

# TOLERÂNCIA AO FRIO EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO EXPOSTOS A BAIXAS TEMPERATURAS EM CÂMARA DE CRESCIMENTO NO ESTÁGIO REPRODUTIVO

Diane Simon Rozzetto<sup>1</sup>, Rubens Marschalek<sup>2</sup>, Henri Stuker<sup>2</sup>, Domingos Savio Eberhardt<sup>3</sup>, Juliana Vieira Raimondi<sup>4</sup>, Samuel Batista dos Santos<sup>5</sup>, Geovani Porto<sup>5</sup>, Bernardo Scarabelot Pazini<sup>6</sup>, Natalia Maria de Souza<sup>7</sup>

Palavras-chave: *Oryza sativa*, melhoramento genético, breeding, cold stress.

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais de maior importância social e econômica no mundo, sendo que seu consumo médio gira em torno de 56 kg/habitante/ano (FAO, 2011). O Brasil é um grande produtor mundial sendo que a produção estimada para a Safra 2012/13 gira em torno de 11,9 milhões de toneladas. O Rio Grande do Sul cultiva 1.066 mil hectares de arroz irrigado, o que representa 52% da área nacional e 66,9% da produção brasileira, seguido por Santa Catarina com 150,1 mil hectares e um milhão de toneladas de arroz (CONAB, 2013).

No sul do Brasil os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina são responsáveis por mais de metade da produção nacional do cereal. No Rio Grande do Sul, a produtividade sofre acentuada variação nas diferentes regiões orizícolas. De acordo com Steinmetz et al. (2005), esta variação pode ser atribuída a sensibilidade das cultivares a baixas temperaturas e a radiação solar, durante as fases críticas de desenvolvimento da planta.

O. *sativa* é de origem tropical, mas também é cultivada em regiões subtropicais e temperadas, nas quais podem ocorrer temperaturas abaixo das ótimas para o desenvolvimento da cultura em um ou mais estádios, causando prejuízos na produtividade de grãos. A temperatura ótima para o desenvolvimento do arroz situa-se entre 20 e 35°C, sendo esta faixa a ideal para a germinação; de 30 a 33°C é ideal para a floração e de 20 a 25°C ideal para a maturação (EMBRAPA, 2005). O Estádio de desenvolvimento mais afetado pelo frio varia conforme a região de cultivo devido às diferenças de clima e solo (STHAPIT et al. 1998). A ocorrência de temperaturas baixas durante a implantação da cultura pode provocar danos no estabelecimento e estande inicial, e ocorrendo mais tardiamente, pode provocar perdas na produtividade devido à esterilidade das espiguetas.

Os entrenós começam a alongar-se rapidamente a partir da diferenciação do primórdio da panícula e a planta começa a crescer rapidamente (EBERHARDT et al., 2012). As divisões celulares na microgametogênese (emborrachamento R2) são o ponto mais sensível ao frio. Segundo a Sosbai (2012) a temperatura limite tolerada na fase reprodutiva gira em torno dos 17°C. Outro momento crítico indicado na literatura é a antese (R4).

Apesar da importância do caráter, o melhoramento para baixas temperaturas em arroz apresenta várias dificuldades, dentre os quais podemos destacar *i*) a dificuldade de cruzamento entre as subsespécies *indica* e *japonica*, uma vez que esta última é reportada na literatura como sendo mais tolerante a baixas temperaturas; *ii*) metodologias empregadas na seleção; *iii*) diferentes genes e mecanismos fisiológicos estão envolvidos havendo falta de correlação entre a tolerância nos diferentes estádios (DATTA e SIDDIQ, 1983). De acordo com Cruz et al. (2006) a tolerância do arroz a baixas temperaturas no período

<sup>1</sup>Eng. agr. Bolsista CNPq no Projeto EpagriAVANÇArroz (Repensa) – CNPq/562451/2010-2; Mestranda/USP/ESALQ. Av. Pádua Dias, 11 - Piracicaba - SP, CEP 13418-900. diane.sr@usp.br

<sup>2</sup>Eng. agr. Dr., Epagri/Estação Exp. de Itajaí, C.P. 277, 88301-970 Itajaí, SC. rubensm@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup>Eng. agr. M.Sc., Epagri/Estação Exp. de Itajaí, C.P. 277, 88301-970 Itajaí, SC.

<sup>4</sup>Bióloga, M.Sc., Doutoranda Recursos Genéticos Vegetais (CCA/UFSC).

<sup>5</sup>Assistente de Pesquisa, Téc. Agr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí.

<sup>6</sup>Bolsista CNPq no Projeto EpagriAVANÇArroz (Repensa) – CNPq/562451/2010-2.

<sup>7</sup>Estagiária Epagri-Projeto Arroz - Discente do curso de agronomia- UDESC/CAV.

reprodutivo pode ser avaliada por meio da esterilidade das espiguetas. A obtenção de variedades de arroz tolerantes é importante, possibilitando a recomendação de cultivares adaptadas a regiões de altitude elevada, onde a ocorrência de temperaturas baixas é frequente, especialmente na fase reprodutiva.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a tolerância a baixas temperaturas no estágio reprodutivo em linhagens promissoras de arroz da Epagri/Estação Experimental de Itajaí.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri/Estação Experimental de Itajaí – EEI, sendo conduzido na safra agrícola de 2012/13 em ambiente controlado (casa de vegetação e câmara de crescimento).

Utilizou-se delineamento fatorial 3 x 4, no qual estudou-se o comportamento de diferentes genótipos de arroz (Fator A – 3 níveis) frente a baixas temperaturas em diferentes estádios de desenvolvimento (Fator B – 4 níveis).

As linhagens avaliadas foram a SC 491, a SC 756, e a cultivar testemunha suscetível SCS116 Satoru. As linhagens foram selecionadas com base no histórico de safras anteriores onde estas tiveram comportamento promissor quando cultivadas em condições de temperaturas baixas (dados não publicados).

Para o presente trabalho, sementes dos genótipos selecionados foram colocadas para germinar em papel (germiteste) e levadas para câmara de germinação a uma temperatura de 28 °C durante três dias. Em seguida as plântulas foram transplantadas para baldes de 5 litros, contendo solo e água (onde foram colocadas duas plantas por balde, sendo três baldes por genótipo). Foram realizadas adubações de acordo com Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil (SOSBAI, 2012), bem como controle preventivo de doenças utilizando fungicidas.

Acompanhou-se semanalmente o desenvolvimento das plantas de acordo com a escala de desenvolvimento reprodutivo com identificadores morfológicos apresentada por Counce et al. (2000), a fim de identificar o momento em que elas seriam submetidas a baixas temperaturas. A temperatura utilizada para as avaliações da reação dos genótipos ao frio foi de 14 °C durante cinco dias, aplicada em diferentes estádios de desenvolvimento. Para cada genótipo foram adotados os seguintes tratamentos: *i*) plantas mantidas permanentemente na casa de vegetação com temperaturas favoráveis para o desenvolvimento (25 – 28 °C), para servirem como controle; *ii*) plantas cultivadas em casa de vegetação com temperaturas favoráveis para o desenvolvimento (25 – 28 °C) e levadas para câmara de crescimento com temperatura constante de 14 °C com fotoperíodo de 13 horas luz/11 horas escuro no estágio de microsporogênese; *iii*) plantas cultivadas a 25 – 28 °C e levadas à câmara a 14 °C por cinco dias no estágio de antese; e *iv*) plantas cultivadas a 25 – 28 °C, levadas à câmara fria a 14 °C por cinco dias na microsporogênese e por mais cinco na antese. Após o período de exposição ao frio, as plantas foram colocadas novamente em casa de vegetação sob temperaturas de 25 – 28 °C .

As plantas foram colhidas individualmente na maturação e posteriormente avaliadas quanto a esterilidade, dada em percentagem de grãos vazios. Os dados foram analisados através do procedimento “Análises para modelos lineares” do programa de Análise estatística SAEG (UFV).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para o caráter esterilidade de grãos em genótipos de arroz submetidos a baixas temperaturas (14°C) em diferentes estádios de desenvolvimento é apresentada na Tabela 1. Houve interação entre linhagem e o estágio no qual as mesmas foram submetidas a baixas temperaturas. Este fato indica que cada genótipo responde de forma diferenciada à temperatura sendo necessário o desdobramento desta interação a fim de estudar-se a influência do estresse ocorrido em cada um dos genótipos.

Tabela 1. Análise de variância para o caráter esterilidade (percentagem de grãos vazios) em genótipos de arroz expostos a baixas temperaturas (14°C) em diferentes estádios.

Fonte de variação	G.L.	SQ	QM	F	Pr<F
Bloco	2	51	25	0,36	*****
Cultivar/linhagem	2	2304	1152	16,38	0,00004
Estágio frio	3	10703	3567	50,73	0,00000
Cultivar*Estágio frio	6	2389	398	5,66	0,00110
<b>Resíduo</b>	<b>22</b>	<b>1547</b>	<b>70</b>		
<b>CV</b>	<b>20,74</b>				

A Tabela 2 apresenta o desdobramento da interação entre os fatores considerados. Estão apresentadas as médias de esterilidade dadas em percentagem de grãos vazios para cada um dos estádios avaliados dentro de cada genótipo. Pode ser verificado que houve diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada genótipo.

Tabela 2. Percentagem de grãos vazios (esterilidade) em genótipos de arroz submetidos a baixas temperaturas (14°C) em diferentes estádios de desenvolvimento.

Cultivar/ Estádio frio*	Esterilidade (%)								Média
	Não submetidas frio		Microsporogênese		Antese		Microsporogênese +Antese		
SC 491	16,22	Ab	42,04	Ba	34,36	ABab	34,66	Bab	<b>31,82</b>
SC 756	7,77	Ab	62,87	Aa	19,53	Bb	63,47	Aa	<b>38,40</b>
SCS116 Satoru	19,73	Ab	65,03	Aa	51,14	Aa	68,50	Aa	<b>51,09</b>
<b>Média</b>	<b>14,57</b>		<b>56,64</b>		<b>34,66</b>		<b>55,54</b>		

\* estádio de desenvolvimento em que as plantas foram submetidas a baixas temperaturas (14°C) onde permaneceram por 5 dias.

\*\*Números seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem ao nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

Para o tratamento mantido constantemente em ambiente controlado com temperaturas favoráveis ao desenvolvimento da cultura, ou seja naquele cujas plantas dos três genótipos não foram submetidos à baixa temperatura, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade de erro. A percentagem de grãos vazios girou em torno de 14% para os genótipos em questão. Em contrapartida todos os genótipos avaliados apresentaram significativo aumento na esterilidade quando submetidos ao estresse de frio. A Cultivar SCS 116 Satoru apresentou 51,09% de grãos vazios em média. Já as linhagens SC 491 e SC 756 apresentaram menor esterilidade, que todavia atingiu 31,8% na primeira, e 38,4% na última. Também Alvaro (1999) observou que a esterilidade varia de 10-12%, podendo aumentar até 60% quando a temperatura durante a floração for inferior a 20°C. Estudos anteriores demonstram que algumas plantas toleram temperaturas em torno de 15°C nas fases de microsporogênese e antese, com esterilidade inferior a 15%, indicando tolerância (TERRES, 1985).

De maneira geral a maior taxa de esterilidade é observada nos genótipos submetidos ao frio durante a microsporogênese bem como durante uma exposição dupla, na microsporogênese e antese. Estes resultados corroboram com aqueles encontrados por Cruz, (2006), indicando ser o momento de formação do pólen o mais crítico, quando comparado à antese (Tabela 2).

Cultivares tolerantes são relatadas em diversos países, e a tolerância ao frio na fase de

germinação e estabelecimento da lavoura foi por muito tempo um dos objetivos nos programas de melhoramento do Rio Grande do Sul. Interesse semelhante há em Santa Catarina, onde porém o foco é a tolerância ao frio no período reprodutivo. No Estado as baixas temperaturas ocasionam eventualmente redução na produtividade, o que se deu novamente no Alto Vale do Itajaí na safra 2012/13. Sendo assim, destaca-se a importância do caráter nos programas de melhoramento do Sul do Brasil.

## CONCLUSÃO

O estágio de desenvolvimento reprodutivo de arroz mais afetado pela ocorrência de baixas temperaturas é a microsporogênese. Existe variabilidade para o caráter tolerância a baixas temperaturas nos genótipos testados. As linhagens SCS 491 e SCS 756 apresentam potencial para utilização no programa de melhoramento como fonte de resistência a baixas temperaturas ou uso direto como cultivares, o que no entanto depende também de outras avaliações agronômicas, industriais e sensoriais.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Projeto 402214/2008-0), à Rede AVANÇArroz - Avanços tecnológicos para a produção sustentável do arroz irrigado (Edital 22/2010) e a FAPESC (TO 6980/10-9) através do Projeto “Avanços tecnológicos em arroz irrigado para a Região do Alto Vale do Itajaí”

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHARYA, S. e SHARMA, K.D. Genetics of cold tolerance at rice reproductive stage. **International Rice Research Newsletter**, Los Baños, v.8, n.2, p.10-11, 1983.
- ALVARO, J. R. Influence of air temperature on rice population, length of period from sowing to flowering and spikelet sterility. In: HILL, J.E. et al. **Temperate rice conference**, 2., Sacramento, CA, USA, 1999.
- CONAB, **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, maio 2013** / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em 22 de maio de 2013.
- COUNCE, P. A. et al. A uniform Objective, and Adaptive System for Expressing Rice Development. **Crop Science**, Madison, n. 40, p. 436-443, 2000.
- CRUZ, R. P. da et. al. Rice cold tolerance at the reproductive stage in a controlled environment. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n. 3, p. 255-261, 2006.
- DATTA, D. e SIDDIQ, E.A. Genetic analysis of cold tolerance at seedling phase in rice. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.43, p.345-349, 1983.
- EBERHRDT, D. S. et al. Caracterização do sistema de cultivo, do ambiente e da planta de arroz. In: **Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Sistema pré-germinado)**. Epagri, Florianópolis, p. 7-16, 2012.
- STHAPIT, B.R.; WITCOMBRE, J.R. Inheritance of tolerance to chilling stress in rice during germination and plumule greening. **Crop Science**, v.38, p. 660-665, 1998.
- STEINMETZ, S. et al. **Macrozoneamento climático para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005, 20 p. (Embrapa. Documentos, 137).
- SOSBAI (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí, SC, 2012. 176 p. il. 29. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 01 a 03 de agosto e 2012, Gravatal, SC..
- TERRES, A.L. et al. Cultivares. In: EMBRAPA. **Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado**, Capão do Leão, RS. Fundamentos para a cultura do arroz irrigado, Campinas Fundação Cargill, 1985, p. 57-82.