

SELEÇÃO RECORRENTE E HÍBRIDOS: ALTERNATIVAS PARA AUMENTAR O POTENCIAL PRODUTIVO DAS CULTIVARES DE ARROZ

Paulo Hideo Nakano Rangel¹

INTRODUÇÃO

O arroz constitui o alimento básico da população de vários países da América Latina, dentre os quais o Brasil é maior produtor. Cultivado em todo o território brasileiro, o arroz ocupa posição de destaque do ponto de vista econômico e social dentre as culturas anuais, sendo responsável por suprir a população com um considerável aporte de calorias e proteínas na sua dieta básica (Pinheiro et al., 1993).

Durante os últimos 25 anos, o rendimento do arroz aumentou substancialmente devido ao desenvolvimento das cultivares modernas pelo Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI), na década de 60. A IR8, primeira cultivar semi-anã para os trópicos, foi responsável pela “revolução verde” no arroz, devido ao seu alto rendimento e rápida adoção pelos agricultores. De porte baixo, colmo forte, folhas eretas e alto perfilhamento, foi utilizada como progenitor na obtenção de milhares de cultivares modernas de alto rendimento.

Com o advento destas cultivares, houve uma mudança positiva não só na filosofia do melhoramento genético como também na dos agricultores, que passaram a utilizar alta tecnologia no cultivo do arroz.

No Brasil, com a substituição das cultivares tradicionais, de porte alto, pelas modernas, de porte baixo e alto rendimento, a produtividade chegou a duplicar em alguns Estados. Na década de 80, o rendimento no Rio Grande do Sul aumentou 30% (Carmona et al., 1994) e em Santa Catarina, 66% (Ishiy, 1985), devido ao uso das cultivares modernas e ao melhor manejo da cultura.

ESTABELECIMENTO DE PLATÔ DE PRODUTIVIDADE

Após a criação pelo IRRI, na década de 60, das cultivares modernas de porte baixo (Jennings et al., 1977), os ganhos genéticos em produtividade, em cada novo ciclo de seleção, estão se tornando mais difíceis de ser obtidos. No

¹ Pesquisador, EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, 74001-970 Goiânia, GO, Brasil.

Brasil, na década de 80, os ganhos genéticos em rendimento no arroz irrigado, quando obtidos, foram de pequena magnitude, apesar dos inúmeros cruzamentos submetidos à seleção (Rangel et al., 1992a; Soares, 1992). De acordo com Vergara et al. (1990), a produtividade do arroz nas duas últimas décadas tem alcançado aparentemente um platô, e esforços para aumentar o potencial produtivo das cultivares não têm resultado em ganhos visíveis. Aumento da produtividade tem sido obtido principalmente através da incorporação de resistência às doenças e da melhoria do manejo da cultura.

Pelo exposto, constata-se que o principal desafio do melhoramento genético nas próximas décadas será aumentar o potencial produtivo das cultivares, quebrando a barreira de produtividade atualmente estabelecida.

AUMENTO DO POTENCIAL PRODUTIVO

. IDEOTIPO DA PLANTA

Uma das alternativas sugeridas por Khush (1995) para aumentar o potencial produtivo das cultivares de arroz é o desenvolvimento de um novo ideotipo de planta com as seguintes características: baixo perfilhamento (três a quatro perfilhos); panículas grandes e pesadas, com 200 a 250 grãos/panícula; colmos robustos; folhas verde-escuras, eretas e curtas; altura de planta intermediária (90 cm); ciclo médio, 100 a 130 dias; índice de colheita de 0,55; resistência a doenças e pragas; sistema radicular vigoroso; grãos de qualidade aceitável; e planta adequada para semeadura direta com alta densidade.

Especificamente quanto a este ideotipo, seguem algumas considerações:

. Uma cultivar com baixo perfilhamento, não tem capacidade para compensar falhas de estande. Isto levaria o produtor a utilizar uma densidade de semeadura bastante elevada, já que esta é função do manejo da cultura, principalmente do preparo do solo. De maneira geral, a densidade de semeadura preconizada pela pesquisa brasileira é de 100 kg/ha. Entretanto, devido ao mau preparo do solo, a densidade utilizada pelo agricultor é muito superior (até de 150 kg/ha). Com uma cultivar de baixo perfilhamento, a tendência é usar uma densidade muito mais elevada.

. Um dos principais determinantes para a adoção de uma cultivar de arroz irrigado na América Latina, em especial no Brasil, é a qualidade dos grãos. A preferência é por grãos translúcidos do tipo longo-fino (agulhinha). O diferencial de preço entre o grão agulhinha e o médio é de até 50% a favor do primeiro. Portanto, uma cultivar, por mais produtiva que seja, caso não possua grão agulhinha, tem poucas chances de ser adotada.

. No Brasil existe grande demanda por cultivares de ciclo curto, as quais proporcionam economia na água de irrigação, reduzindo os custos da lavoura, além de permitir um melhor escalonamento da colheita.

. Quase a totalidade do cultivo do arroz irrigado no Brasil é feito por semeadura direta com alta densidade. Neste sistema de cultivo, as cultivares modernas, tipo IR8, têm respondido ao aumento da produtividade principalmente quando melhoram-se as técnicas de manejo da cultura.

Consideradas essas evidências, a atual planta de arroz irrigado de alto perfilamento é bastante eficiente, e o desenvolvimento de um novo ideotipo talvez não seja o fator preponderante para aumentar o potencial produtivo das cultivares.

. MANEJO DA CULTURA

A melhoria das técnicas de manejo da cultura constitui a melhor alternativa para aumentar a curto prazo a produtividade da lavoura. Uma estimativa otimista leva a crer na possibilidade de um aumento de 10 a 20%.

Rangel et al. (1992a), ao compararem o rendimento médio, em nível experimental, das melhores cultivares de arroz irrigado (BR-IRGA 409, BR-IRGA 410 e CICA 8) com os obtidos na lavoura, concluíram que a produtividade, nestas condições, está muito aquém do potencial produtivo das cultivares. No período considerado, 1985/89, o rendimento médio nas lavouras representava apenas 50% do obtido das cultivares testemunhas, em vários Estados do Brasil. Entretanto, no Rio Grande do Sul, onde o cultivo é bastante tecnificado, o rendimento daquelas cultivares correspondeu a 70% do das testemunhas.

Estes dados indicam que o manejo da lavoura tem forte influência na produtividade das cultivares utilizadas. Por exemplo, no Rio Grande do Sul, o arroz-vermelho reduz a produtividade nas lavouras infestadas, enquanto no Estado do Tocantins o manejo inadequado da água de irrigação induz ao acamamento das plantas. O melhoramento destas duas práticas agrônômicas, no caso desses Estados, possibilitaria certamente um aumento no rendimento do arroz a curto prazo (Rangel et al., 1992a).

. SELEÇÃO RECORRENTE

Do ponto de vista genético, os dois principais fatores que podem estar limitando o potencial produtivo das cultivares de arroz são o estreitamento excessivo da base genética das populações e a utilização dos métodos convencionais de melhoramento.

Rangel et al. (s.d.), após avaliarem as cultivares de arroz irrigado mais utilizadas nos principais Estados produtores do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Tocantins, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo), verificaram que a base genética daquelas cultivares é constituída por apenas sete ancestrais (Deo Geo Woo Gen, Cina, Lati Sail, I Geo Tze, Mong Chim Vang A, Belle Patna e Tetep). Com exceção de Santa Catarina, cuja contribuição genética é de 31%, nos demais Estados estes ancestrais são responsáveis por mais de 70% do conjunto gênico das cultivares. No Rio Grande do Sul, maior produtor de arroz irrigado do Brasil e da América Latina, seis ancestrais (Deo Geo Woo Gen, Cina, Lati Sail, I Geo Tze, Mong Chim Vang A e Belle Patna) contribuem com 86% dos genes das cultivares de arroz mais plantadas. Além disto, cabe destacar que as cultivares BR-IRGA 409, 410, 412 e 414, plantadas em aproximadamente 730 mil hectares - o que equivale a 86% da área total cultivada naquele Estado (Os avanços..., 1992) - possuem a mesma genealogia.

Existe um estreito relacionamento genético entre as cultivares de arroz irrigado da América Latina, dado que na obtenção de novas cultivares tem sido amplamente utilizada, como um dos progenitores, a IR8 ou linhagens dela descendentes. Segundo Cuevas-Pérez et al. (1992), 36% dos genes das cultivares de arroz exploradas comercialmente na América Latina são oriundos da IR8.

A principal consequência da limitação da diversidade genética é a redução das possibilidades de ganhos adicionais na seleção, uma vez que o melhorista passa a manejar um conjunto gênico de tamanho limitado (Hanson, 1959).

Os programas de melhoramento genético de arroz, além de utilizarem, de maneira geral, métodos que maximizam a endogamia no desenvolvimento de novas linhagens, usam poucos genótipos repetidamente como progenitores nos cruzamentos. Normalmente, após a síntese de uma nova população com os recursos da hibridação entre progenitores, as gerações segregantes são conduzidas recorrendo-se ao processo natural da autofecundação. No decorrer das sucessivas gerações, a endogamia progressiva cerceia, de forma igualmente crescente, as chances de recombinação, pois, com a identidade entre alelos do mesmo locus, os processos de "crossing-over" tornam-se inefetivos na produção de novos recombinantes.

Assim, os métodos convencionais de melhoramento de arroz conduzem à redução progressiva e intensa da variabilidade genética, conseqüentemente, limitam as possibilidades de obtenção de ganhos genéticos por seleção (Rangel et al., 1992b).

Uma das alternativas para ampliar a base genética e aumentar as chances de recombinação nos programas de melhoramento genético é a sintetização de populações de ampla base genética e a condução destas populações através da

seleção recorrente. Com o uso deste método de melhoramento, aumentar-se-iam as possibilidades de romper a médio e longo prazos o atual platô de produtividade.

A seleção recorrente é a técnica de melhoramento que aumenta a frequência dos genótipos desejáveis em uma população através da aplicação cíclica de intercruzamentos e seleção (Ikehashi & Fujimaki, 1980). Como principais características desta técnica, destacam-se: (1) os grupos de ligação são continuamente rearranjados; (2) o uso de grandes populações segregantes não é necessário, porque as chances de recombinação dos caracteres aumentam devido aos intercruzamentos que ocorrem após cada ciclo de seleção; e (3) a possibilidade de utilização de um grande número de progenitores na formação da população-base, tendo-se, portanto, melhor amostragem da variabilidade genética disponível na cultura (Doggett, 1972).

À medida que o número de genes controladores do caractere aumenta, a chance de obter plantas homozigotas com os alelos favoráveis decresce rapidamente. A Tabela 1 mostra o número esperado de plantas homozigotas para n loci favoráveis em 1.000 e 10 mil plantas. Por exemplo, no caso de um caractere controlado por cinco genes com frequência de 0,5 para o alelo favorável, se se deseja ter os alelos favoráveis em cada locus em uma planta individual, tal como uma linha pura de arroz, deve-se ter somente uma planta em 1.000 plantas homozigotas para os alelos favoráveis. Com 40 genes na frequência de 0,9 controlando o caractere, somente dois indivíduos em 10 mil plantas devem ser homozigotos para os 40 loci. A situação é mais complexa se os alelos favoráveis interagem com o ambiente. Neste caso, o melhorista deve ser hábil para identificar os indivíduos com alelos favoráveis quando eles ocorrerem na população (Hallauer, 1985).

As vantagens de se aumentar a frequência dos alelos favoráveis em um programa de melhoramento podem ser evidenciadas na Tabela 1. Mesmo um pequeno aumento na frequência gênica (de 0,55 para 0,60) ampliam as chances de se obterem indivíduos que possuam os alelos favoráveis. Amostragem repetida de uma mesma população não aumenta a frequência gênica, por ser ela uma propriedade da população. O aumento da frequência gênica requer o intercruzamento de indivíduos que possuem alta frequência de alelos favoráveis nos diferentes loci que contribuem para a expressão do caráter (Hallauer, 1985).

Evidentemente, as chances de êxito da seleção recorrente são diretamente dependentes da variância aditiva presente na população (Vencovsky, 1987). Em arroz, conforme Lopes (1984), Ahmad et al. (1986) e Veillet (1993), há uma predominância da variância genética aditiva dos caracteres de importância, principalmente a produtividade. Isto indica que a seleção recorrente é perfeitamente factível de ser utilizada no melhoramento genético do arroz.

TABELA 1. Número esperado de plantas em 1.000 e 10 mil plantas homozígotas para n loci favoráveis.

P	Em 1.000 plantas para n loci				Em 10 mil plantas para n loci			
	5	10	20	40	5	10	20	40
0,45	-	-	-	-	3	-	-	-
0,50	1	-	-	-	10	-	-	-
0,55	3	-	-	-	25	-	-	-
0,60	6	-	-	-	60	-	-	-
0,65	13	-	-	-	135	2	-	-
0,70	28	1	-	-	282	8	-	-
0,75	56	3	-	-	563	32	-	-
0,80	107	12	-	-	1073	115	12	-
0,90	349	122	15	-	3486	1215	148	2

* $(p)^{2n}$ = frequência de indivíduos homozígotos para o alelo favorável, onde n é o número de loci e p = frequência do alelo favorável assumida ser a mesma para todos os loci.

Fonte: Hallauer (1985).

Com o uso da macho-esterilidade genética em populações de arroz, pode-se, assim, favorecer o intercruzamento no campo e, posteriormente, através da seleção recorrente na condução da população, promover a recombinação gênica. Deste modo, numerosos genótipos recombinantes surgirão, os quais poderão ser identificados, avaliados e utilizados como fontes de novas cultivares (Rangel et al., 1992b; Morais, 1992).

No Brasil, a seleção recorrente está sendo utilizada no melhoramento de populações visando à extração de linhagens com alto potencial produtivo associado a outras características agrônômicas favoráveis. Neste enfoque, estão sendo trabalhadas cinco populações: (1) plantas muito precoces (floração < 85 dias); (2) plantas precoces (floração entre 90 e 100 dias); (3) plantas de ciclo médio (floração entre 110 e 120 dias); (4) cultivares/linhagens dos grupos *indica* e *japonica*; e (5) melhores cultivares comerciais, fontes de resistência à brusone, mancha-dos-grãos e mancha-parda, fontes de boa qualidade dos grãos e cultivares tradicionais de arroz de várzea.

Estas populações estão sendo conduzidas pelo método de seleção recorrente entre famílias $S_{0:2}$ (Rangel, 1992). A avaliação das famílias $S_{0:2}$, a fase mais importante do método, é feita em ensaios com repetição em Goiás, Tocantins, Roraima, Piauí, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A seleção das famílias superiores é feita baseando-se principalmente na

produtividade e outras características agrônômicas de interesse, através da utilização de Índice de Seleção. As famílias $S_{0,2}$ selecionadas em cada local são utilizadas para extração de linhagens dentro do melhoramento convencional, para aquele local específico. As famílias superiores nos vários locais, dentro de determinada região, são recombinadas para iniciar-se o próximo ciclo de seleção.

Com a utilização deste método, cada ciclo é completado em dois anos. Aproveita-se toda a variância genética entre famílias e 3/4 dentro da família. A intensidade de seleção utilizada é de 20%, que, segundo Paterniani (1980), assegura progressos satisfatórios a curto prazo e variabilidade genética para progressos subseqüentes. O ganho genético esperado por ano (G) é o seguinte:

$$G = \frac{K\sigma_A^2}{Y\sigma_F}$$

onde: K = diferencial de seleção padronizado, que é função da intensidade de seleção; σ_A^2 = variância genética aditiva; Y = número de anos requeridos para completar um ciclo de seleção; e σ_F = desvio-padrão fenotípico do caractere a ser selecionado.

Simultaneamente ao melhoramento da população, inicia-se o processo de extração de linhagens. Além disto, a avaliação das famílias $S_{0,2}$ constitui um teste precoce em gerações segregantes, permitindo selecionar com maior precisão as famílias que apresentam maiores chances de fornecer linhagens superiores dentro do melhoramento convencional.

Morais (1992), ao avaliar a população original CNA-IRAT 4 sem nenhum ciclo de seleção, verificou que a produção média de grãos por planta das famílias $S_{0,2}$ não diferiu significativamente da média das cultivares componentes da população e, ainda, que com sete ciclos de seleção recorrente, poder-se-ia duplicar a capacidade de produção de grãos da população. Cabe ressaltar que este progresso só será factível se for mantido um tamanho efetivo populacional adequado, evitando-se, com isto, uma redução drástica da variabilidade genética.

Em Goiás e no Tocantins, foram avaliadas, pela EMBRAPA-CNPAF, 165 famílias $S_{0,2}$ precoces e 165 de ciclo médio oriundas da população CNA-IRAT 4/1/1. De maneira geral, o coeficiente de variação genética ($CV_G\%$), que mede a quantidade de variabilidade genética entre linhagens em relação às médias populacionais respectivas, foi superior a 7 para os caracteres produção de grãos, brusone na panícula e mancha-parda (Tabela 2), evidenciando a presença de suficiente variabilidade genética favorável à seleção. Em milho, nas condições brasileiras, diversos autores consideram valores acima de 7%, para este coeficiente, como indicador do potencial genético das populações das quais foram obtidos.

TABELA 2. Estimativas da variância genética (σ_G^2), do coeficiente de variação genética ($CV_G\%$) e da herdabilidade (h^2) para os caracteres produção de grãos (PROD), em kg/ha, floração (FLO), brusone-da-panícula (BP) e mancha-parda (MP), para as famílias $S_{0:2}$ precoces e de ciclo médio.

Estimativa	Ciclo Precoce				Ciclo Médio			
	PROD	FLO	BP	MP	PROD	FLO	BP	MP
σ_G^2	220101,61	5,94	0,30	0,06	254638,45	9,34	0,12	0,15
$CV_G\%$	10,40	2,50	12,01	6,28	10,99	2,92	9,07	9,54
h^2	51,90	48,93	52,68	19,88	54,82	59,31	36,30	47,57

A herdabilidade da produção de grãos foi de 51,9% para as famílias precoces e de 54,8% para as de ciclo médio. Estes valores, relativamente altos, indicam que se pode ter sucesso na seleção deste caractere.

Baseando-se no índice clássico de seleção proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), fez-se a seleção das famílias superiores para recombinação, utilizando-se uma intensidade de seleção de 30%. As 50 famílias precoces e de ciclo médio selecionadas proporcionarão, no próximo ciclo, um ganho de seleção em torno de 10% para produção de grãos, ganhos negativos para brusone-da-panícula e mancha-parda, permanecendo a floração inalterada (Tabela 3).

TABELA 3. Média da população original (X_0) e dos indivíduos selecionados (X_s) e ganho de seleção ($G_s\%$) baseado no índice clássico de seleção para as características produção de grãos (PROD), floração (FLO), brusone-da-panícula (BP) e mancha-parda (MP), para as famílias $S_{0:2}$ precoces e de ciclo médio.

Característica	Ciclo Precoce			Ciclo Médio		
	X_0	X_s	$G_s\%$	X_0	X_s	$G_s\%$
PROD (kg/ha)	4649	5510	9,61	4513	5346	10,11
FLO (dias)	98	98	-0,03	104	107	1,34
BP (nota)	4,51	4,50	-0,25	3,77	3,66	-1,10
MP (nota)	3,83	3,76	-0,39	4,08	3,69	-4,61

Os dados obtidos nestas avaliações mostram que, através da seleção recorrente, podem-se obter ganhos substanciais na seleção de caracteres quantitativos, como a produção de grãos.

. HÍBRIDOS

Híbridos de arroz constituem outra alternativa para aumentar a produtividade. Na China, o arroz híbrido é plantado em 18 milhões de hectares, com produtividade de 15 a 20% superior a das cultivares modernas de arroz (Singh & Ikehashi, 1981).

Apesar de o híbrido de arroz estar hoje consagrado na China, em países onde a mão-de-obra é cara ou onde são utilizadas altas densidades de semeadura, tal como o arroz irrigado no Brasil, a técnica chinesa de produção de sementes não é economicamente viável. O programa de arroz híbrido no Brasil procura desenvolver um sistema de produção adaptado às suas características de cultivo, para que se possa empregar a mecanização onde a taxa de polinização cruzada no campo seja elevada e a heterose do híbrido seja economicamente compatível com o sistema (Neves et al., 1994).

A diferença básica da tecnologia chinesa em relação à brasileira é que, no Brasil, procura-se aumentar a taxa de polinização cruzada no campo através da transferência do estigma longo da espécie selvagem *Oryza longistaminata* para a *Oryza sativa*, visando baratear o custo de produção da semente híbrida (Neves et al., 1994).

As linhagens macho-estéreis com estigma longo devem apresentar algumas características favoráveis em relação às linhagens com estigma normal, tais como:

- . o estigma longo permanece viável por período maior,
- . a percentagem de exposição das espiguetas com estigma longo, após a floração, deve ser maior do que a das espiguetas com estigma normal, que é de cerca de 27%;
- . o maior tempo de viabilidade e a maior percentagem de exposição das espiguetas com estigma longo permitem melhor sincronização da floração; e
- . as linhagens macho-estéreis decorrentes do citoplasma WA ("wild abortive") possuem cerca de 20% da panícula envolvida pela bainha da folha-bandeira. Os chineses utilizam ácido giberélico para aumentar a exposição da panícula. No Brasil, linhagens macho-estéreis com boa exposição da panícula são selecionadas durante o processo de transferência do estigma longo.

A seleção recorrente recíproca está sendo utilizada no programa de híbridos com o objetivo de melhorar a resposta heterótica entre duas populações (Neves et al., 1990).

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O aumento do potencial produtivo das cultivares de arroz na América Latina, em especial no Brasil, poderia ser feito em duas etapas:

- . a curto prazo, através do manejo da cultura e da incorporação de resistência às doenças, principalmente à brusone; e
- . a médio e longo prazos, através da sintetização de populações de ampla base genética e condução destas por meio de seleção recorrente e pelo uso de cultivares híbridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, L.; ZAKRI, A.H.; JALANI, B.S.; OMAR, D. Detection of additive and nonadditive variation in rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Ed). **Rice genetics**. Los Baños, 1986. p.555-564.
- OS AVANÇOS das novas variedades de arroz. **Ano Arrozeiro**, Porto Alegre, v.5, p.20-21, 1992.
- CARMONA, P.S.; TERRES, AL.; 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: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). **A pesquisa de arroz no Brasil nos anos 80: avaliação crítica dos principais resultados**. Goiânia, 1994. p.269-275 (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 40)
- CUEVAS-PÉREZ, F.E.; GUIMARÃES, E.P.; BERRIO, L.E.; GONZALÉZ, D.I. Genetic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean: 1971 to 1989. **Crop Science**, Madison, v.32, n.4, p.1054-1059, 1992.
- DOGGETT, H. Recurrent selection in sorghum populations. **Heredity**, Essex, v.23, p.9-29, 1972.
- HALLAUER, A.R. Compendium of recurrent selection methods and their application. **CRC Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v.3, n.1, p.1-33, 1985.
- HANSON, W.D. Theoretical distribution of the initial linkage block lengths intact in the gametes of a population intermated for n generations. **Genetics**, Bethesda, v.44, p.839-846, 1959.

- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Bethesda, v.28, p.476-490, 1943.
- IKEHASHI, H.; FUJIMAKI, H. Modified bulk population method for rice breeding. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Ed). **Inovative approaches to rice breeding**. Los Baños, 1980. p.163-182.
- ISHIY, T. O impacto das cultivares modernas de arroz irrigado em Santa Catarina. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.38, n.359, p.10-14, 1985.
- JENNINGS, P.R.; COFFMAN, W.R.; KAUFFMAN, H.E. **Rice improvement**. Los Baños: IRRI, 1977. 186p.
- KHUSH, G.S. Aumento do potencial genético de rendimento do arroz: perspectivas e métodos. In: 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 do potencial produtivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1995. v.1 (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 60).
- LOPES, A.M. **Análise genética dos componentes de produção num dialeto entre seis cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em dois regimes hídricos**. Viçosa: UFV, 1984. 135p. Tese Doutorado.
- MORAIS, O.P. **Análise multivariada da divergência genética dos progenitores: índices de seleção combinada numa população de arroz oriunda de inter cruzamentos usando macho-esterilidade**. Viçosa: UFV, 1992. 251p. Tese Doutorado.
- NEVES, P.C.F.; CASTRO, E.M.; RANGEL, P.H.N.; YOKOYAMA, L.P. Hybrid rice research in Brazil. In: VIRMANI, S.S. (Ed). **Hybrid rice technology: new developments and future prospects**. Los Baños: IRRI, 1994. p.249-252.
- NEVES, P.C.F.; TAILLEBOIS, J.E.; VEILLET, S.A. Strategy for hybrid rice breeding in Brazil using recurrent selection. In: INTERNATIONAL RICE COMMISSION, 17., 1990, Goiânia. **Proceedings. International Rice Commission Newsletter**, Roma, v.39, p.146-151, 1990. Special Issue.
- PATERNIANI, E. Fatores que afetam a eficiência da seleção nas plantas. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GENÉTICA, 4., 1980, Piracicaba. **Actas**. Piracicaba: ESALQ, 1980. v.2. p.37-43.

- PINHEIRO, B. da S.; PRABHU, A.S.; RANGEL, P.H.N. INGER network activities in Brazil: benefits and constraints. In: ADVISORY COMMITTEE MEETING OF THE INTERNATIONAL NETWORK FOR GENETIC EVALUATION OF RICE, 6., 1993, Hangzhou, China. **Proceedings**. Manila: IRRI, 1993. p.52-61.
- RANGEL, P.H.N. La selección recurrente mejora el arroz brasileño. **Arroz em las Américas**, Cali, v.13, n.1, p.4-5, 1992.
- RANGEL, P.H.N.; GUIMARÃES, E.P.; NEVES, P.C.F. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto. No Prelo.
- RANGEL, P.H.N.; ZIMMERMANN, F.J.P.; NEVES, P.C.F. El CNPAF investiga: decrece en Brasil el rendimiento del arroz de riego? **Arroz en las Américas**, Cali, v.13, n.1, p.2-4, 1992a.
- RANGEL, P.H.N.; NEVES, P.C.F.; MORAIS, O.P. La selección recurrente recombina genes en el arroz de riego. **Arroz en las Américas**, Cali, v.13, n.2, p.2-4, 1992b.
- SINGH, R.J.; IKEHASHI, H.I. Monogenic male-sterility in rice: induction, identification and inheritance. **Crop Science**, Madison, v.21, p.286-289, 1981.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, Cambridge, v.7, p.240-250, 1936.
- SOARES, A.A. **Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado na década de oitenta em Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1992. 188p. Tese Doutorado.
- VEILLET, S. **Organisation of the genetic variability and recurrent selection in rice (*Oryza sativa* L.)**. Paris: Institute National Agronomique, 1993. 132p. Tese Doutorado.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1. p.135-214.
- VERGARA, B.S.; VENKATESWARLU, B.; JANORIA, M.; AHN, J.K.; KIM, J.K.; VISPERAS, R.M. **Rationale for a low-tillering rice plant type with high density grains**. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH CONFERENCE, 1990, Seoul. **Proceedings**. Manila: IRRI, 1990. p.1-17.