

## AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE ARROZ IRRIGADO PARA TOLERÂNCIA AO FRIO

Gabriela de Magalhães da Fonseca<sup>1</sup>; Daniel Arthur Gaklik Waldow<sup>2</sup>; Oneides Antonio Avozani<sup>3</sup>, Danielle Almeida<sup>4</sup>, Débora Favero<sup>5</sup>

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., melhoramento genético, estresse térmico, produtividade

### Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal amplamente cultivado devido à sua adaptabilidade e elevada capacidade produtiva em diversas regiões orizícolas ao redor do mundo. Na safra 2023/24, a produção brasileira do grão foi de aproximadamente 10,5 milhões de toneladas, sendo o estado do Rio Grande do Sul (RS) o principal responsável por esse volume (CONAB, 2024). Reconhecido por sua expressiva produção de arroz irrigado, o RS apresenta lavouras que frequentemente enfrentam desafios relacionados a estresses abióticos, especialmente as baixas temperaturas. Esses eventos climáticos adversos podem comprometer severamente o rendimento da cultura, sendo de difícil controle por meio de práticas de manejo convencionais. Nesse contexto, a tolerância genética das cultivares torna-se um fator essencial para a estabilidade produtiva em regiões sujeitas a frio (AHLERT, 2019; EMBRAPA, 2021).

A temperatura é um dos fatores climáticos que mais influenciam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de grãos do arroz. A cultura é sensível tanto a temperaturas muito baixas quanto elevadas, e a resposta ao estresse térmico varia conforme o estádio fenológico da planta (SOSBAI, 2023). Quanto ao frio, os genótipos de arroz demonstram diferentes níveis de tolerância, sendo, em geral, os pertencentes à subespécie *Japonica* mais tolerantes do que os da subespécie *Indica* (SHAKIBA et al., 2017; SOSBAI, 2018).

Durante a safra de arroz, episódios de temperaturas abaixo de 17 °C são comuns no RS, especialmente nas regiões do Litoral Sul e Campanha, onde as temperaturas noturnas frequentemente caem abaixo de 15 °C (SOSBAI, 2023). Diante da limitação das práticas de manejo convencionais para mitigar os efeitos do frio, a busca por cultivares com tolerância genética torna-se fundamental para garantir níveis satisfatórios de produtividade em ambientes adversos, conforme destacado em estudos conduzidos pela Embrapa nas regiões mais frias do Estado (EMBRAPA, 2021).

Com esse objetivo, a equipe de Melhoramento Genético, do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), concentra seus esforços no desenvolvimento de linhagens mais adaptadas ao frio, com foco na realidade climática da Zona Sul do Estado, mais especificamente na Estação Experimental Regional de Pesquisa, localizada em Santa Vitória do Palmar (SVP).

Uma das etapas do Programa de Melhoramento, após a identificação e seleção de linhagens promissoras com características agronômicas desejáveis, como elevado potencial de rendimento e qualidade de grãos, consiste na realização de ensaios de rendimento. Esses ensaios permitem uma avaliação detalhada de caracteres morfofisiológicos, como produtividade, ciclo, estatura de planta, homogeneidade da população, qualidade de grãos e reação a doenças. As linhagens avaliadas em SVP podem ser incluídas nos Ensaios Preliminar e Avançado de Rendimento do Programa Geral, visando avaliar sua adaptação em outras regiões e viabilizar o posterior lançamento como cultivares comerciais.

<sup>1</sup> Doutora, IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz, Avenida Bonifácio Carvalho Bernardes, 1494. Vila Carlos Wilkens. Cachoeirinha/RN. CEP 94930-030, gabriela-fonseca@irga.rs.gov.br

<sup>2</sup> Mestre, IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz, daniel-valdow@irga.rs.gov.br

<sup>3</sup> Mestre, IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz, oneides-avozani@irga.rs.gov.br

<sup>4</sup> Doutora, IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz, danielle-almeida@irga.rs.gov.br

<sup>5</sup> Doutora, IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz, debora-favero@irga.rs.gov.br

O objetivo deste trabalho foi avaliar linhagens de arroz irrigado com características agronômicas superiores e adaptadas às condições de baixas temperaturas, durante a fase reprodutiva, na Zona Sul do Rio Grande do Sul.

## Material e Métodos

O Ensaio de Rendimento Avançado do Programa de Tolerância a Temperaturas Baixas foi conduzido na Estação Regional de Pesquisa do IRGA, em Santa Vitória do Palmar, durante a safra 2023/2024. O experimento foi constituído por 26 genótipos, incluindo cinco cultivares testemunhas (IRGA 424, IRGA 426, IRGA 429, IRGA 430 e INIA Olimar), em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições.

As parcelas foram compostas por nove linhas espaçadas em 0,17 m, com 5,00 m de comprimento, totalizando uma área de 7,65 m<sup>2</sup> e área útil de 4,76 m<sup>2</sup>. A semeadura foi realizada em 16 de outubro de 2023, com densidade de 350 sementes aptas m<sup>-2</sup>, e a emergência ocorreu em 31 de outubro. A adubação de base consistiu na aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (MAP) e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (KCl). A adubação de cobertura foi feita com 140 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia, sendo 100 kg ha<sup>-1</sup> aplicados antes da irrigação, no estádio de três folhas, e 40 kg ha<sup>-1</sup> aos 50 dias após a emergência. Os demais tratos culturais seguiram as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2022).

As variáveis avaliadas incluíram: produtividade de grãos (ajustada para 13% de umidade), estatura de plantas (cm), ciclo (dias da emergência até 80% do florescimento), esterilidade de espiguetas (%), rendimento de grãos inteiros (%), índice de centro branco, temperatura de gelatinização e teor de amilose.

A análise estatística consistiu em análise de variância e as médias de produtividade de grãos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As demais características foram analisadas por meio das médias dos dados originais. As análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2024).

## Resultados e Discussão

O Ensaio de Rendimento Avançado conduzido em Santa Vitória do Palmar revelou variações significativas no potencial produtivo dos genótipos avaliados, corroborando com estudos recentes que destacam a importância da seleção fenotípica e genômica realizada sob estresse térmico (GARCIA et al., 2024; FEIJÓ, 2021). A produtividade de grãos variou entre 10,25 t ha<sup>-1</sup> e 14,54 t ha<sup>-1</sup>, com média de 11,88 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). Treze genótipos apresentaram rendimento superior à média do ensaio, sendo que apenas uma testemunha (IRGA 424) esteve entre os mais produtivos. A linhagem IRGA 7351-1-7-4V-3V-2V destacou-se com o maior rendimento, atingindo 14,54 t ha<sup>-1</sup>, diferenciando-se estatisticamente dos demais, exceto de uma linhagem irmã.

A esterilidade de espiguetas é um fator crítico para a produtividade, especialmente em regiões sujeitas a baixas temperaturas no período reprodutivo. O valor de referência adotado pelo Programa de Melhoramento Genético do IRGA para esterilidade é de 20%. Neste ensaio, apenas dois genótipos apresentaram valores inferiores a esse limite (Tabela 1), o que reforça a importância da seleção para tolerância ao frio em fases reprodutivas sensíveis, conforme destacado por Garcia et al. (2024).

O florescimento variou de 90 a 107 dias e a estatura média das plantas foi de 87 cm, variando de 97 a 77 cm (Tabela 1). Esses parâmetros são considerados desejáveis para o cultivo de arroz irrigado, uma vez que ciclos mais curtos e plantas mais baixas tendem a reduzir o risco de acamamento e a aumentar a estabilidade da produtividade em condições adversas.

O rendimento de grãos inteiros foi elevado, com média de 65%. Apenas um genótipo apresentou valor inferior a 60% (Tabela 1), o que demonstra a boa qualidade dos grãos das linhagens avaliadas, um fator essencial para a aceitação comercial e para a competitividade no mercado.

A avaliação da qualidade dos grãos também incluiu os parâmetros centro branco (CB), temperatura de gelatinização (TG) e teor de amilose (AMI). O CB variou de 0,2 a 1,4, com média de 0,7 (Tabela 1). Valores mais baixos, como os registrados para os genótipos IRGA 7070-1-6V-1V-5V e IRGA 7070-1-5V-1V-3V (CB de 0,2 a 0,3), indicam grãos translúcidos, mais apreciados comercialmente. Em contrapartida, genótipos como IRGA 429 (1,4) e INIA Olimar (1,2) apresentaram grãos mais opacos, o que pode reduzir a preferência em determinados mercados.

Todos os genótipos apresentaram temperatura de gelatinização classificada como baixa (TG = B) (Tabela 1), característica desejável por proporcionar menor tempo de cocção, uma preferência do consumidor final. Essa uniformidade reforça o direcionamento estratégico do programa de melhoramento genético do IRGA para atributos de cocção valorizados pelo mercado (FEIJÓ, 2021).

O teor de amilose variou de 28 a 32%, com média de 30% (Tabela 1), o que caracteriza um teor alto (CIAT, 1989). A combinação de TG baixa com teor de amilose alto é um objetivo importante do programa de melhoramento, pois resulta em grãos com textura firme após o cozimento, favorecendo sua aceitação em mercados exigentes.

Tabela 1. Produtividade de grãos ( $t\ ha^{-1}$ ), rendimento de grãos inteiros (%), estatura de plantas (cm), esterelidade de espiguetas (%), estatura (cm), florescimento (dias depois da emergência), vigor inicial e características de qualidade de grãos dos genótipos testados no ensaio Avançado em SVP, 2023/24.

GEN	Genótipo	VIGOR	FLOR	EST	ESTERIL	INT	CB	TG	AMI	PROD
20	IRGA 7351-1-7-4V-3V-2V	5 d	99 d	83 d	22 b	66 a	0,7 c	B	29	14,54 a
19	IRGA 7351-1-7-4V-3V-1V	4 d	99 d	83 d	23 b	66 a	1,0 b	B	29	13,87 a
14	IRGA 7351-1-6-1V-1V	5 e	97 e	77 e	26 b	65 a	0,7 c	M	30	13,54 b
15	IRGA 7351-1-6-4V-1V	5 e	98 d	83 d	26 b	66 a	0,3 e	B	29	13,23 b
9	IRGA 7088-1-5V-2V	3 b	96 e	89 b	28 b	65 a	0,6 d	B	30	13,11 b
2	Plrga2>18-1-10V-10V-2V	4 c	97 d	86 c	30 a	66 a	0,8 c	B	31	13,10 b
21	FL19156-MP-5TT-6V-1V-2V-1V	3 c	93 g	89 b	13 b	66 a	0,6 d	B	31	12,73 c
3	IRGA 7011-2-10V-1V	4 c	97 e	97 a	28 b	61 b	0,8 c	B	31	12,33 c
11	IRGA 7120-1-4V-2V	2 b	93 g	87 c	26 b	60 b	1,1 b	B	31	12,28 c
22	<b>IRGA 424</b>	4 d	102 c	90 b	38 a	65 a	0,3 e	B	29	12,23 c
1	Plrga2>18-1-10V-10V-1V	4 d	97 d	84 d	24 b	65 a	0,7 c	B	30	12,22 c
5	IRGA 7055-5-1V-4V	4 c	98 d	87 c	31 a	58 c	1,1 b	B	28	12,18 c
6	IRGA 7058-3-1V-1V	2 a	96 e	88 c	23 b	65 a	0,5 d	B	31	12,13 c
24	<b>IRGA 429</b>	4 d	105 b	87 c	35 a	67 a	1,4 a	B	29	11,69 d
25	<b>IRGA 430</b>	4 d	94 f	85 c	19 b	63 b	1,1 b	B	32	11,20 d
10	IRGA 7088-2-6V-1V	2 b	93 g	85 c	21 b	67 a	0,9 c	B	30	11,17 d
12	IRGA 7120-4-2V-1V	1 a	95 e	96 a	33 a	61 b	0,9 c	B	31	11,16 d
4	IRGA 7043-1-2V-1V	2 a	103 c	91 b	29 b	67 a	0,7 c	B	29	11,15 d
7	IRGA 7058-3-4V-1V	1 a	94 f	90 b	28 b	66 a	0,9 c	B	29	11,01 d
8	IRGA 7058-3-9V-3V	1 a	95 f	89 b	25 b	66 a	0,8 c	B	31	10,97 d
23	<b>IRGA 426</b>	1 a	98 d	87 c	21 b	63 b	0,8 c	B	29	10,94 d
26	<b>INIA OLIMAR</b>	2 b	107 a	90 b	37 a	68 a	1,2 b	B	30	10,81 d
16	FL19562-MP-1TT-1IT-1TT	3 c	104 b	91 b	38 a	64 a	0,3 e	B	31	10,46 d
18	IRGA 7070-1-6V-1V-5V	2 a	91 h	91 b	21 b	65 a	0,2 e	B	31	10,35 d
17	IRGA 7070-1-5V-1V-3V	1 a	91 h	90 b	22 b	67 a	0,3 e	B	31	10,34 d
13	IRGA 7145-1-3V-3V	3 c	90 h	82 d	27 b	62 b	0,5 d	B	29	10,25 d
<b>MÉDIA</b>		3	97	87	27	65	0,7	B	30	11,88
<b>CV</b>		15,9	1,02	2,44	22,9	2,5	18,7			5,68

<sup>1</sup>Flor – Número de dias da emergência até 80% do florescimento; <sup>2</sup>Est – Estatura de plantas; <sup>3</sup>Esteril – Esterelidade de espiguetas. <sup>4</sup>Int (%) – Rendimento de grãos inteiros; <sup>5</sup>CB - Índice de Centro Branco, onde 0=grãos translúcidos e 5=grãos opacos; <sup>6</sup>TG – Temperatura de Gelatinização (Conceitos: A=alta, M=média, B=baixa; CIAT, 1989). <sup>7</sup> AMI (%) – Teor de amilose (Classificação: 32-28% = Alta, 27-23% = Média, ≤22% = Baixa; CIAT, 1989); <sup>8</sup>CV (%) – Coeficiente de Variação.

Os resultados obtidos evidenciam o avanço significativo na seleção de genótipos de arroz irrigado mais adaptados às condições de baixas temperaturas, destacando a eficiência do Programa de Melhoramento Genético do IRGA. A seleção criteriosa realizada ao longo das gerações tem sido fundamental para o desenvolvimento de linhagens produtivas, com boa qualidade de grãos e resistência aos principais estresses bióticos e abióticos.

Foram identificadas linhagens promissoras com perfil adequado para avanço no Programa Geral. A linhagem IRGA 7351-1-7-4V-3V-2V destacou-se como a mais produtiva do ensaio, reunindo características agronômicas e qualitativas desejáveis. Além disso, o ensaio evidenciou variabilidade genética entre os genótipos quanto à produtividade de grãos, esterilidade de espiguetas e as características morfofisiológicas e tecnológicas dos grãos, o que reforça o potencial do material genético avaliado.

## Conclusões

Quatro linhagens foram indicadas para inclusão no Ensaio de Rendimento Avançado, do Programa Geral, a ser conduzido em cinco localidades, e duas linhagens serão testadas em Ensaio de Rendimento Preliminar do Programa Geral, em três localidades, na safra 2024/2025. Essas ações reforçam o compromisso do Programa com a entrega de cultivares resilientes e de alto desempenho para ambientes com temperaturas críticas (EPAGRI, 2023).

## Referências

- AHILERT, R. J. *Seleção genômica em arroz irrigado para tolerância ao frio no Sul do Brasil*. 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.
- CIAT. *Evaluación de la culinaria y molineria del arroz*. Calli: Centro International de Agricultura Tropical, 1989. 73p.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2023/2024 – 8º levantamento, maio 2024*. Brasília, DF: CONAB, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 23 maio 2025.
- EMBRAPA. *Fenotipagem e genotipagem de recursos genéticos para tolerância a temperaturas infraótimas no desenvolvimento do arroz irrigado*. Brasília, DF: Embrapa, 2017–2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/212981/fenotipagem-e-genotipagem-de-recursos-geneticos-para-tolerancia-a-temperaturas-infraotima-no-desenvolvimento-do-arroz-irrigado>. Acesso em: 20 maio 2025.
- EPAGRI. Epagri lança variedade de arroz irrigado tolerante ao frio e ao calor. 2023. Disponível em: <https://blog.epagri.sc.gov.br/index.php/epagri-lanca-nesta-sexta-23-variedade-de-arroz-irrigado-tolerante-ao-frio-e-ao-calor-na-fase-reprodutiva/>. Acesso em: 20 maio 2024.
- FEIJÓ, M. M. *Caracterização morfofisiológica e germinação em baixa temperatura de genótipos de arroz irrigado*. 2021. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.
- GARCIA, D. A. et al. Desempenho de linhagens elite de arroz de terras altas em baixas temperaturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 59, e03605, 2024. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/pab/article/view/27822/15384>. Acesso em: 20 maio 2025.
- R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 20 maio 2024.
- SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado.** *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil*. 33. ed. Restinga Seca, RS: SOSBAI; Epagri; Embrapa; IRGA; UFPel; UFRGS; UFSM, 2023. 205 p. Disponível em: <https://www.sosbai.com.br/publicacoes>. Acesso em: 23 maio 2025.