

AVALIAÇÃO PRECOCE DE RENDIMENTO DE GRÃOS NO MELHORAMENTO DE ARROZ

Orlando Peixoto de Moraes¹; Paulo Ricardo Reis Fagundes²; Ariano Martins de Magalhães Jr³; Francisco Pereira Moura Neto⁴; Péricles Carvalho Ferreira Neves⁵; Alcides Severo⁶; Paulo Tadeu de Souza Lobo⁷.

Palavras-chave: Ganhos, seleção precoce, blup, acurácia, valor genotípico

INTRODUÇÃO

Cerca de 71% da produção brasileira de arroz de 2009 foi colhida na região Sul do Brasil, tendo o Rio Grande do Sul contribuído com 61,6% e Santa Catarina, com 9,4% (AGRIANUAL, 2011). É para essa região que se concentram os esforços brasileiros de melhoramento genético da cultura, com forte prioridade em produção e qualidade de grãos, além outras características capazes de aumentar a estabilidade da produtividade da cultura.

A Embrapa e seus parceiros implementam o melhoramento genético do arroz adotando estratégias que favorecem os ganhos para produção de grãos, em três etapas: (1) ampliação da variabilidade genética das populações-base; (2) melhoramento das populações-base, utilizando procedimentos de seleção recorrente, com finalidade de preservar a variabilidade genética existente, para ganhos contínuos a longo prazo, e de prover genitores novos para incorporação nos cruzamentos de populações-élite; e melhoramento de populações-élite, objetivando resultados a curto prazo; (3) exploração de famílias recombinantes de alto desempenho produtivo como material básico para o desenvolvimento de cultivares superiores.

No melhoramento das populações-élite, famílias $F_{2.4}$ são avaliadas nos ambientes alvos, para produtividade de grãos e outras características. As famílias de melhor desempenho, na análise conjunta, são utilizadas com duas finalidades: como genitores para reconstituição de nova população do ciclo de melhoramento subsequente; e como material básico, de melhor desempenho produtivo, para a extração, na geração $F_{2.5}$, de linhagens, visando o desenvolvimento de novas cultivares.

O presente trabalho foi desenvolvido visando quantificar os benefícios da seleção, para produtividade de grãos entre famílias $F_{2.4}$ no desempenho do conjunto de linhagens derivadas de plantas selecionadas em $F_{2.5}$.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados, em conjunto, dois tipos de experimentos de arroz, conduzidos no Rio Grande do Sul: Ensaios de Rendimento de Famílias $F_{2.4}$ (ERF), ano 2005/06, do melhoramento das populações-élite; e Ensaios Preliminares de Rendimento de Linhagens (EP), ano 2008/09, composto por linhagens derivadas de famílias selecionadas no referido ERF.

-
- 1 Eng. Agr. DS. Embrapa Arroz e Feijão. Rodovia GO-462, km 12 Zona Rural C.P. 179. CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: peixoto@cnpaf.embrapa.br.
 - 2 Eng. Agr. DS. Embrapa Clima Temperado. E-mail: fagundes@cpact.embrapa.br.
 - 3 Eng. Agr. DS. Embrapa Clima Temperado. E-mail: ariano@cpact.embrapa.br.
 - 4 Eng. Agr. MS. Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: fpmn@cnpaf.embrapa.br.
 - 5 Eng. Agr. DS. Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: pericles@cnpaf.embrapa.br.
 - 6 Tec. Agrop. Embrapa Clima Temperado. E-mail: severo@cpact.embrapa.br.
 - 7 Tec. Agrop. Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: paulo@cnpaf.embrapa.br.

O ERF, com 157 famílias $F_{2,4}$, foi instalado em Alegrete e Capão do Leão, em blocos aumentados de Federer (BAF), utilizando as testemunha BR-IRGA 409, BRS 6 Chuí, BRS 7 Taim e IRGA 417, como tratamentos comuns entre os blocos, e parcelas de quatro linhas de 5m, espaçadas de 20cm. Baseando-se na análise conjunta, 25 famílias foram selecionadas e submetidas à seleção de plantas (F_5), ano 2006/07, em Goianira, GO. Um total de 1139 plantas foram selecionadas, cujas progênes foram avaliadas no ensaio de observação de linhagens (EOL), também em Goianira, GO, ano 2007/08. Baseando-se em reação a doenças e em aceitação fenotípica geral, apenas 76 linhagens foram selecionadas para o EP de 2008/09. Esse experimento, por sua vez, foi instalado nos municípios de Uruguaiana e Capão do Leão, empregando um BAF duplicado, ou seja, dois ensaios por local. Como tratamentos comuns aos blocos de cada ensaio foram utilizados as mesmas quatro testemunha do ERF. Tanto no EP como no ERF, foram avaliados produção de grãos, altura de planta, número de dias para a floração média, além de outras características não consideradas para este estudo. Na análise conjunta dos EPs, apenas 15 linhagens foram selecionadas para reavaliação em ensaios de categoria mais elevada do programa de desenvolvimento de cultivares da Embrapa.

Na avaliação conjunta dos dados, foram considerados os tratamentos agrupados em: TEST (testemunhas); ERF (famílias do ERF) e EP (linhagens do EP). Para análise, utilizou-se um modelo de efeitos mistos, em que ano, local, repetição, blocos e grupos de tratamentos foram considerados de efeitos fixos; e tratamentos dentro de grupo, como de efeitos aleatórios, permitindo estimar as médias dos primeiros e prever os valores genotípicos das famílias, linhagens e testemunhas. Na análise, foi utilizando o SAS (SAS INSTITUTE, 2004). Uma segunda análise foi também implementada, subdividindo os grupos ERF em ERFS (famílias selecionadas no ERF) e ERFD (famílias do ERF descartadas); e EP em EPS (linhagens selecionadas no EP) e EPD (linhagens do EP descartadas). Com essa segunda análise, foram estimadas as médias ajustadas de cada um dos cinco grupos resultantes e a correspondente matriz de covariâncias, indispensável para avaliar a significância dos contrastes entre os grupos. Foram também estimadas a resposta esperada à seleção (RS) e coeficientes de herdabilidade (h^2) para as características em estudo. RS foi estimada pela média dos valores genotípicos dos tratamentos selecionados e h^2 , pela razão entre RS e respectivo diferencial de seleção (ERFS-ERF ou EPS-EP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção média do ERF estimada foi de 8.006 Kg.ha^{-1} , cerca de uma tonelada a menos que a média de TEST (Tabela 1), evidenciando a necessidade de se identificar as famílias mais produtivas para, nelas, concentrar os esforços de seleção. Com a seleção de 25 famílias de melhor desempenho (15,9%), a média do ERFS atingiu 8.812 Kg.ha^{-1} , não diferindo estatisticamente da média de TEST e gerando um diferencial de seleção (DS) de 806 kg.ha^{-1} (10% da média do ensaio), altamente significativo. Sabe-se, contudo, que a herança do caráter produção de grãos é complexa, altamente influenciada pelo ambiente, e que a resposta à seleção (RS) é sempre bem menor do que o DS.

O contraste entre EP e ERF (Tabela 1) foi menor que o DS, o que só não ocorreria se a herdabilidade da variação entre as famílias do ERF fosse elevada e se fossem efetivas as seleções visuais para produtividade de grãos em nível de planta, ocorridas em $F_{2,5}$ (2006/07), e entre linhagens $F_{5,6}$ da fase seguinte (2007/08), o que, na prática quase sempre não se verifica (CUTRIM et al, 1997). Apesar da baixa pressão de seleção empregada no EP ($p=19,7\%$), a média de EPS foi de 9.427 Kg.ha^{-1} , ou seja, 4,6% superior ao valor médio das testemunhas, mas não suficiente para rejeitar a hipótese de nulidade do contraste, nos níveis de probabilidade pré-estabelecidos ($p \leq 0,05$). O diferencial de seleção, nesse caso, foi de $900,9 \text{ Kg.ha}^{-1}$, cuja probabilidade do valor verdadeiro ser nulo é baixa ($p \leq 0,001$).

As médias genotípicas das linhagens do EPS, estão alistadas na Tabela 2. Os valores de acurácia obtidos para produção de grãos evidenciaram moderada precisão dos valores preditos (REZENDE, 2002). No caso de Flo, característica de alta herdabilidade, as

Tabela 1. Média de produção de grãos (Prod), altura de planta (Alt) e número de dias para a floração média (Flo) dos grupos famílias avaliadas no ERF (ERF), famílias do ERF descartadas (ERFD), famílias selecionadas no ERF (ERFS), linhagens avaliadas no EP (EP), linhagens do EP descartadas (EPD), linhagens do EP selecionadas (EPS), testemunhas (TEST) e contrastes entre estimativas de médias de grupos.

Grupos Genéticos	Prod (kg ha ⁻¹)	Alt (cm)	Flor (dias)
ERF	8006	89,9	89,8
ERFD	7844	90,0	90,5
ERFS	8812	89,0	86,1
EP	8526	89,9	91,5
EPD	8307	90,2	92,2
EPS	9427	88,9	89,1
Testemunhas (TEST)	9015	87,5	88,8
Contrastes destacados:			
ERF versus ERFS	-806,4* ± 183,4	0,82 ± 0,76	3,71* ± 0,52
ERF versus EP	-519,9 ± 279,1	-0,05 ± 1,10	-1,70* ± 0,75
ERF versus EPS	-1420,8* ± 329,4	0,97 ± 1,29	0,70 ± 0,89
ERF versus TEST	-1009,2* ± 194,5	2,34* ± 0,79	1,02 ± 0,56
ERFS versus EP	286,4 ± 334,8	-0,87 ± 1,34	-5,41* ± 0,92
ERFS versus TEST	-202,8 ± 268,5	1,52 ± 1,10	-2,69* ± 0,76
EP versus EPS	-900,9* ± 175,0	1,02 ± 0,67	2,40* ± 0,46
EP versus TEST	-489,3* ± 199,8	2,39* ± 0,77	2,72* ± 0,52
EPS versus TEST	411,6 ± 265,6	1,37 ± 1,03	0,32 ± 0,70
CV(%)	16,53	5,66	3,95

*Significativo a 5% de probabilidade ou menos (El-Roubi et al, 1973).

Tabela 2. Médias preditas de produção de grãos (Prod), altura de planta (Alt) e número de dias para a floração média (Flo), com as respectivas estimativas de acurácia relativas às linhagens do EPS (linhagens do EP selecionadas).

Linhagem	Prod (Kg.ha ⁻¹)		Alt (cm)		Flo (dia)	
	Média	Acurácia	Média	Acurácia	Média	Acurácia
AB08053	10141*	0,68	91,0	0,83	97,8*	0,96
AB08055	8886	0,73	90,8	0,83	93,0	0,96
AB08057	8934	0,73	90,5	0,83	90,4	0,96
AB08058	9371	0,73	91,2	0,82	90,1	0,96
AB08063	8946	0,73	94,7*	0,82	94,5	0,96
AB08066	9020	0,73	87,0	0,83	85,2*	0,96
AB08072	8877	0,61	88,2	0,79	87,4*	0,96
AB08076	9291	0,68	91,4	0,79	87,2*	0,96
AB08077	9122	0,73	86,9	0,83	84,6*	0,96
AB08080	8749	0,73	86,8	0,82	84,0*	0,96
AB08099	8182	0,73	86,0	0,82	82,7*	0,96
AB08101	8876	0,73	90,5	0,83	94,3	0,96
AB08108	8769	0,68	86,1	0,82	89,3	0,96
AB08111	8696	0,73	90,8	0,83	88,8	0,96
AB08123	8887	0,68	86,3	0,79	89,5	0,95
BR-IRGA_409	9459	0,86	96,1*	0,84	95,7	0,86
BRS 6 Chuí	9219	0,86	86,5	0,84	83,3	0,86
BRS 7 Taim	9297	0,86	83,1	0,84	93,5	0,86
IRGA_417	9664	0,86	84,3	0,84	82,6	0,86

* Valor genotípico significativo ao nível de 5% de probabilidade, ou menos, pelo teste t.

estimativas de acurácia obtidas foram, por outro lado, elevadas. Todas as médias preditas das linhagens selecionadas foram similares às das testemunhas, exceto a apresentada pela linhagem AB08053, 10.141 Kg.ha⁻¹, cuja valor genotípico foi altamente significativo (p≤0,01). Essa linhagem provém de uma família que apresentou o terceiro maior valor genotípico para produção de grãos no ERF, tendo as duas famílias de melhor performance sido eliminadas por não apresentarem grãos com dimensões desejadas. Foram, contudo, utilizadas como

genitores nos cruzamentos da safra de 2009/10. Considerando as seleções realizadas no ERF e no EP, o ganho total previsto foi de 778 Kg.ha⁻¹, dos quais 41,3% é devido à seleção no ERF e os 58,7% restantes, atribuídos à seleção entre as linhagens do EP (Tabela 3).

As estimativas de h^2 para Prod se situam entre valores conhecidos. No caso de Flo, menos influenciada pelo ambiente, as estimativas foram altas. A herdabilidade para Prod relativa ao ERF foi também estimada pelo coeficiente de regressão entre os valores genotípicos das linhagens avaliadas no EP e os das famílias do ERF, de que derivaram, obtendo-se resultado similar, $h^2=0,39$, evidenciando que o procedimento alternativo utilizado para cálculo de herdabilidade é adequado.

Tabela 3. Diferencial de seleção (DS) utilizado no Ensaio de Rendimento de Famílias (ERF) e no Ensaio Preliminar de Linhagens (EP); resposta à seleção (RS) e coeficientes de herdabilidade (h^2) para produção de grãos (Prod), altura de planta (Alt) e dias para a floração média (Flo).

Parâmetro	Prod (Kg.ha ⁻¹)		Alt (cm)		Flo (dias)	
	ERF	EP	ERF	EP	ERF	EP
DS	806,4*±183,4	909,9*±175,0	-0,8±0,8	-1,0±0,7	-3,7*±0,5	-2,4*±0,5
RS	321,1*±126,8	457,3*±167,8	-0,4±0,6	-0,7±0,7	-3,2*±0,6	-2,3±1,3
RS (%)	4,01	5,36	-0,44	-0,77	-3,56	-1,05
h^2	0,40	0,50	0,49	0,67	0,87	0,96

*Significativo a 5% de probabilidade ou menos (El-Roubi et al, 1973).

A seleção de famílias $F_{2,4}$ para Prod permite, adicionalmente, colocar o futuro material básico de extração de linhagens em um patamar de produtividade mais elevado e reduzir o tamanho das populações sob exploração. Há, contudo, outra vantagem mais importante que é a identificação, em período de tempo bem menor, de recombinantes de alto desempenho e de tamanho efetivo duas vezes superior ao de uma linhagem fixada (MORAIS,1997), para uso na reconstituição da nova população de melhoramento. Essa estratégia é fundamental para se elevar o ganho médio anual dos programas de melhoramento para a característica produção de grãos (BRESEGHELLO et al, 2011).

CONCLUSÃO

A avaliação de famílias $F_{2,4}$ para produção de grãos em arroz permite a identificação precoce de genitores de alto desempenho para a recombinação genética das populações e aumentar os ganhos devidos à seleção no melhoramento genético da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. Anuário estatístico da agricultura brasileira. Arroz. São Paulo: FNP – Consultoria e Comércio, p.161-167, 2011.
- BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P.; PINHEIRO, P. V.; SILVA, A. C. S.; CASTRO, E. M.; GUIMARÃES, E. P.; CASTRO, A. P.; PEREIRA, J. A.; LOPES, A. M.; UTUMI, M. M.; OLIVEIRA, J. P. Results of 25 Years of Upland Rice Breeding in Brazil. Crop Science, V. 51, p. 914-923, 2011.
- CUTRIM, V. A.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, A. M. Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.6, p.601-606, 1997.
- EL-ROUBI, M.M.;MORAYEM, Y. S.; NAWAR, A. A.; Estimation of genetic variance and its components in maize under stress and non-stress environments.-I. Planting date. Egypt. J. Genet. Cytol. 2:10-19, 1973.
- MORAIS, O.P. Tamaño efectivo de la población. p. 25 - 44, In E. P. Guimarães, ed. Selección Recurrente en Arroz. CIAT, Cali, Colombia. p. 99-115. 1997.
- RESENDE, M.D.V. de. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 2002. 975 p.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT 9.1 user's guide. SAS Inst., Cary, NC, 2004.