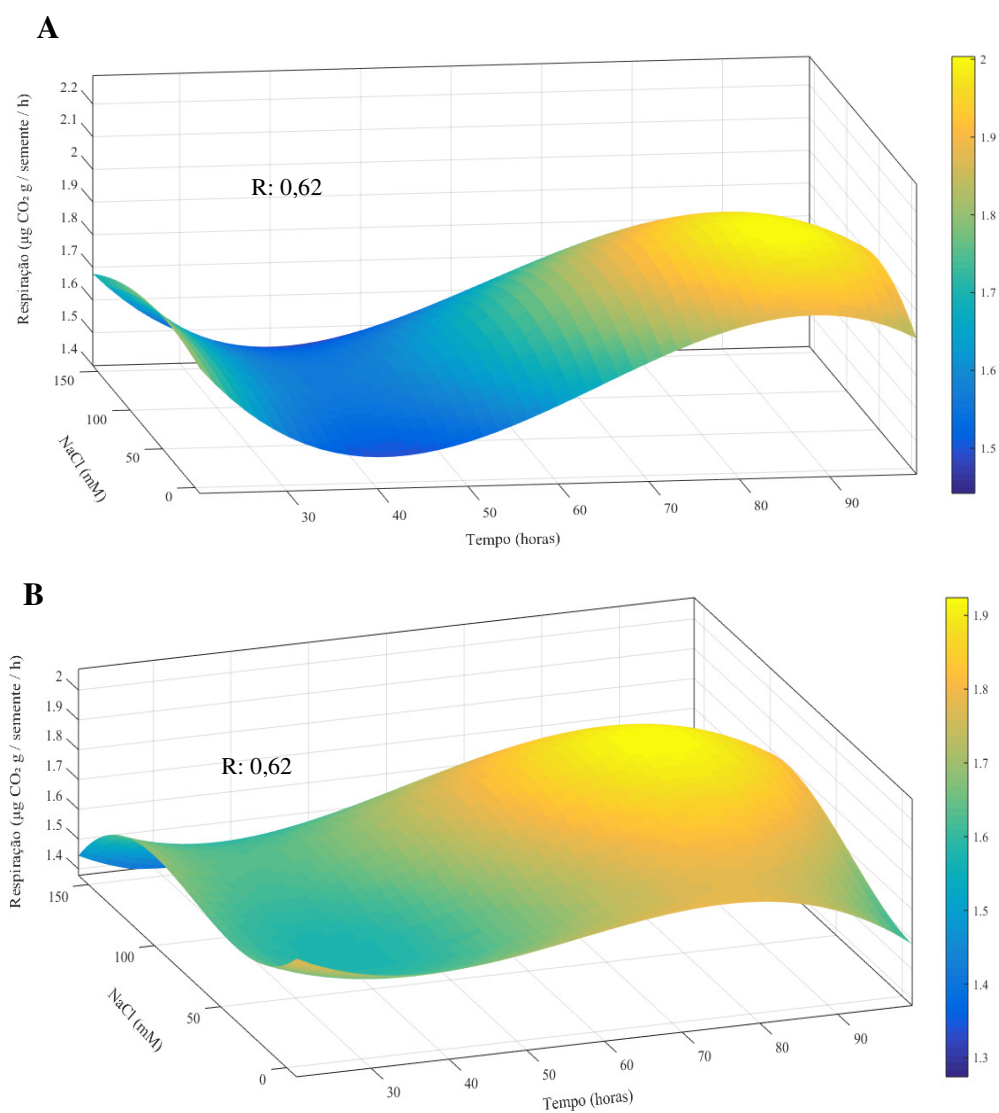


Figura 4. Atividade respiratória de sementes de arroz das cultivares BRS AG (A) e BRS Pampa (B) submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tabela 3. Índice de tolerância ao estresse das variáveis comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) e Massa seca total de plântulas de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa.

Cultivares	Índice de tolerância		
	CPA	CR	MST
BRS AG	1,17 a*	1,14 a	1.16 a
BRS Pampa	1,01 b	1,13 a	1.16 a
CV (%)	5,77	5,44	5,28

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A. S.; CARVALHO, I.; DEUNER, C.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 501-510, 2011.

ALSHAMMARY, S. F.; QIAN, Y. L.; WALLNER, S. J. Growth response of four turfgrass species to salinity. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 97-101, 2004.

BERTAN, I. Distância genética como critério para escolha de genitores em programas de melhoramento de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Dissertação** (Mestrado). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, p. 93, 2005.

CAMPESTRINI, R.; PRATES, R. G.; SOUSA, S. A.; OLIVEIRA, T. C.; SILVA, J.; FIDELIS, R. R. Eficiência de genótipos de arroz no uso de nitrogênio em solos de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 19, n. 1, p. 25-32. 2014.

CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; HOLZSCHUH, M. J.; FRAGA, T.I. 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**, v.33, p.371-383, 2009.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food Outlook: biannual report on global food markets. **Faostat**, 2015, 140p. Disponível em <http://www.fao.org/3/a-l5003E.pdf>. Acesso em 3 de agosto de 2016.

HARTER, L. S. H.; HARTER, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G.; VILLELA, F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.80-85, 2014.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de sob influência do teor de substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 30, p.79-85, 2008.

MAGALHÃES JR., A.M.; AGUIAR, G. Arroz para produção de etanol. In: ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N.L. **Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, p. 79-93, 2012.

MANSOUR, M. M .F.; SALAMA, K. H. A. Cellular basis of salinity tolerance in plants. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 52, n. 2, p. 113-122, 2004.

MENEZES-BENAVENTE L; TEIXEIRA FK; KAMEI CLA; MARGISPINHEIRO M. Salt stress induces altered expression of genes encoding antioxidant enzymes in seedlings of a Brazilian Indica rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Science**, v.166, p.323-331, 2004.

TAKITA, T. Breeding of a rice line with extraordinarily large grains as a genetic source for high yielding varieties. **Gramene**, v. 17, p. 93-97, 1983.