



Avaliação de populações de arroz irrigado conduzidas por seleção recorrente em várzea de Roraima¹

Evaluation of populations of Irrigated Rice Conducted by Recurrent Selection in lowland in Roraima

Antonio Carlos Centeno Cordeiro^{2*}, Paulo Hideo Nakano Rangel³

Resumo - Objetivou-se com este trabalho avaliar populações de arroz irrigado conduzidas por seleção recorrente visando identificar aquelas com maior potencial produtivo para serem utilizadas em novos ciclos de seleção recorrente, bem como, serem utilizadas como materiais para extração de linhagens visando o seu lançamento como novas cultivares aos sistemas de produção de arroz em várzeas de Roraima. Para tal, foram avaliados, no período de dezembro de 2008 a abril de 2009, cem genótipos de arroz irrigado oriundos de populações conduzidas por seleção recorrente. O delineamento experimental utilizado foi o de Blocos Aumentados de Federer, com parcelas de quatro linhas com cinco metros de comprimento e área útil de duas linhas centrais. Foram realizadas análises de variância individuais para todas as características, e obtidas estimativas de herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genética (CVg) e variâncias genotípica e fenotípica. Foi ainda estimado o ganho genético esperado com a seleção (GS) das famílias mais produtivas em relação à média de todas as famílias, utilizando-se uma intensidade de seleção de 35%. Concluiu-se que a população CNA 12/1/1 mostrou-se promissora para uso em programas de seleção recorrente visando a extração de linhagens de arroz irrigado em Roraima.

Palavras-chave - *Oryza sativa*. Melhoramento populacional. Ganho genético.

Abstract - The objective of this study was to evaluate irrigated rice populations conducted by recurrent selection to identify those with greater potential for use in new cycles of recurrent selection, as well as materials to be used as inbred lines, seeking to release systems as new cultivars of rice production in lowland of Roraima. For that were evaluated during the period December 2008 to April 2009, hundred rice genotypes derived from recurrent selection populations. Experiment was Federer's augmented blocks with plots of four rows with five meters in length and floor area of two central lines. Analysis of variance were performed for all individual characteristics, and obtained estimates of heritability (h^2), genetic variation coefficient (CVg), and genotypic and phenotypic variances. It was further estimated the genetic gain expected from selection (GS) of the families more productive than the average for all families using a selection intensity of 35%. It was concluded that the population CNA 12/1/1 shows promise for use in recurrent selection programs to extract the lines of irrigated rice in Roraima.

Key words - *Oryza sativa*. Breeding population. Genetic gain.

*Autor para correspondência

¹Enviado para publicação em 27/10/2011 e aprovado em 22/12/2011

²Pesquisador da Embrapa Roraima, acarlos@cpafrr.embrapa.br

³Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, phrangel@cpnaf.embrapa.br

Introdução

O desenvolvimento de cultivares de arroz irrigado de porte baixo é considerado como um dos maiores sucessos da história do melhoramento genético. A cultivar IR-8, lançada em 1966 pelo International Rice Research Institute (IRRI), ficou conhecida como arroz milagroso e revolucionou a agricultura mundial, por apresentar características agrônômicas como porte baixo, alto perfilhamento, resposta à adubação nitrogenada e, principalmente, elevada produtividade de grãos. Os programas de melhoramento passaram a utilizar intensamente nos cruzamentos, a cultivar IR-8 ou linhagens dela derivada (KHUSH, 1995; RANGEL *et al.*, 2000).

No Brasil, na década de 80, com a substituição de cultivares tradicionais de porte alto por cultivares de porte baixo, a produtividade do arroz irrigado praticamente dobrou em vários estados do país (MORAIS *et al.*, 2000). No Rio Grande do Sul, a produtividade aumentou em 30% (CARMONA *et al.*, 1994) e, em Santa Catarina, o aumento foi de 66% (ISHIY, 1985).

Entretanto, após este avanço, Rangel *et al.* (2000) e Rangel *et al.* (2005a) ressaltam que a produtividade do arroz irrigado manteve-se a mesma, e esforços para aumentar o potencial produtivo das cultivares não resultaram em ganhos expressivos. No Brasil, no decorrer de toda a década de 80, não foi selecionada nenhuma linhagem que superasse em produtividade de grãos, as melhores cultivares testemunhas como as BR IRGA 409, no Rio Grande do Sul, e CICA-8, nos demais estados.

Os programas de melhoramento de arroz conduzidos no Brasil e no mundo, têm utilizado um número restrito de genitores elite nos cruzamentos, o que tem contribuído para redução da base genética e a não obtenção de ganhos para produtividade de grãos. Apenas sete ancestrais foram identificados como responsáveis por 70% da composição gênica das cultivares de arroz irrigado mais utilizadas no país. No Rio Grande do Sul, seis ancestrais contribuem com 86% dos genes das cultivares mais plantadas. As cultivares BR IRGA 409, 410, 412 e 414, que foram amplamente cultivadas naquele Estado, apresentam a mesma genealogia (RANGEL *et al.*, 1996; RANGEL *et al.*, 2007; BRESEGHELLO *et al.*, 1999; BRONDANI *et al.*, 2002; RANGEL *et al.*, 2005a; RANGEL *et al.*, 2007).

Em Roraima, as cultivares IRGA 417 e Roraima, utilizadas no sistema de produção de arroz irrigado, foram obtidas de um cruzamento triplo, onde a cultivar BR IRGA 409 contribuiu com 50% dos genes (CORDEIRO; MEDEIROS, 2010a).

Assim, os aumentos nos ganhos por seleção só são possíveis se for introduzida variabilidade genética

adicional às populações em melhoramento, pois a diversificação proveniente da ampliação da base genética permite o surgimento de novas combinações alélicas e adaptações a ambientes específicos (CORDEIRO, 2001; CORDEIRO *et al.*, 2003). Sendo a produtividade de grãos um caráter quantitativo, a probabilidade de se encontrar um indivíduo, em qualquer geração segregante, que contenha todos os alelos favoráveis, é muito pequena. Esses alelos geralmente estão dispersos nas famílias sob avaliação. Selecionando-se as famílias superiores e intercruzando-as, aumenta-se a frequência de alelos favoráveis na nova população (CORDEIRO *et al.*, 2003; RANGEL *et al.*, 2005a).

A seleção recorrente envolve a obtenção de famílias, a avaliação e o intercruzamento das melhores famílias, visando, desse modo, aumentar a frequência de alelos favoráveis. Paralelamente, em cada ciclo seleção recorrente, famílias podem ser extraídas visando a obtenção de linhagens. (RAMALHO *et al.*, 1993; GERALDI, 1997; CORDEIRO *et al.*, 2003; RANGEL *et al.*, 2005b; CORDEIRO; MEDEIROS, 2010b).

Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar populações de arroz irrigado conduzidas por seleção recorrente em área de várzea de Roraima, visando selecionar as mais produtivas para novos ciclos de seleção recorrente, bem como, para extração de linhagens visando o lançamento de novas cultivares aos sistemas de produção local.

Material e métodos

Foram avaliadas no período de dezembro de 2008 a abril de 2009, em várzea do rio Branco, município do Cantá-RR, cem genótipos de arroz irrigado oriundos de populações conduzidas por seleção recorrente sendo: 63 linhagens $F_{5,7}$ da população CNA 12/1/1-T; 23 linhagens $S_{4,6}$ da população CNA 4/5/1-T; 14 linhagens $S_{3,5}$ da população CNA 11/3/1. Adicionalmente, foram incluídas mais 18 linhagens $F_{6,8}$ de arroz aromático, cinco linhagens $F_{6,8}$ de arroz vermelho, além de quatro cultivares testemunhas IRGA 417, SCS BRS Tio Taka, BRS Jaçanã e BRS Formoso, totalizando 127 tratamentos. A população CNA 12/1/1 foi sintetizada por meio de cruzamentos manuais (dialelo circulante) e, as CNA 4/5/1 e CNA 11/3/1, com o uso da macho esterilidade genética. Detalhes na constituição e formação dessas populações são encontradas em Rangel *et al.* (2000), Cordeiro (2001) e Rangel *et al.* (2003).

As coordenadas geográficas locais de referência são: 2°48'29" N de latitude, 60°39'19" W de longitude e 61 m de altitude. O clima da região é classificado por Köppen

como Awi, com precipitação média anual de 1.600 mm e com os meses mais secos concentrados entre dezembro e março, com 10% da precipitação anual. A vegetação primária ocorrente na região é de savana.

Os resultados da análise química e granulométrica das amostras de solo, classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, coletadas na área experimental, na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade, revelaram as seguintes características: pH = 5,2; MO = 11,9 g kg⁻¹; P = 2,16 mg dm⁻³; K = 0,07 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,64 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,28 cmol_c dm⁻³; Al = 1,83 cmol_c dm⁻³; argila = 43%; silte = 50%; areia = 7%) Estas análises foram realizadas de acordo com os métodos preconizados pela Embrapa (1997).

O delineamento experimental utilizado foi o Blocos Aumentados de Federer. As parcelas foram formadas de quatro linhas de cinco metros de comprimento, com a área útil constituída das duas linhas centrais, eliminando-se 0,50 m de cada uma das extremidades. O espaçamento entre linhas foi de 0,25 m e a densidade de 100 sementes por metro linear.

A adubação de base constou de 450 kg ha⁻¹ da fórmula 04-28-20 + 0,5% de Zn. A adubação em cobertura foi com 300 kg ha⁻¹ de uréia (45% de N) aplicada em duas doses de 150 kg ha⁻¹: no início do perfilhamento (15 dias após a emergência, DAE) e na diferenciação do primórdio floral (45 dias após a emergência). Foi utilizado o sistema de irrigação por inundação contínua.

Para o controle de plantas daninhas, foi aplicado, em pré-emergência, na dosagem de 1,0 kg de i.a. ha⁻¹, o herbicida oxadiazon. O controle de pragas foi efetuado de acordo com o recomendado para a cultura por Cordeiro *et al.* (2009). Não houve controle de doenças.

A coleta de dados referentes à floração média (50%), à altura de planta (cm), ao acamamento, às doenças (escalas visuais de notas) e à produtividade de grãos (kg ha⁻¹) foi realizada conforme a metodologia preconizada por Standard Evaluation System For Rice (IRRI, 1996).

Foram realizadas análises de variância individuais para todas as características, e obtidas estimativas de herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genética (CVg) e variâncias genotípica (σ^2_g) e fenotípica (σ^2_f). Foi ainda estimado o ganho genético esperado com a seleção (GS) das famílias mais produtivas em relação à média de todas as famílias, utilizando-se uma intensidade de seleção de 35%. Para as demais características avaliadas, o ganho genético estimado foi o indireto. Todas as análises foram efetuadas com o auxílio do software GENES (CRUZ, 2001).

Resultados e discussão

Os resumos das análises de variância para as características floração (FLOR), altura da planta (ALT), acamamento (ACA), brusone na folha (BF), brusone na panícula (BP), mancha de grão (MG), mancha parda (MP) e produtividade de grãos (PROD) são apresentados na Tabela 1. Verifica-se que os coeficientes de variação (CVs) obtidos para altura, floração e produtividade de grãos foram baixos, mostrando boa precisão na condução e obtenção das estimativas das variáveis de interesse. Mesmo para as características de acamamento, brusone na folha, brusone na panícula, mancha de grão e mancha parda, as quais foram atribuídas notas e o CV considerado alto quando comparado aos obtidos para as outras características, foi possível obter diferenças significativas entre os genótipos avaliados para brusone na panícula e mancha de grão. No entanto, quando se tratou de dados com distribuição descontínua (contagem, notas, etc.), foi comum a obtenção de CVs mais altos do que os observados para características com distribuição contínua, já que a ocorrência é muito variável.

Os resultados das análises de variância detectaram efeito significativo para a fonte de variação tratamento, para as características floração, altura, brusone na panícula, mancha de grão e produtividade de grãos, indicando que os genótipos apresentaram comportamento diferenciado para essas características. Assim, procurou-se avaliar a variabilidade genética disponível para a seleção por meio da mensuração de parâmetros genéticos, cujos dados encontram-se na Tabela 2.

A principal função da herdabilidade (h^2) é o seu papel preditivo, o qual expressa a confiabilidade do valor fenotípico como estimador do genotípico, de tal forma que, quanto maior a herdabilidade, maior o ganho genético por seleção (RAMALHO *et al.*, 1993). Para as características floração, altura de planta, brusone na panícula e produtividade de grãos, as estimativas de herdabilidade foram de 69,76, 55,03, 56,28 e 41,54%, respectivamente, o que evidencia uma situação favorável à seleção. Por outro lado, apesar da herdabilidade de 47,92 % pouca variabilidade foi observada para as característica mancha de grão (Tabela 2). Valores semelhantes a esses foram relatados por Santos (2000), Cordeiro *et al.* (2003) e Cordeiro e Medeiros (2010).

A comparação da variabilidade liberada entre as famílias pode também ser estimada por meio do coeficiente de variação genética (CVg), que é a medida do desvio genético em relação à média (CORDEIRO *et al.*, 2003). Pelos dados da Tabela 2, verifica-se que as características brusone na panícula, mancha de grãos e produtividade

Tabela 1- Resumo das análises de variância para as características estudadas referentes à avaliação de 127 genótipos de arroz oriundos de diferentes populações conduzidas por seleção recorrente em 2008/09 em várzea de Roraima

FV	GL	Quadrados Médios							
		FLOR	ALT	ACA	BF	BP	MG	MP	PROD
Blocos	8	5,409	29,42	0,50	0,48	0,80	1,07	1,69	2585914,62
Trat (Aj.)	126	26,97**	51,84*	0,60 ^{n.s}	1,49 ^{n.s}	1,36*	1,24*	1,34 ^{n.s}	1537323,34*
Erro	24	7,26	23,79	0,57	1,66	0,61	0,66	1,58	887247,09
Total	158	-	-	-	-	-	-	-	-
Média Geral	-	84,65	101,0	1,251	2,221	1,571	3,311	2,131	5.557
CV (%)	-	3,18	4,82	60,53	57,98	49,91	24,46	59,02	16,95

FLOR-floração ; ALT-, altura de planta; ACA- acamamento; BF- brusone na folha; BP- brusone na panícula; MG- mancha de grãos; MP- mancha parda e PROD- produtividade de grãos. ¹ Escala de notas visuais variando de 1 a 9, sendo os menores valores os mais desejados. ** e * significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F. n.s – não significativo

Tabela 2- Mensurações realizadas em características estudadas na avaliação de 127 genótipos de arroz oriundos de diferentes populações conduzidas por seleção recorrente em 2008/09 em várzea de Roraima

Mensurações	Características				
	FLOR (dias)	ALT (cm)	BP	MG	PROD (kg ha ⁻¹)
Famílias selecionadas (n..)	43	43	43	43	43
Limites inferior e superior	70-91	86-124	1-7	1-7	1.055-8.264
Média das Famílias (MF)	84	102	1,63	3,42	5.356
Média das testemunhas	86	99	1,33	2,94	6.242
MF selecionadas	81	101	1,55	3,46	6.098
Diferencial de seleção (ds=MFS-MF)	- 3	- 1	- 0,08	0,04	741,9 kg ha ⁻¹
h ² (%)	69,76	55,03	56,28	47,92	41,54
CVg (%)	4,85	5,30	54,27	22,72	14,82
GS (ds x h ²)	- 2,09	- 0,55	- 0,04	0,02	308,2 (5,75%)

FLOR-floração ; ALT-, altura de planta; BP- brusone na panícula; MG- mancha de grãos e PROD- produtividade de grãos. ¹ ds= (media das famílias selecionadas) - (média de todas as famílias); ²GS (ganho esperado com a seleção) = ds x h²

de grãos obtiveram valores altos, confirmando situação favorável à seleção, embora, no caso de mancha de grãos, as famílias mais produtivas selecionadas apresentaram notas semelhantes a todas as famílias avaliadas. Por outro lado, pouca variabilidade foi obtida para floração e altura da planta, o que é favorável, pois permite seleção de famílias com altas produtividades, mas com ciclo e altura compatíveis com as cultivares testemunhas, não sendo, assim, fator restritivo à seleção.

Adicionalmente, o mais importante na verificação da eficiência da seleção é a estimativa de ganhos genéticos diretos e indiretos. Para as características como floração, altura, brusone na panícula e mancha de grãos, o ganho genético esperado foi indireto, evidenciando redução de 2,09 dias na floração; 0,55 cm na altura das plantas; e

0,04 nas notas atribuídas à brusone na panícula. No caso de notas para mancha de grãos, houve um acréscimo de 0,02. O ganho genético esperado para produtividade de grãos foi expressivo com 308,22 kg ha⁻¹, o que representa um acréscimo de 5,75% com a seleção das famílias mais produtivas (Tabela 1). Cordeiro e Medeiros (2010), também obtiveram ganho expressivo para produtividade de grãos com a avaliação de famílias de arroz irrigado derivadas de cruzamentos interespecífico entre *Oryza sativa* x *Oryza glumaepatula*, em várzea de Roraima.

Por fim, foram selecionadas 43 famílias, sendo que 29 (67%) foram oriundas da população CNA 12/1/1, mostrando que esta apresenta grande potencial para a seleção de linhagens em Roraima. Ressalta-se ainda que a produtividade média das famílias selecionadas (6.098

kg ha⁻¹) foi praticamente a mesma obtida pelas cultivares testemunhas (6.242 kg ha⁻¹), revelando a eficiência na condução de programa de seleção recorrente visando aumentar o patamar produtivo do arroz irrigado (Tabela 2).

Conclusão

A população CNA 12/1/1 mostra-se promissora para uso em programas de seleção recorrente visando a seleção de linhagens de arroz irrigado em Roraima.

Literatura científica citada

- BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n.3, p.399-407, 1999.
- BRONDANI, C. *et al.* QTL mapping and introgression of yield-related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v.104, p.1192-1203, 2002.
- CARMONA, P. S.; TERRES, A. L.; SCHIOCCHET, M. Avaliação crítica dos projetos do PNP-Arroz na área de melhoramento genético, no período de 1980 a 1990, Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ,4.,1990, Goiânia. **A pesquisa de arroz nos anos 80: avaliação crítica dos principais resultados**. Goiânia, Embrapa–CNPAP, 1994.p.269-285 (Embrapa–CNPAP. Documentos,40)
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de. BRS Jaçanã e BRS Tropical: cultivares de arroz irrigado para os sistemas de produção de arroz em várzea de Roraima. **Agro@mbiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 67-73, jul-dez, 2010a.
- CORDEIRO, A. C. C. **Número de intercruzamentos na eficiência da seleção recorrente na cultura do arroz**. Lavras: MG, UFLA. 149p. 2001 (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- CORDEIRO, A. C. C. *et al.* **Recomendações técnicas para o cultivo do arroz irrigado em várzeas em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. 19 p. (Embrapa Roraima. Circular Técnica, 06).
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de. Desempenho produtivo de genótipos de arroz oriundos de hibridação interespecífica entre *Oryza sativa* e *Oryza glumaepatula*, em várzea de Roraima. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v 5, n.10, jan/jun 2010b.
- CORDEIRO, A. C. C. *et al.* Effect of the number of intercrosses on grain yield in basic rice synthetic populations. **Euphytica**, 132:79-86. 2003.
- CRUZ, C. D. Programa Genes - Versão Windows, aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 2001. 648 p.
- GERALDI, I. O. Selección recurrente en el mejoramiento de plantas. In: GUIMARÃES, E.P. (ed). Selección Recurrente en Arroz. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. p. 3-11 (publicación CIAT 267)
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Standard evaluation system for rice. Manila: INGER/Genetic Resources Center, 1996. 52p.
- ISHIY, T. O impacto das cultivares de arroz em Santa Catarina. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, v.38, n.359, p.10-12, 1985.
- KHUSH, G. S. Aumento do potencial genético de rendimento do arroz: perspectivas e métodos. In: PINHEIRO, B. S.; GUIMARÃES, E. P. (ed). CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9., 1994, Goiânia. Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e potencial produtivo. Goiânia: Embrapa-CNPAP-APA, 1995. v. 1 (Embrapa-CNPAP. Documentos, 60)
- MORAIS, O. P. de; ZIMMERMANN, F. J. P.; RANGEL, P. H. N. Avaliação de ganhos observados em seleção recorrente. In: GUIMARÃES, E. P. (ed). Avances em el mejoramiento poblacional em arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 311p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- RANGEL, P. H. N.; GUIMARÃES, E. P.; NEVES, P. C. F. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.5, p.340-347, 1996.
- RANGEL, P. H. N. *et al.* Coleta, caracterização e uso de germoplasma silvestre de arroz diplóide e tetraplóide (*Oryza* spp.) nativo do Brasil no melhoramento genético. Cap 20, p. 586-631. In: **FUNDAMENTOS PARA A COLETA DE GERMOPLASMA VEGETAL**. Ed. Walter, B.M.T & Cavalcanti, T.B. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005 a. 778p.
- RANGEL, P. H. N. *et al.* Advances in population improvement of irrigated rice in Brazil. In: GUIMARÃES, E.P (ed). **POPULATION IMPROVEMENT: A WAY OF EXPLOITING THE RICE GENETIC RESOURCES OF LATIN AMERICA**. Rome, Food And agriculture organization of the United Nations. 2005 b. p.145-180.
- RANGEL, P. H. N. *et al.* Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no meio norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8., p.1595-1604, 2000.
- RANGEL, P. H. N. **Avaliação de linhagens com introgressão de genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula***. Relatório técnico. EMBRAPA/IRGA/EPAGRI 2005/06 e 2006/07. 26p. 2007 (não publicado).
- RODRIGUEZ, R. E. S.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. Estimativas de parâmetros genéticos e de respostas à seleção na população de arroz irrigado CNA 1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.5, p.685-691, 1998.

SANTOS, P. G. *et al.* Avaliação do progresso genético obtido em 22 anos no melhoramento de arroz irrigado em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, n.10, p.1889-1896, 1999.

SANTOS, P. G. **Escolha de populações segregantes para o programa de seleção de arroz de terras altas**. Lavras: UFLA, 2000.106 p.(Tese- Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)

VERGARA, B. S. *et al.* **Rationale for a low-tillering rice plant type with high density grains**. Seoul: International Rice Research Conference,1990.17p.