

Variabilidade Genética com Seleção Recorrente em Arroz de Terras Altas

Odilon Peixoto de Moraes Júnior¹, José Manoel Colombari Filho², Orlando Peixoto de Moraes³
e Patrícia Guimarães Santos Melo⁴

Resumo

O método de seleção recorrente é uma técnica amplamente utilizada em espécies alógamas, porém com a descoberta da macho esterilidade genética em arroz, viabilizou o seu emprego nessa espécie. Este trabalho teve como objetivo obter estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos entre progênies da população CNA6 de arroz de terras altas durante quatro ciclos de seleção recorrente, visando analisar a variabilidade genética para o caráter produção de grãos (PG, em kg ha⁻¹). Para isto, foi utilizado o conjunto de dados proveniente dos ensaios de rendimentos de progênies S_{0,2} nos anos agrícolas 2000/01, 2003/04, 2006/07 e 2009/10, avaliados em Santo Antônio de Goiás/GO. O delineamento experimental empregado foi de blocos aumentados de Federer, sem repetição. Embora as médias de progênies S_{0,2} terem sido inferiores às de testemunhas em todos os ciclos, pode-se observar que a média de progênies 10% superiores () foi maior que a média de testemunhas nos ciclos 1, 3 e 4. Esse resultado ressalta o potencial genético dessa população em gerar transgressivos para PG. Para progênies S_{0,2}, houve diferenças significativas (p<0,05) nos ciclos 1, 3 e 4, evidenciando a presença de variabilidade genética na população, que demonstra potencial para seleção visando ganhos em PG para Santo Antônio de Goiás/GO, em que permitiria capitalizar o efeito positivo da interação genótipo x ambiente. As médias de progênies S_{0,2} foram maiores nos ciclos 3 e 4 em relação as dos dois primeiros ciclos, o que indica a ocorrência de provável progresso genético da média da população ao longo dos ciclos de seleção recorrente. Com base nas magnitudes das estimativas de variância genética em progênies S_{0,2}, pode-se inferir, que a variabilidade genética da população foi mantida ao longo dos quatro ciclos de seleção recorrente. As magnitudes das estimativas de herdabilidade variaram de médio a alto, ao longo dos ciclos, indicando a possibilidade de obter sucesso com a seleção para os próximos ciclos, considerando apenas esse local.

Introdução

O sucesso do programa de melhoramento genético de arroz na criação de cultivares superiores requer o adequado planejamento para a condução das populações disponíveis, que envolve a clara definição dos caracteres a serem melhorados, a criteriosa escolha dos cruzamentos com os genótipos disponíveis, além da análise da melhor estratégia de condução das populações, para que ganhos contínuos possam ser alcançados com a seleção (Ramalho et al. 2012).

A seleção recorrente apresenta-se como um método que tem como base funcional o melhoramento populacional, sendo sua principal característica a obtenção de progresso genético em médio e longo prazo, uma vez que não é aplicado uma elevada intensidade de seleção para definir o conjunto de progênies para recombinação, com tamanho de amostra suficiente para evitar a ocorrência de deriva genética, o qual é dependente do tamanho efetivo da unidade de recombinação a ser utilizada (Rangel et al. 2007).

Assim, o objetivo deste trabalho foi obter estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos entre progênies S_{0,2} da população CNA6 de arroz de terras altas durante quatro ciclos de seleção recorrente, visando analisar a variabilidade genética para o caráter produção de grãos (PG, em kg ha⁻¹).

Material e Métodos

Foi utilizado o conjunto de dados do caráter produção de grãos (PG, em kg ha⁻¹) proveniente dos ensaios de rendimentos de progênies S_{0,2} da população CNA6 conduzidos em Santo Antônio de Goiás/GO, onde está localizada a coordenação do programa de melhoramento genético de arroz de terras altas desenvolvido pela Embrapa.

¹ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas - UFG/Goiânia. Bolsista CAPES. e-mail: odilonpmorais@gmail.com.br

² Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão - CNPAF - EMBRAPA/Santo Antônio de Goiás. e-mail: jose.colombari@embrapa.br

³ Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão - CNPAF - EMBRAPA/Santo Antônio de Goiás. e-mail: orlando.morais@embrapa.br

⁴ Professora do Departamento de Melhoramento de Plantas - UFG/Goiânia. e-mail: pgsantos@gmail.com

Os dados envolveram ensaios de quatro ciclos de seleção conduzidos nos anos agrícolas 2000/01, 2003/04, 2006/07 e 2009/10. Em cada ano agrícola, esses ensaios foram compostos pelas cultivares testemunhas e pelas progênies $S_{0,2}$ do respectivo ciclo dessa população, com número variável ao longo dos ciclos, sendo: 220 (ciclo 1); 92 (ciclo 2); 114 (ciclo 3) e 61 (ciclo 4). Pelo menos três testemunhas foram utilizadas em cada ciclo, havendo duas comuns de um ciclo a outro: ciclo 1 (BRS Primavera, Guarani e Carajás); ciclo 2 e 3 (BRS Primavera, Guarani, Carajás e BRS Bonança) e ciclo 4 (BRS Primavera, BRS Bonança, BRSMG Curinga e BRS Sertaneja). As intensidades de seleção aplicadas para o caráter PG foram as seguintes: 15% (ciclo 1), 48% (ciclo 2), 39% (ciclo 3) e 41% (ciclo 4), variável ao longo dos ciclos, em função do número de progênies $S_{0,2}$ avaliadas em cada ciclo.

O delineamento experimental empregado foi de blocos aumentados de Federer, sem repetição. As parcelas foram constituídas por 4 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,30 m, utilizando-se a densidade de 60 sementes por metro, com semeadura manual ou com máquina.

Os dados de PG, em kg ha^{-1} , envolvendo progênies $S_{0,2}$ e testemunhas foram submetidos à análise de variância individual por ciclo, conforme o modelo (adaptado de Duarte et al. 2001):

em que, y_{ijk} é a observação do genótipo no bloco j , sendo o genótipo pertencente ao tipo i ; $\bar{y}_{..}$ é a média geral (constante inerente a todas as observações); μ é o efeito fixo de bloco ($j = 1, 2, \dots, J$); τ_i é o efeito fixo de tipo ($i = 1, 2, \dots, I$; neste caso, com um grupo das progênies e outro de testemunhas); σ^2_{ϵ} é o efeito aleatório de genótipo (progênies ou testemunhas) dentro do tipo ($i = 1, 2, \dots, I, P, \dots, P$; sendo p o número de progênies e t o número de testemunhas), assumindo σ^2_{ϵ} ; e ϵ_{ijk} é o erro experimental associado à ijk -ésima parcela, assumindo-se independente e identicamente distribuído, sob σ^2_{ϵ} .

Desse modo, foi construída a análise de variância individual (Tabela 1), com as respectivas esperanças dos quadrados médios, para a estimação dos seguintes componentes de variância: variância do erro (σ^2_{ϵ}); variância genética entre progênies $S_{0,2}$ (σ^2_{ϵ}); e variância fenotípica entre médias de progênies $S_{0,2}$ (σ^2_{ϵ}). As análises foram todas implementada no aplicativo estatístico SAS® (SAS Institute 2012), via *proc glm*.

Tabela 1. Esquema da análise de variância individual com as respectivas esperanças dos quadrados médios.

Fonte de Variação	GL	QM	E(QM)
Blocos			-
Tipo (P vs T)			-
Genótipos/Tipo ¹			-
Progênies (P)			
Testemunhas (T)			-
Erro ou Resíduo ²			
Total		-	

¹; ² é o número total de observações.

Foram obtidas estimativas do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo, a nível de médias de progênies $S_{0,2}$ (σ^2_{ϵ}). Para cada estimativa obteve-se os intervalos de confiança, para $1-\alpha=95\%$ de probabilidade, conforme Burdick and Graybill (1992). Estimou-se o índice de variação b , por meio das estimativas de coeficiente de variação experimental (σ^2_{ϵ}) e de coeficiente de variação genético (σ^2_{ϵ}), conforme Vencovsky (1987).

Resultados e Discussão

Verificou-se, entre os ciclos, que os σ^2_{ϵ} foram satisfatórios considerando o delineamento e o tipo de parcela adotada para o caráter produção de grãos (PG) (Tabela 2). Os valores variaram de 9,39% (ciclo 3) a 20,83% (ciclo 1), que, segundo Costa et al. (2002), são classificados como baixo e médio, respectivamente, para a cultura do arroz de terras altas (Tabela 2). Não foi detectada a ocorrência de diferença significativa pelo teste F para o efeito de tipo. O que indica a ausência de diferença entre médias das progênies $S_{0,2}$ (população CNA6) e das testemunhas ao longo dos ciclos. Apesar das médias de progênies $S_{0,2}$ terem sido inferiores às de testemunhas, pode-se observar que a média de progênies 10% superiores (σ^2_{ϵ}) foi maior que a média

de testemunhas nos ciclos 1, 3 e 4 (Tabela 2). Também, a baixa média das progênes em relação às de testemunhas pode ser devido à presença do gene de macho esterilidade genética dentro de progênes além do reduzido número de ciclos de seleção. Esse resultado ressalta o potencial genético dessa população em gerar transgressivos para o caráter PG. É importante frisar que houve substituição de testemunhas (cultivares) entre os ciclos em função da necessidade de utilização de cultivares com desejável potencial produtivo.

Observou-se que apenas no ciclo 2 o teste F não foi significativo ($p \leq 0,05$) para genótipos (Tabela 2). Com o desdobramento desse efeito observou-se que em todos os ciclos houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre testemunhas. Para progênes $S_{0,2}$, houve diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nos ciclos 1, 3 e 4, evidenciando a presença de variabilidade genética nessa população, que demonstra potencial para seleção visando ganhos em PG para Santo Antônio de Goiás/GO, em que permitiria capitalizar o efeito positivo da interação genótipo x ambiente (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância individual para Santo Antônio de Goiás/GO em cada ciclo, coeficiente de variação experimental (C_v), média geral (\bar{y}), média das progênes $S_{0,2}$ ($\bar{y}_{0,2}$), média de 10% das progênes $S_{0,2}$ superiores ($\bar{y}_{10\%}$) e inferiores ($\bar{y}_{10\%}$), e média das testemunhas (\bar{y}_T), para o caráter produção de grãos, em kg ha^{-1} , para cada ciclo de seleção recorrente da população CNA6.

FV	Ciclo 1			Ciclo 2			Ciclo 3			Ciclo 4		
	GL	QM		GL	QM		GL	QM		GL	QM	
Blocos	10	632.303,8	*	4	475.076,5	*	9	462.479,5	**	3	65.058,2	ns
Tipo (P vs T)	1	145.941,8	ns	1	18.564.952,8	ns	1	4.609.053,4	ns	1	1.299.325,5	ns
Genótipos	221	627.458,7	**	94	224.255,3	ns	116	368.623,7	**	63	671.500,6	*
Progênes (P)	219	593.605,0	*	91	206.789,0	ns	113	214.333,0	*	60	616.360,0	*
Testemunhas (T)	2	4.334.440,0	**	3	754.060,0	*	3	6.180.249,0	**	3	1.920.295,0	**
Erro	20	248.360,0		12	135.002,2		27	103.909,0		8	178.624,8	
		20,83			17,44			9,39			12,61	
		2.392			2.106			3.438			3.351	
		4.096			2.888			4.344			4.743	
		2.383			1.920			3.317			3.298	
		971			1.071			2.441			1.798	
		2.454			2.984			3.717			3.633	

ns, * e **: teste F não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente.

As amplitudes entre as médias das progênes $S_{0,2}$ 10% superiores ($\bar{y}_{10\%}$) e 10% inferiores ($\bar{y}_{10\%}$) variaram de 1.817 kg ha^{-1} (ciclo 2) a 3.125 kg ha^{-1} (ciclo 1), o que também evidencia a presença de satisfatória variabilidade genética útil à seleção (Tabela 2). As médias de progênes $S_{0,2}$ foram maiores nos ciclos 3 e 4 em relação aos dois primeiros ciclos, o que pode indicar provável progresso genético da média da população ao longo dos ciclos de seleção recorrente para PG.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros genéticos para o caráter produção de grãos (kg ha^{-1}), em cada ciclo, com seus respectivos limites superiores (LS) e inferiores (LI) dos intervalos de confiança. Variância genética entre progênes $S_{0,2}$ ($\sigma^2_{0,2}$), variância ambiental (σ^2_e), coeficiente de herdabilidade entre médias de progênes $S_{0,2}$ (h^2), coeficiente de variação genético (C_v) e índice de variação (I_v), obtidos pela análise de variância individual para Santo Antônio de Goiás/GO em cada ciclo de seleção recorrente da população CNA6.

Parâmetros [‡]	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4
LS	695.969,2	3.811.313,2	283.132,3	875.602,3
	359.518,0	74.475,4	117.260,3	456.116,5
LI	224.642,4	26.158,1	64.500,4	282.623,7
LS	517.914,0	367.870,5	192.511,4	340.375,0
	248.359,9	135.002,0	103.909,0	178.624,8

LI	145.368,9	69.419,7	64.951,4	109.865,0
LS	80,31	76,74	74,94	85,87
	59,14	35,55	53,02	71,86
LI	25,86	-36,50	16,17	45,84
	24,05	14,21	10,32	20,48
	1,15	0,81	1,10	1,62

*Ciclo 1: = 1,051; Ciclo 2: = 1,093; Ciclo 3: = 1,176; Ciclo 4: = 1,091.

As estimativas do coeficiente de herdabilidade, no sentido amplo, entre médias de progênies $S_{0,2}$ () apresentaram precisões satisfatórias. Apenas no ciclo 2 não detectou-se estimativa com intervalo de confiança para que não diferisse de zero ($\alpha=0,05$). As magnitudes de variaram de médio a alto, ao longo dos ciclos, indicando a possibilidade de obter sucesso com a seleção, considerando apenas Santo Antônio de Goiás/GO (Tabela 3). Outros trabalhos têm obtido , para o caráter PG na cultura do arroz, equiparáveis às desse estudo. Santos et al. (2001), com populações segregantes de arroz de terras altas, obtiveram valores de de 60,2 a 95,1 para PG, estimadas por local. Santos et al. (2002), avaliando progênies F_4 e F_6 de arroz de terras altas, selecionas de populações divergentes para o caráter PG, obtiveram que variaram de 92,9 a 93,5.

Valores de índice de variação iguais ou superiores à unidade indicam situação favorável à seleção. Verificou-se que as estimativas do índice obtidas para os ciclos 1, 3 e 4 expressaram valores maiores que a unidade. Tais estimativas condizem com ganhos genéticos significativos para o próximo ciclo de seleção recorrente (Tabela 3).

Verificou-se por meio dos intervalos de confiança que todas as diferiram estatisticamente de zero nos quatro ciclos ($\alpha=0,05$) (Tabela 3). Os ciclos 1, 3 e 4 apresentaram as melhores precisões das , enquanto o ciclo 2 apresentou a maior amplitude de intervalo de confiança para . Observou-se que as magnitudes de , em ordem crescente, corresponderam aos ciclos 2, 3, 1 e 4. Desde modo, pode-se inferir, que a variância genética entre progênies $S_{0,2}$ da população foi mantida ao longo dos quatro ciclos de seleção recorrente, com base nos valores observados no primeiro e último ciclo (Tabela 3).

Esses resultados sugerem não haver ocorrido deriva genética para o caráter PG ao longo dos quatro ciclos, ao considerar somente Santo Antônio de Goiás/GO. Cabe destacar que o programa de seleção recorrente de arroz da Embrapa adota um tamanho amostral de aproximadamente cinquenta progênies, estratificada por cruzamento, utilizando progênies $S_{1,2}$ como unidades de recombinação. Também é importante salientar que as estimativas de variância genética obtidas na análise envolvendo apenas Santo Antônio de Goiás/GO estão inflacionadas pela interação GxE, principalmente com local, o que impede estender as considerações para outros locais alvos do programa de seleção recorrente de arroz da Embrapa.

Agradecimentos

Agradecimento à CAPES/Reuni, pelo auxílio à pesquisa por meio da concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor.

Referências

- Burdick RK and Graybill FA (1992) **Confidence intervals on variance components**. Marcel Dekker, New York, 211p.
- Costa NHAD, Seraphin JC, Zimmermann FJP (2002) Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 37: 243-249.
- Duarte JB, Vencovsky R and Dias CTS (2001) Estimadores de componentes de variância em delineamento de blocos aumentados com tratamentos novos de uma ou mais populações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 36: 1155-1167.
- Ramalho MAP, Abreu ÁFB, Santos JB and Nunes, JAR (2012) **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 522p.
- Rangel PHN, Brondani C, Morais OP, Schiocchet MA, Borba TCO, Rangel PN, Brondani RPV, Yokoyama

- S, Bacha RE and Ishiy T (2007) Establishment of the irrigated rice cultivar SCSBRS Tio Taka by recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 7: 103-110.
- Santos PG, Soares AA and Ramalho MAP (2001) Predição do potencial genético de populações segregantes de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 36: 659-670.
- Santos PG, Soares AA and Ramalho MAP (2002) Performance of upland rice families selected from segregant populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 2: 237-246.
- SAS Institute (2012) **SAS Technical report SAS/STAT Software**. Cary Nc, SAS Institute.
- Vencovsky R. Herança quantitativa. In: Paterniani E and Viegas GP (Ed.) (1987) **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Fundação Cargill, Campinas, p. 135-214.