

QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DE CULTIVARES DE ARROZ SUBMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS NO ESTÁDIO REPRODUTIVO

Autores: Luana Bueno Longaray¹; Natan da Silva Fagundes²; Mirege Robaina Viviam³; Ana Carolina de Oliveira Alves⁴; Sidnei Deuner⁵;

Palavras-chave: *Oryza sativa* (L.), estresse térmico, rendimento de inteiros, grãos gessados.

Introdução

O arroz é um dos principais cereais cultivados no mundo, sendo o Brasil responsável por uma produção de aproximadamente 12 milhões de toneladas na safra 2024/25, segundo Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025). A temperatura global registra um aumento crescente ao decorrer dos anos por causa do efeito estufa (OMS, 2021) e, estudos estimam que a elevação da temperatura pode reduzir a produção de arroz em até 41% no final do século XXI (KHAN *et al.*, 2019).

A sensibilidade do arroz às altas temperaturas podem ser observadas ao longo de todo o seu ciclo, sendo a fase da antese a mais sensível. Nessa etapa, os danos provocados pelo estresse térmico podem ser irreversíveis para a produtividade, uma vez que afeta diretamente a fertilidade das espiguetas (BUU; CHAN; LANG, 2021). Também impacta na fotossíntese, na síntese proteica, no aumento da taxa respiratória e na diminuição da atividade enzimática, causando alterações fisiológicas que influenciam na formação dos grãos e reduzem a produtividade (PRASAD *et al.*, 2017). Além disso, temperaturas elevadas no período de enchimento de grãos pode aumentar significativamente o percentual de grãos gessados e a opacidade, reduzindo a qualidade visual e aumentando a suscetibilidade a quebra durante o beneficiamento (DOU *et al.*, 2018).

Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a qualidade industrial de grãos de três cultivares de arroz em resposta ao estresse térmico induzido em dois períodos do estágio reprodutivo.

Material e Métodos

Sementes das cultivares de arroz IRGA 424 RI, BRS Pampeira e SCSBRS Dueto, foram semeadas na segunda quinzena de outubro de 2024, na área experimental do Centro Agropecuário da Palma, na Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Ao atingirem o estágio fenológico R1 - diferenciação da panícula e R4 – antese (Counce *et al.*, 2000), caracterizando o primeiro período (1º P) e, segundo período (2º P) respectivamente, parcelas de plantas foram submetidas a elevação térmica por 14 dias em cada período pela instalação de pequenas estufas de PVC cobrindo uma área de 1,0 x 2,7 x 1,5 metros de largura, comprimento e altura, respectivamente. Como tratamento testemunha, foram utilizadas parcelas de plantas das três cultivares mantidas a campo em ambiente sem submissão ao estresse térmico.

Ao atingirem a maturidade fisiológica, foi realizada a colheita manualmente com os grãos apresentando 22% de umidade. Em seguida, as amostras foram limpas e secas em secador estacionário com 18 bandejas até atingirem 13% de umidade. Logo após, foram submetidas ao descascamento e polimento (105 g por amostra, durante 60 segundos) em engenho de provas zaccaria (modelo PAZ-1-DTA, Indústria de Máquinas Zaccaria S/A, São Paulo, Brasil). A separação dos grãos inteiros e quebrados foi realizada no trieur (cilindro alveolado) do próprio equipamento. Para a quantificação dos defeitos de grãos (gessados,

¹ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia (IB), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Av. Eliseu Maciel, s/n – Capão do Leão, RS, 96160-000, Brasil, buenolongaray@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, Mestrando no PPG em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), natanfagundes@gmail.com

³ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, viviamirege@gmail.com.

⁴ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, aco.alves@outlook.com.

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, sdeuner@yahoo.com.br.

barriga branca e barriginha), utilizou-se o Rice Analyzer (MachVision), que analisa estatisticamente a amostra através da captação de imagens.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições por tratamento. As análises de variância (ANOVA) foram conduzidas com 95% de confiança, utilizando o teste de Tukey ($P < 0,05$), por meio do software Statistix 9 (TALLAHASSEE, 2009).

Resultados e Discussão

Na avaliação do percentual de grãos barriga branca, observou-se que as cultivares IRGA 424 RI e BRS Pampeira apresentaram estabilidade frente a altas temperaturas, sem diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2). Em contraste, a cultivar SCSBRS Dueto demonstrou sensibilidade ao estresse térmico quando da submissão no estágio R4, com percentual significativamente superior as demais cultivares e também ao tratamento testemunha e ao primeiro período (R1).

Tabela 2. Grãos barriga branca (%) de três cultivares de arroz (IRGA 424 RI, BRS Pampeira e SCSBRS Dueto) submetidas ao estresse térmico em dois períodos do estágio reprodutivo, início do R1 e início do R4.

Cultivares	Testemunha	1º Período (R1)	2º Período (R4)	CV (%)
IRGA 424 RI	1,84 aA*	2,08 aA	2,23 aB	32,55
BRS Pampeira	1,68 aA	1,79 aA	2,01 aB	17,18
SCSBRS Dueto	1,40 bA	1,93 bA	9,09 aA	11,76
CV (%)	18,4	31,78	12,17	--

*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha comparando tratamentos e maiúsculas na coluna comparando cultivares, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Durante o desenvolvimento dos grãos de arroz, temperaturas elevadas comprometem tanto a integridade visual quanto a estrutura interna dos grãos. O calor intensifica a formação de gesso, um defeito resultante do acúmulo irregular e pouco compacto dos fotoassimilados no endosperma. Como consequência, os grãos tornam-se mais suscetíveis a danos durante o processamento industrial, aumentando a taxa de quebra e reduzindo o rendimento de engenho (LYMAN *et al.*, 2013; ALI *et al.*, 2019). Segundo Lyman *et al.* (2013), temperaturas elevadas no período de enchimento de grãos intensificam tanto a incidência de quebra quanto a formação de gesso, impactando negativamente a produtividade.

Para a análise dos grãos gessados, observou-se que o estresse térmico resultou em aumento significativo no percentual para as cultivares IRGA 424 RI e SCSBRS DUETO no segundo período (R4), não havendo diferença entre os tratamentos para a cultivar BRS Pampeira (Tabela 3). Comparando as cultivares em cada tratamento, na ausência do estresse térmico, a cultivar SCSBRS DUETO apresentou o menor percentual. Quando foram submetidas ao estresse térmico no estágio R1 (diferenciação da panícula), não houve diferença entre as cultivares e, no estágio R4 (antese), o maior percentual de grãos gessados foi observado para a cultivar SCSBRS DUETO.

¹ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia (IB), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Av. Eliseu Maciel, s/n – Capão do Leão, RS, 96160-000, Brasil, buenolongaray@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, Mestrando no PPG em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), natanfagundes@gmail.com

³ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, viviamirege@gmail.com.

⁴ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, aco.alves@outlook.com.

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, sdeuner@yahoo.com.br.

Tabela 3. Grãos gessados (%) de três cultivares de arroz (IRGA 424 RI, BRS Pampeira e SCSBRS Dueto) submetidas ao estresse térmico em dois períodos do estágio reprodutivo, início do R1 e início do R4.

Cultivares	Testemunha	1º Período (R1)	2º Período (R4)	CV (%)
IRGA 424 RI	0,38 bA*	0,54 bA	1,16 aB	34,17
BRS Pampeira	0,30 aAB	0,36 aA	0,47 aB	23,67
SCSBRS Dueto	0,13 bB	0,29 bA	1,99 aA	46,55
CV (%)	40,69	33,72	34,50	--

*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha comparando tratamentos e maiúsculas na coluna comparando cultivares, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Esses resultados indicam que a ocorrência de grãos gessados está associada à sensibilidade das cultivares em temperaturas elevadas, sendo um critério importante na escolha de materiais genéticos mais adaptados às condições adversas de temperatura. Na presença de temperaturas altas o enchimento do grão e a biossíntese de compostos de reserva, são comprometidos, favorecendo a formação do gesso. Acredita-se que lacunas formadas pela interrupção no desenvolvimento dos grânulos de amido tornam os grãos gessados mais frágeis e propensos à formação de fissuras (SREENIVASULU *et al.*, 2015).

Para o rendimento de grãos inteiros, a cultivar SCSBRS Dueto demonstrou sensibilidade a temperaturas elevadas, com redução significativa no segundo período, em virtude dos percentuais de barriga branca e gessados, que contribuem para o baixo rendimento. Já as cultivares IRGA 424 RI e BRS Pampeira apresentaram estabilidade nos resultados, não havendo diferença significativa em resposta ao estresse térmico. Comparando as cultivares em cada tratamento, não houve diferenças significativas (Tabela 1).

Tabela 1. Rendimento de grãos (%) de três cultivares de arroz (IRGA 424 RI, BRS Pampeira e SCSBRS Dueto) submetidas ao estresse térmico em dois períodos do estágio reprodutivo, início do R1 e início do R4.

Cultivares	Testemunha	1º Período (R1)	2º Período (R4)	CV (%)
IRGA 424 RI	66 aA*	67 aA	67 aA	3,69
BRS Pampeira	65 aA	65 aA	66 aA	2,33
SCSBRS Dueto	67 aA	65 aA	60,8 bA	5,26
CV (%)	2,31	3,17	5,64	--

*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha comparando tratamentos e maiúsculas na coluna comparando cultivares, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo observações realizadas por Sreenivasulu *et al.* (2015), os quais verificaram que o rendimento industrial do arroz sofre uma redução de aproximadamente 6% para cada

¹ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia (IB), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Av. Eliseu Maciel, s/n – Capão do Leão, RS, 96160-000, Brasil, buenolongaray@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, Mestrando no PPG em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), natanfagundes@gmail.com

³ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, viviamirege@gmail.com.

⁴ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, aco.alves@outlook.com.

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, sdeuner@yahoo.com.br.

incremento de 1°C na temperatura do ar, considerando a fase da antese, a mais crítica. Quando ocorrem altas temperaturas durante este período, a forma e deiscência da antera são afetadas, além de diminuir a viabilidade e o número de grãos de pólen, impactando na fertilidade das espiguetas (SHRESTHA *et al.*, 2022).

Conclusões

Conclui-se, portanto, que o estresse térmico durante a fase reprodutiva causa alterações visuais e estruturais nos grãos que impactam negativamente o rendimento industrial. Assim, essa fase demanda atenção especial no manejo para minimizar perdas.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Empresa Cartec Tecnologia e ao Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS/UFPel).

Referências

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 8º Boletim de levantamento: Safra 2024/2025 de grãos. Brasília: CONAB, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br>. Acesso em: 29 maio 2025.
- OMS. WHO health and climate change global survey report. Geneva: Organização Mundial da Saúde.
- KHAN, S.; ANWAR, S.; ASHRAF, M. Y.; KHALIQ, B.; SUN, M.; HUSSAIN, S.; GAO, Z.; NOOR, H.; ALAM, S. Mechanisms and Adaptation Strategies to Improve Heat Tolerance in Rice. A Review. **Plants**, v. 8, n. 11, p. 508, 15 nov. 2019.
- BUU, B. C.; CHAN, C. Y.; LANG, N. T. Molecular Breeding for Improving Heat Stress Tolerance in Rice: Recent Progress and Future Perspectives. *Em*: HOSSAIN, M. A.; HASSAN, L.; IFTERKHARUDDAULA, K. MD.; KUMAR, A.; HENRY, R. **Molecular Breeding for Rice Abiotic Stress Tolerance and Nutritional Quality**. 1. ed. [s.l.] Wiley, 2021. p. 92–119.
- PRASAD, P. V. V.; BHEEMANAHALLI, R.; JAGADISH, S. V. K. Field Crops and the Fear of Heat Stress—Opportunities, Challenges and Future Directions. **Field Crops Research**, v. 200, p. 114–121, jan. 2017.
- DOU, Z.; TANG, S.; CHEN, W.; ZHANG, H.; LI, G.; LIU, Z.; DING, C.; CHEN, L.; WANG, S.; DING, Y. Effects of Open-Field Warming during Grain-Filling Stage on Grain Quality of Two Japonica Rice Cultivars in Lower Reaches of Yangtze River Delta. **Journal of Cereal Science**, v. 81, p. 118–126, maio 2018.
- STATISTIX. Statistix for Windows: version 9. Tallahassee, FL: Analytical Software, 2009. Disponível em: <https://www.statistix.com>. Acesso em: 22 jun. 2025.
- SREENIVASULU, N.; BUTARDO, V. M.; MISRA, G.; CUEVAS, R. P.; ANACLETO, R.; KAVI KISHOR, P. B. Designing Climate-Resilient Rice with Ideal Grain Quality Suited for High-Temperature Stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 7, p. 1737–1748, abr. 2015.
- SHRESTHA, S.; MAHAT, J.; SHRESTHA, J.; K.C., M.; PAUDEL, K. Influence of High-Temperature Stress on Rice Growth and Development. A Review. **Heliyon**, v. 8, n. 12, p. e12651, dez. 2022.
- LYMAN, N. B.; JAGADISH, K. S. V.; NALLEY, L. L.; DIXON, B. L.; SIEBENMORGEN, T. Neglecting Rice Milling Yield and Quality Underestimates Economic Losses from High-Temperature Stress. **PLoS ONE**, v. 8, n. 8, p. e72157, 22 ago. 2013.
- ALI, F.; WATERS, D. L. E.; OVENDEN, B.; BUNDOCK, P.; RAYMOND, C. A.; ROSE, T. J. Heat Stress during Grain Fill Reduces Head Rice Yield through Genotype Dependant Increased Husk Biomass and Grain Breakage. **Journal of Cereal Science**, v. 90, p. 102820, nov. 2019.

¹ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia (IB), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Av. Eliseu Maciel, s/n – Capão do Leão, RS, 96160-000, Brasil, buenolongaray@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, Mestrando no PPG em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), natanfagundes@gmail.com

³ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, viviamirege@gmail.com.

⁴ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, aco.alves@outlook.com.

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, sdeuner@yahoo.com.br.