

# SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE CARACTERES EM POPULAÇÃO DE SELEÇÃO RECORRENTE DE ARROZ IRRIGADO

Odilon Peixoto de Morais Júnior<sup>1</sup>, Paulo Henrique Ramos Guimarães<sup>2</sup>, Orlando Peixoto de Morais<sup>3</sup>, Oneides Antônio Avozani<sup>4</sup>, Paulo Ricardo Reis Fagundes<sup>5</sup>, Ariano Martins de Magalhães Jr<sup>5</sup>, Alexander de Andrade<sup>6</sup>, José Manuel Colombari Filho<sup>3</sup>, Paula Pereira Torga<sup>3</sup>

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., genética quantitativa, índice de seleção

## INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado é de grande importância econômica no estado do Rio Grande do Sul, RS. No estado, as principais limitações das cultivares atualmente utilizadas são a suscetibilidade à brusone (*Magnaporthe oryzae* (Barr) Couch [anamorfo *Pyricularia oryzae* (Cav.)]), toxidez causada pelo excesso de ferro solúvel no solo, sensibilidade a baixas temperaturas e suscetibilidade ao acamamento. Além dessas limitações, há necessidade de se manter os padrões de qualidade de grão e alto potencial produtivo (Sosbai, 2010).

Sabe-se que, mesmo com seleção recorrente, a seleção baseada em um ou poucos caracteres mostra-se inadequada, conduzindo a um produto final superior apenas para alguns caracteres. Deste modo, segundo Cruz et al. (2012), a seleção simultânea de caracteres de expressividade econômica pode aumentar a chance de êxito do programa de melhoramento. Para isso, utiliza-se o índice de seleção como caráter adicional, de forma que a seleção seja realizada em um agregado de atributos de interesse econômico, devido à combinação linear de vários caracteres interesse. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da seleção simultânea de caracteres, por meio de índice de seleção, em população de seleção recorrente de arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

A população CNA 11 foi sintetizada pela Embrapa, por meio da introdução de 12 genitores na população CNA1 caracterizados como fonte de resistência à bicheira da raiz (*Oryzophagus oryzae*), à brusone (*Magnaporthe grisea*), tolerância ao frio e à toxidez por ferro, precocidade, grãos de boa qualidade e produtividade de grãos (Rangel et al, 2000).

Foram utilizados dados proveniente dos ensaios de rendimentos de progênies S<sub>0.2</sub> da população CNA11, realizados no ano agrícola de 2010/11. Foram avaliados os seguintes caracteres: produção de grãos (PG, em kg ha<sup>-1</sup>), ensaio realizado em Cachoeirinha, RS; índice de velocidade de germinação (IVG), ensaio realizado em Pelotas, RS; toxidez por ferro (FeI e FeCL), obtido por meio da escala de notas, aos 60 e 70 dias após a emergência das plântulas, nos ensaios realizados em Itajaí, RS e Capão do Leão, RS.

Os ensaios foram manejados em regime de irrigação por inundação com lâmina de água controlada, em delineamento experimental de blocos aumentados de Federer, BAF, sem repetição dentro de local nos ensaios de Cachoeirinha, Itajaí e Capão do Leão. Cada parcela foi constituída de cinco linhas de 5m, 0,30 m entre linhas, e densidade de sessenta sementes

<sup>1</sup> Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas - EA/UFG, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, CEP 74001-970. E-mail: [odilonpmorais@gmail.com](mailto:odilonpmorais@gmail.com).

<sup>2</sup> Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas - EA/UFG, Universidade Federal de Goiás.

<sup>3</sup> Pesquisadores Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia GO 462, km 12 Zona Rural, Santo Antônio de Goiás, GO.

<sup>4</sup> Pesquisador Irgra, Estação Experimental do Arroz, Av. Bonifácio C. Bernardes, 1494, Cachoeirinha, RS, CEP 94930-030.

<sup>5</sup> Pesquisador Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Cx.P. 403, CEP 96010-971.

<sup>6</sup> Pesquisador Epagri, Itajaí, SC, Cx.P. 277, CEP 88301-970.

por metro. No ensaio de tolerância ao frio, realizado em Capão do Leão foi empregado o delineamento experimental BAF com duas repetições.

Os dados dos caracteres IVG, FeIT e FeCL foram transformados por meio da transformação ótima obtida pelo método de Box & Cox (1964). Os dados do caráter IVG foram somados à constante 0,5 para possibilitar a transformação pelo método descrito.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software SAS (SAS Institute, 2012), via procedimentos *glm*, para análise de variância e obtenção das médias ajustadas, e *transreg*, para a obtenção da transformação ótima de Box & Cox (1964). Com base nas esperanças dos quadrados médios foram estimados os componentes de variância: variância do erro entre parcelas -  $\hat{\sigma}^2$ ; variância genética entre progênies  $S_{0.2} - \hat{\sigma}_p^2$ ; variância fenotípica entre médias de progênies  $S_{0.2} - \hat{\sigma}_p^2$ ; e coeficiente de herdabilidade no sentido amplo, em nível de médias de progênies  $S_{0.2} - \hat{h}_p^2$ . As estimativas do coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ) do coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ), em percentagem, e do índice de variação  $b$ , foram obtidos conforme Vencovsky & Barriga (1992). As estimativas de correlações genéticas ( $\hat{r}_p$ ) entre os caracteres foram obtidas conforme Steel & Torrie (1960).

Foram estimados ganhos esperados pela seleção direta no caráter PG, e os ganhos esperados pela seleção indireta nos demais caracteres (Vencovsky & Barriga, 1992) e baseados no índice clássico de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943), utilizando uma intensidade de seleção de 30%. Na estimação da variável I, correspondente ao índice clássico de seleção, os quatro caracteres foram considerados igualmente importantes, sendo-lhes atribuídos pesos iguais à unidade, positivos para PG e IVG e negativos para FeIT e FeCL. A importância relativa de cada caráter para o índice de seleção foi estimada por meio da eficiência relativa do índice reduzido, conforme metodologia de Cunningham (1969).

As operações matriciais para estimação dos parâmetros genéticos e fenotípicos, assim como para a estimação do índice clássico de seleção, foram realizadas com o aplicativo BrOffice.org Calc ([www.broffice.org](http://www.broffice.org)).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação experimental variaram de 2,42%, para FeIT, a 27,64%, para IVG, podendo a precisão dos experimentos ser classificada de alta à média (Tabela 1). Quanto aos coeficientes de  $CV_g$  para os caracteres FeIT e FeCL apresentaram a menor e maior magnitude, respectivamente, com 2,93% e 34,11% (Tabela 1). Apesar de serem de mesma natureza genética, tais caracteres expressaram estimativas bem contrastantes, possivelmente, devido a uma menor disponibilidade de Fe solúvel no solo no ensaio de Itajaí. Os caracteres FeIT e FeCL apresentaram estimativas maiores que a unidade para o índice  $b$ , maiores que a unidade, como também, maiores estimativas de herdabilidade, indicando maior possibilidade de sucesso em seleção que os demais caracteres (Tabela 1).

Verificou-se que apenas os caracteres PG e IVG apresentavam-se correlacionados geneticamente ( $p \leq 0,01$ ), em sentido positivo, devido à maior estimativa de covariância genética, evidenciando forte associação entre os caracteres (Tabela 2). Tal resultado evidencia a possibilidade de selecionar progênies com maior velocidade de germinação, tolerantes ao frio e que sejam produtivas. Neste caso, a covariância fenotípica entre os caracteres avaliados é de natureza exclusivamente genética, por terem sido avaliados em locais distintos, sendo a covariância ambiental entre eles nula.

Na seleção direta relativa à PG, os ganhos genéticos obtidos seriam de 7,5%, 1,3%, 3,1% e 0,03% para PG, IVG, FeCL e FeIT, respectivamente (Tabela 3). Apesar de não estarem correlacionados positivamente, a seleção no caráter PG conduziria à elevação da média na população para os caracteres FeCL e FeIT, o que seria indesejável, pois haveria aumento da

sensibilidade da população à toxidez por Fe no solo. As estimativas de ganhos indiretos evidenciam os aspectos negativos da seleção baseada em um único caráter, pois

**Tabela 1.** Estimativas de variâncias do erro entre parcelas ( $\hat{\sigma}^2$ ), variância genética entre progênies  $S_{0.2}$  ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância fenotípica entre médias de progênies  $S_{0.2}$  ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), coeficiente de herdabilidade no sentido amplo, em nível de médias de progênies  $S_{0.2}$  ( $\hat{h}_p^2$ ), de média de progênies  $S_{0.2}$  ( $\bar{P}$ ), índice de variação  $b$ , e coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ) e genético ( $CV_g$ ), em percentagem, da população CNA11.

Parâmetros	Caracteres			
	PG	IVG	FeCL	FeIT
$\hat{\sigma}^2$	1.141.286,10	0,22	0,11	$8,68 \times 10^{-5}$
$\hat{\sigma}_p^2$	512.869,60	0,06	0,48	$1,22 \times 10^{-4}$
$\hat{\sigma}_f^2$	1.726.762,71	0,17	0,59	$2,14 \times 10^{-4}$
$\bar{P}$	6309,89	1,73	2,03	0,38
$CV_e\%$	16,93	27,64	15,88	2,42
$CV_g\%$	11,35	13,95	34,11	2,93
$b$	0,67	0,50	2,15	1,21
$\hat{h}_p^2$	0,297	0,333	0,806	0,570

ela permite maiores ganhos no caráter sob seleção, porém pode intensificar defeitos geneticamente dependentes de genes que favorecem o caráter principal. Assim, conforme relata Cruz et al. (2012), é preferível praticar a seleção considerando os vários caracteres de interesse.

**Tabela 2.** Estimativas das correlações genética (abaixo da diagonal) e das covariâncias genética (acima da diagonal) entre as caracteres produção de grãos (PG, em kg ha<sup>-1</sup>), índice de velocidade de germinação (IVG), toxidez por ferro nas folhas em Capão do Leão, RS e Itajaí, RS (FeCL e FeIT) nas progênies  $S_{0.2}$  da população CNA11.

Caracteres	PG	IVG	FeCL	FeIT
PG	-	115,001	-50,735	0,10339
IVG	0,665**	-	-0,05243	0,00110
FeCL	-0,102 <sup>ns</sup>	-0,314 <sup>ns</sup>	-	0,00173
FeIT	0,013 <sup>ns</sup>	0,412 <sup>ns</sup>	0,227 <sup>ns</sup>	-

<sup>ns</sup>, \*\* : não significativo e significativos à 1% pelo teste t

**Tabela 3.** Médias da população original ( $\bar{M}_0$ ) e selecionada baseada no caráter PG ( $\bar{M}_{s(pg)}$ ) e no índice de seleção ( $\bar{M}_{s(ind)}$ ), estimativas dos ganhos por seleção direta em PG e indireta nos demais caracteres ( $GS$ ), e baseada no Índice Clássico de Seleção, expressas em percentagem das médias, estimativas do índice de seleção ( $\hat{b}$ ) e de eficiência relativa do índice reduzido ( $Ef_{(1+j)}$ ).

Caráter	$\bar{M}_0$	$\bar{M}_{s(pg)}$	$\bar{M}_{s(ind)}$	Seleção direta em PG		Seleção baseada no ICS		$\hat{b}$	$Ef_{(1+j)}$
				$GS$	$GS\%$	$GS$	$GS\%$		
PG	6310	7903	7647	473,24	7,50	397,17	6,29	0,26	0,99
IVG	1,737	1,807	2,092	0,0235	1,35	0,1184	6,82	493,70	0,99
FeCL	2,026	2,104	1,890	0,0629	3,10	-0,1093	-5,39	-2067,73	0,99
FeIT	0,377	0,378	0,378	0,0001	0,03	0,0002	0,06	-14,18	0,99

Diante disso, procedeu-se à seleção por meio do índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943), de forma a promover a seleção simultânea de caracteres. A vantagem do índice de seleção sobre a seleção direta torna-se evidente pela análise das estimativas de ganho genético (Tabela 3). As estimativas de ganhos genéticos esperados baseados no índice de seleção foram de 6,3%, 6,8%, -5,4% e 0,06% para PG, IVG, FeCL e FeIT, respectivamente. Evidencia-se que, apesar do ganho esperado para PG ter sido inferior ao estimado pela seleção direta, os ganhos para IVG e FeCL foram elevados e no sentido desejado (Tabela 3).

O potencial do índice clássico de seleção para obtenção de ganhos equilibrados entre os caracteres foi relatado por Rangel et al. (1998).

A importância relativa de cada carácter para determinação do índice clássico foi examinada pela estimativa  $Ef_{(1+j)}$  (Tabela 3), como descrito por Rangel et al. (2006). Pelas estimativas, não se esperam grandes reduções na resposta à seleção com a eliminação individual de qualquer um dos caracteres avaliados, mantendo-se os outros três.

## CONCLUSÃO

O uso do Índice Clássico de Seleção permite obter ganhos genéticos relativos à produção de grãos equivalentes ao da seleção direta, com a vantagem de aumentar os ganhos para tolerância ao frio e toxidade por ferro no solo.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Goiás (UFG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Embrapa Arroz e Feijão.

## REFERÊNCIAS

- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B, v. 26, p. 211-252, 1964.
- CRUZ, C. D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: Ed. UFV, 20012. 514p.
- CUNNINGHAM, E. P. **Animal breeding theory**: Internordic Licencist Course in Quantitative Genetics. Landbruksbokhandelen: Universitetsforlaget, Oslo, 1969. 272 p.
- HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, p. 476-490, 1943.
- RANGEL, P. H. N. et al. Mejoramiento poblacional del arroz de riego en Brasil. In: GUIMARÃES, E. P. (ED.) **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p65-85.
- RANGEL, P. H. N. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e resposta à seleção nas populações de arroz irrigado CNA-IRAT 4PR e CNA-IRAT 4ME. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 905-912. 1998.
- RANGEL, P. H. N. et al. Selection of rice genotypes with greater seedling vigor under controlled conditions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 65-72, 2006.
- SAS Institute. **SAS Technical report SAS/STAT Software**. Cary Nc: SAS Institute, 2012.
- SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annual Eugenics**, v. 7, p. 240-250, 1936.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: Palotti, 2010. 188 p.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. L. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw Hill, 1960. 666 p.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.