

SELEÇÃO PRECOCE DE PROGÊNIES DE ARROZ IRRIGADO AVALIADAS NA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Nayara Mafaldo de Oliveira Brincker¹; José Manoel Colombari Filho²; Péricles de Carvalho Ferreira Neves³; Ariano Martins de Magalhães Júnior⁴; Paulo Ricardo Reis Fagundes⁵

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., melhoramento genético, seleção recorrente, famílias.

Introdução

O método de seleção adotado pelo programa de Melhoramento de Arroz da Embrapa (MelhorArroz) tem resultado no desenvolvimento de cultivares que romperam, de forma notável, os tetos de produtividade historicamente observados no Brasil (Streck et al., 2018). Nas últimas décadas do MelhorArroz, o ganho genético estimado para produtividade de grãos no arroz irrigado tem sido de cerca de 2% ao ano (Colombari Filho et al., 2017), reflexo da estratégia de substituir o método genealógico, tradicionalmente adotado pelos programas de arroz, pelos princípios da seleção recorrente. Implementada MelhorArroz a partir de 2003, essa abordagem visa concentrar os esforços de extração de linhagens dentro de progênies com alta frequência de combinações gênicas favoráveis, além de seu uso precoce como genitores não endogâmicos em cruzamentos. Uma estratégia, devido a recombinação precoce, que contribui de forma eficiente na ruptura de blocos gênicos e no aumento da frequência de alelos favoráveis e de transgressivos. Para isso, o MelhorArroz anualmente conduz ensaios de avaliação precoce com progênies $F_{2:4}$ (ERF) em diferentes ambientes-alvo, permitindo a análise conjunta de caracteres quantitativos relevantes, como produtividade de grãos, altura de plantas, ciclo de maturação, resistência a doenças e qualidade de grãos (Colombari Filho et al., 2017). Este trabalho teve como objetivo selecionar as melhores progênies $F_{2:4}$ de arroz irrigado avaliadas no ERF da safra 2023/24, conduzido na região da Fronteira Oeste do RS.

Material e Métodos

Foram utilizados dados do Ensaio de Rendimento de Famílias (ERF) conduzido pelo MelhorArroz na safra 2023/24, no Centro de Validação Tecnológica Capivari da Fundação Maronna, em Alegrete, RS. O ensaio foi composto por 150 genótipos de arroz irrigado, sendo 147 progênies $F_{2:4}$ e três cultivares testemunhas: BRS Pampa, BRS Pampeira e IRGA 424. Adotou-se o delineamento experimental em alfa-látice 15 x 10, com duas repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,17 m entre si, com densidade de semeadura de 60 sementes por metro.

A semeadura do ensaio foi realizada em 27 de novembro de 2023, e a colheita dos genótipos ocorreu no estádio R9, correspondente à maturação completa dos grãos na panícula. A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais. Foram avaliados os seguintes caracteres: produtividade de grãos (PG, em kg ha⁻¹), dias para o florescimento (DF, em dias), altura de plantas (AP, em cm) e acamamento (AC), este avaliado por notas de 1 (todas as plantas eretas) a 9 (todas as plantas acamadas). As doenças não foram avaliadas devido à ausência ou baixa incidência nas parcelas, mesmo com o manejo do ensaio sem aplicação de fungicidas. A partir das amostras de grãos das parcelas, foram obtidos o rendimento de grãos inteiros (GI, %), grãos quebrados (GQ, %), área gessada total (AG, %), comprimento (C, mm) e largura (L, mm) dos grãos, com uso do moinho de prova e do

¹ Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, 97650-000, Itaqui, RS, nayarabrincker@gmail.com

² Doutor, Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO, jose.colombari@embrapa.br

³ Doutor, Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO, pericles.neves@embrapa.br

⁴ Doutor, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, 96010-971, Pelotas, RS, ariano.martins@embrapa.br

⁵ Doutor, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, 96010-971, Pelotas, RS, paulo.fagundes@embrapa.br

equipamento S21. Em laboratório, foram determinados o teor de amilose (TA, %) e a temperatura de gelatinização (TG), avaliada por notas de 1 a 7 (Bassinello et al., 2004).

Os dados foram submetidos à análise estatística por meio do *proc mixed* do SAS® (versão 9.4), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. As expressões referentes às esperanças matemáticas dos quadrados médios (QM) foram consideradas análogas àquelas do delineamento em blocos completos. Assim, a esperança do QM do erro foi igual à variância do erro ($\hat{\sigma}^2$), enquanto a esperança do QM de progênies correspondeu a $\hat{\sigma}^2 + R\hat{\sigma}_p^2$, sendo $\hat{\sigma}_p^2$ a variância genética entre progênies e R o número de repetições. Para PG, foi estimado o coeficiente de herdabilidade no sentido amplo, em nível de médias de progênies (\hat{h}_p^2) e a resposta esperada com a seleção (Rs), calculada por $Rs = ds \hat{h}_p^2$, sendo ds o diferencial de seleção, obtido pela diferença entre a média das selecionadas e a média do conjunto inicial de progênies (Vencovsky & Barriga, 1992).

Resultados e Discussão

O coeficiente de variação experimental ($CV\%$) obtido para PG foi de 9,03%, indicando uma precisão experimental muito satisfatória, considerando a cultura, a elevada complexidade genética do caráter, o tamanho da parcela e o delineamento experimental adotado (Tabela 1)

Tabela 1. Graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), coeficiente de variação experimental ($CV\%$), média geral (\bar{M}), média das testemunhas (\bar{T}) e média das progênies $F_{2:4}$ (\bar{P}) das análises de variância para produtividade de grãos (PG, em kg ha⁻¹), altura de plantas (AP, em cm) e dias para o florescimento (DF, em dias).

FV	GL	QM		
		PG	AP	DF
Repetições (R)	1	12.095.790**	38.88 ^{ns}	463,76**
Blocos/R	28	1.007.700*	29,36**	29,73*
Genótipos (G)	149	1.372.625**	31,78**	92,37**
Progênies (P)	146	1.381.192**	31,72**	92,45**
Testemunhas (T)	2	1.015.285 ^{ns}	7,82 ^{ns}	60,09*
Tipos (P vs. T)	1	430.485 ^{ns}	24,71 ^{ns}	13,75 ^{ns}
Erro intrablocos	121	544.689	10,77	16,36
$CV\%$		9,03	4,45	5,19
\bar{M}		8.175	73,76	78,00
\bar{T}		8.473 a	88,00 a	83,00 a
\bar{P}		8.169 b	85,84 a	79,75 a

^{ns}, * e **: teste F não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente; e

Médias seguidas de letras distintas são diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O efeito de progênies foi altamente significativo para PG ($p \leq 0,01$), o que comprova a existência de variabilidade genética entre as médias de progênies avaliadas. A média geral das progênies foi de 8.169 kg ha⁻¹, com variação de 6.142 a 10.409 kg ha⁻¹. Cabe ressaltar que existe a presença de variância genética (aditiva e dominância) dentro de progênies $F_{2:4}$, que implica na presença de genótipos F_4 com diferentes potenciais produtivos. Das 147 progênies avaliadas, 109 apresentaram médias superiores e estatisticamente semelhantes ($p \leq 0,05$, teste de Tukey) à da testemunha que foi menos produtiva, a cultivar IRGA 424, com 7.648 kg ha⁻¹. A testemunha mais produtiva foi a cultivar BRS Pampeira, com 9.114 kg ha⁻¹, e 25 progênies apresentaram médias superiores e não significativamente diferentes desta, o que evidencia um elevado potencial genético desse conjunto de progênies do MelhorArroz.

Para AP e DF, os efeitos de progênies também foram altamente significativos ($p \leq 0,01$). As médias de AP variaram entre 79 e 93 cm, sendo a testemunha mais alta a BRS Pampeira, com 91 cm. Esses resultados indicam que não há, neste conjunto de progênies, ocorrência de excessiva altura de plantas que justifique a eliminação de genótipos apenas com base nesse caráter. Quanto ao DF, as médias variaram de 63 a 99 dias, revelando ampla diversidade no ciclo de maturação entre as progênies, com presença de genótipos desde muito precoces até de ciclo médio, o que amplia as possibilidades de adaptação a diferentes ambientes de cultivo.

Tabela 2. Dados médios das progêneres F2:4 e cultivares testemunhas dos Ensaio de Rendimento de Famílias (ERF) da safra 2023/24, conduzido em Alegrete, RS, classificados em ordem decrescente de produtividade de grãos.

Class.	Genótipo	PG	Tukey	DF	Ciclo	AP	AC	ACx	GI	GQ	C	L	CL	AG	TA	TG	SEL	
1º	CNAx21242-B-2-B-B	10409	A	94	M	90	1,0	1	56	11	6,9	1,98	3,5	8,0	25,00	I/A	7,0 B	1
2º	CNAx21222-B-1-B-B	10087	B A	92	M	88	1,0	1	58	9	7,1	2,00	3,6	9,2	25,64	A	7,0 B	1
3º	CNAx21397-B-4-B	10079	B A	75	MP	85	3,0	5	55	12	6,8	1,87	3,6	7,7	22,06	I	7,0 B	0
4º	CNAx21583-4-B	9759	B A C	78	P	89	1,8	2	61	7	6,9	1,97	3,5	8,4	24,33	I	6,9 B	1
5º	CNAx21293-B-3-B	9707	B A C	89	P	86	2,0	5	53	12	7,0	1,96	3,6	9,4	25,00	I/A	7,0 B	0
6º	CNAx21408-B-7-B	9680	B A C	82	P	93	1,0	1	57	10	7,0	1,94	3,6	7,8	20,94	I	6,5 B	1
7º	CNAx21397-B-6-B	9647	B A C	78	P	84	1,5	2	59	8	7,0	1,86	3,8	8,9	23,90	I	7,0 B	1
8º	CNAx21419-B-14-B	9555	B A C	77	P	79	1,0	1	58	9	7,0	1,98	3,6	7,9	24,95	I/A	7,0 B	1
9º	CNAx21382-B-5-B	9544	B A C	78	P	89	4,3	7	54	11	7,2	1,88	3,9	6,7	16,46	B	4,9 I	0
10º	CNAx21440-B-6-B	9505	B A C	95	M	91	1,3	2	58	10	6,9	2,05	3,4	10,8	25,23	I/A	7,0 B	0
11º	CNAx21602-1-B	9488	B A C	77	P	88	3,8	5	59	9	7,1	1,96	3,6	8,6	19,28	B	6,0 B	0
12º	CNAx21397-B-5-B	9403	B A C	82	P	85	2,0	3	61	7	7,1	1,89	3,8	7,6	24,24	I	7,0 B	1
13º	CNAx21212-B-2-B-B	9387	B A C	74	MP	85	2,8	3	59	8	7,1	1,90	3,7	8,6	16,33	B	6,3 B	0
14º	CNAx21409-B-3-B	9379	B A C	96	M	87	1,0	1	55	10	6,8	1,92	3,5	8,5	23,97	I	7,0 B	1
15º	CNAx21607-1-B	9291	B A C	77	P	84	1,5	2	59	8	7,0	1,93	3,6	7,6	24,66	I/A	7,0 B	1
16º	CNAx21423-B-29-B	9234	B A C	80	P	83	1,5	2	58	10	7,2	1,99	3,6	8,8	25,67	A	7,0 B	1
17º	CNAx21433-B-4-B	9227	B A C	75	MP	80	3,3	5	61	6	7,0	1,91	3,7	8,4	24,22	I	7,0 B	0
18º	CNAx21394-B-5-B	9225	B A C	93	M	88	1,0	1	55	11	6,9	1,93	3,6	8,8	24,57	I/A	7,0 B	1
19º	CNAx21195-B-12-B-B	9203	B A C	74	MP	88	3,5	5	54	13	6,8	1,96	3,5	8,0	17,38	B	6,0 B	0
20º	CNAx21212-B-3-B-B	9180	B A C	77	P	88	3,3	5	62	7	6,9	1,90	3,7	6,8	25,70	A	7,0 B	0
21º	CNAx21417-B-11-B	9178	B A C	78	P	82	1,8	3	58	10	6,9	1,97	3,5	8,8	22,00	I	7,0 B	1
22º	CNAx21421-B-3-B	9168	B A C	77	P	82	2,0	3	58	9	7,0	1,93	3,6	7,1	25,35	I/A	7,0 B	1
23º	CNAx21222-B-17-B-B	9144	B A C	92	M	87	1,0	1	48	19	6,9	2,04	3,4	9,6	25,81	A	7,0 B	0
24º	CNAx21392-B-1-B	9142	B A C	72	MP	80	4,3	7	58	8	7,3	1,86	3,9	6,1	20,55	I	6,0 B	0
25º	CNAx21215-B-4-B	9131	B A C	90	P	82	1,0	1	54	9	6,9	1,95	3,6	8,9	24,83	I/A	6,6 B	1
26º	BRS Pampeira	9114	B A C	88	P	91	1,3	2	58	8	7,2	1,95	3,7	7,6	23,50	I	7,0 B	
27º	CNAx21425-B-4-B	9087	B A C	77	P	81	1,5	2	58	9	7,0	1,93	3,6	6,9	22,65	I	6,9 B	1
28º	CNAx21408-B-4-B	9057	B A C	86	P	91	1,0	1	59	7	7,1	1,93	3,7	7,3	16,52	B	5,0 I	0
29º	CNAx21423-B-6-B	9003	B A C	78	P	82	1,8	3	61	6	7,0	1,93	3,6	7,8	24,83	I/A	6,5 B	1
30º	CNAx21421-B-6-B	8957	B A C	78	P	81	1,5	3	61	6	7,1	1,89	3,8	6,9	25,35	I/A	7,0 B	1
31º	CNAx21404-B-4-B	8925	B A C	80	P	86	1,0	1	57	11	7,1	1,92	3,7	7,5	19,93	B/I	5,6 I/B	1
32º	CNAx21397-B-3-B	8904	B A C	79	P	83	1,8	3	54	12	7,2	1,85	3,9	6,5	22,62	I	7,0 B	1
33º	CNAx21391-B-14-B	8894	B A C	81	P	84	1,0	1	54	12	7,2	1,92	3,7	8,5	20,77	I	6,3 B	1
34º	CNAx21386-B-9-B	8891	B A C	81	P	87	1,5	2	60	7	7,1	1,87	3,8	7,3	14,95	B	5,0 I	0
35º	CNAx21391-B-6-B	8881	B A C	76	P	82	1,8	2	58	9	7,1	1,89	3,7	7,3	19,76	B/I	6,0 B	1
36º	CNAx21418-B-4-B	8813	B A C	80	P	83	1,0	1	57	9	6,8	1,92	3,6	8,6	21,31	I	7,0 B	1
37º	CNAx21417-B-7-B	8760	B A C	76	P	83	1,3	2	57	11	6,9	1,96	3,5	7,6	24,31	I	7,0 B	1
38º	CNAx21420-B-1-B	8747	B A C	97	M	87	1,0	1	52	12	6,9	2,02	3,4	8,7	25,59	A	7,0 B	1
39º	CNAx21213-B-7-B-B	8734	B A C	78	P	88	1,8	3	58	9	7,2	1,87	3,8	8,0	25,35	I/A	7,0 B	1
40º	CNAx21415-B-2-B	8732	B A C	81	P	80	1,3	2	64	4	6,7	1,91	3,5	7,1	24,11	I	7,0 B	1
41º	CNAx21404-B-16-B	8712	B A C	77	P	87	2,3	3	60	8	7,1	1,93	3,7	8,0	23,29	I	6,9 B	1
42º	CNAx21409-B-4-B	8671	B A C	72	MP	87	2,0	3	59	8	7,2	1,92	3,8	7,7	21,94	I	6,4 B	1
43º	CNAx21399-B-8-B	8664	B A C	75	MP	87	2,3	5	57	10	7,0	1,99	3,5	9,8	24,91	I/A	7,0 B	0
44º	CNAx21607-4-B	8663	B A C	75	MP	87	2,3	5	59	9	7,1	1,91	3,7	7,0	24,50	I/A	7,0 B	0
45º	BRS Pampa	8658	B A C	74	MP	85	5,5	7	62	6	7,0	1,91	3,7	6,9	23,27	I	6,9 B	
46º	CNAx21293-B-7-B	8631	B A C	95	M	86	1,0	1	55	11	7,1	1,98	3,6	9,5	25,45	I/A	7,0 B	0
47º	CNAx21437-B-7-B	8623	B A C	91	M	90	1,0	1	55	11	7,1	1,98	3,6	10,1	26,01	A	7,0 B	0
48º	CNAx21417-B-13-B	8617	B A C	77	P	83	1,3	2	60	8	6,8	1,97	3,5	9,5	22,12	I	7,0 B	0
49º	CNAx21409-B-17-B	8601	B A C	75	MP	84	2,8	5	60	8	7,3	1,94	3,8	11,3	23,62	I	7,0 B	0
50º	CNAx21409-B-19-B	8592	B A C	99	M	92	1,0	1	55	9	7,1	1,97	3,6	8,8	25,24	I/A	7,0 B	1
51º	CNAx21426-B-1-B	8581	B A C	80	P	91	1,5	2	57	11	7,1	1,89	3,7	7,9	23,48	I	6,3 B	1
52º	CNAx21409-B-14-B	8580	B A C	98	M	87	1,0	1	55	10	6,9	1,94	3,6	10,0	25,18	I/A	7,0 B	0
53º	CNAx21421-B-4-B	8575	B A C	76	P	82	1,5	2	59	8	7,0	1,89	3,7	7,0	24,31	I	7,0 B	0
54º	CNAx21368-B-1-B	8524	B A C	76	P	89	1,8	3	58	7	7,1	1,97	3,6	7,2	15,68	B	6,0 B	0
55º	CNAx21417-B-12-B	8515	B A C	76	P	83	1,5	2	59	9	6,8	1,93	3,5	7,9	22,75	I	7,0 B	0
112º	IRGA 424	7648	B A C	87	P	88	1,8	3	61	8	6,8	1,96	3,5	8,7	23,38	I	7,0 B	
150º	CNAx21434-B-2-B	6142	C	76	P	85	3,0	5	59	8	7,2	1,95	3,7	10,5	24,95	I/A	7,0 B	0

PG: produtividade de grãos (kg ha^{-1}); Tukey: Médias de PG seguidas de letras distintas são diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DF: dias para o florescimento (dias); Ciclo: muito precoce (MP), precoce (P) e médio (M); AP: altura de plantas (cm); AC e ACx: acamação médio e máximo, respectivamente, sendo nota 1 (todas as plantas eretas) e 9 (todas as plantas acamadas); GI e GQ: porcentagem de grãos inteiros e grãos quebrados, respectivamente; C, L e CL: comprimento (mm), largura (mm) dos grãos e relação C/L, respectivamente; AG: área gessada total (%); TA e TG: teor de amilose (%) e temperatura de gelatinização (notas), respectivamente, sendo baixo (B), intermediário (I) e alto (A); SEL: seleção, sendo progênie selecionada (1) e eliminada (0).

Para fins de seleção, foram inicialmente descartadas, independentemente dos demais caracteres, todas as progênies que apresentaram nota de acamamento máximo (ACx) maior ou igual a 5; combinações culinárias indiretas indesejáveis de TA e TG, especificamente baixo/baixo (B/B) ou baixo/intermediário (B/I); AG igual ou superior a 9,5%; L superior a 2,02 mm; e PG inferior numericamente à da testemunha IRGA 424. Com base nesses critérios, foram eliminadas 86 progênies que apresentaram algum desses fenótipos restritivos.

Por fim, com foco apenas naquelas promissoras, aplicou-se uma intensidade de seleção de 20% (30 progênies) para PG e obteve-se uma média de 9.138 kg ha⁻¹ para as selecionadas. Tais resultados levaram a um *ds* de 969 kg ha⁻¹ e *Rs* de 587 kg ha⁻¹, que representou 7,18% de ganho esperado com a seleção, considerando que a \hat{h}_p^2 foi igual a 60,56%. Assim, mesmo inflacionados pela interação progénie x local, esses resultados foram muito satisfatórios.

Conclusões

O conjunto de progênies F_{2:4} da safra 2023/24 apresentou uma resposta esperada com a seleção de 7,18% para PG, indicando boas perspectivas para o programa MelhorArroz. A alta frequência de combinações gênicas favoráveis reforça seu potencial tanto para a seleção de novas linhagens quanto para seu uso como genitores não endogâmicos em cruzamentos.

Agradecimentos

Agradecemos especialmente ao assistente Jerry Adriani Cordeiro de Souza, da Embrapa Arroz e Feijão, pelo convívio e pelo apoio nas atividades técnicas, e à Fundação Maronna, pela parceria de 25 anos em apoio ao programa MelhorArroz na região da Fronteira Oeste do RS.

Referências

- BASSINELLO, P. Z.; ROCHA, M. S.; COBUCCI, R. M. A. Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 84).
- COLOMBARI FILHO, J. M. et al. (2017). Progressos da genética do arroz irrigado da Embrapa para região subtropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 10., Gramado. Anais... Gramado: SOSBAI, 2017.
- STRECK, E. A. et al. Genetic progress in 45 years of irrigated rice breeding in southern brazil. Crop Science v. 58, p. 1094-1105, 2018.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. (Ed.). Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.