

Melhoramento genético de arroz em Minas Gerais

Antônio Alves Soares¹

Plínio César Soares²

Emílio da Maia de Castro³

Orlando Peixoto de Morais⁴

Paulo Hideo Nakano Rangel⁵

Moisés de Sousa Reis⁶

Resumo - A pesquisa na área de melhoramento genético de arroz no Brasil e em Minas Gerais tomou impulso a partir de meados da década de 70, quando foram criadas a Embrapa e diversas empresas estaduais de pesquisa, dentre elas a EPAMIG. Destacam-se como resultados de pesquisa o lançamento de 85 cultivares até 1997, que revolucionaram a orizicultura no País, e a obtenção de cultivares de terras altas de grãos agulhinhas (longo-fino), tornando esse sistema de cultivo competitivo com o de várzea. Ganhos genéticos foram obtidos em Minas Gerais desde a década de 70. Para o arroz de terras altas, o ganho médio anual foi de 1,26% para materiais do grupo precoce e 3,37% para os de ciclo médio; para o arroz de várzea, o ganho médio foi de 0,98%. Em Minas Gerais, foram recomendadas para plantio comercial 25 novas cultivares, as quais deram sustentação à orizicultura mineira. Apesar dos grandes avanços obtidos, acréscimos no potencial de produção de grãos estão cada vez menores, sobretudo para o arroz irrigado. Por isso, os programas de melhoramento de arroz vêm adotando novas estratégias, e uma delas é o uso da seleção recorrente como alternativa mais adequada para elevar o atual nível de produtividade das futuras cultivares.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Cultivares. Ganho genético. Seleção recorrente.

INTRODUÇÃO

O arroz é o produto agrícola mais importante do mundo, não só em valor de produção, mas principalmente por se constituir no principal alimento do homem. A produção mundial é de, aproximadamente, 600 milhões de toneladas anuais (AGRIANUAL, 2003). Dessas, 85% são destinados ao consumo humano. Por ser um dos cereais mais antigo utilizado pelo homem, sofreu um

processo gradual de melhoramento, ainda que de maneira empírica e pouco consciente.

Durante séculos, a produtividade do arroz ficou estagnada em 1,0 a 1,5 t/ha, na maioria dos países asiáticos, até o final de 1950. Somente no Japão, ocorreram aumentos graduais de produção de mais ou menos 1,3 t/ha, no ano 900 a.C., para 2,5 t/ha no final do século XIX. Esses aumentos

deveram-se à expansão da área irrigada e ao melhor manejo da irrigação (SWAMINATHAN, 1984). Este autor relata, ainda, que países como a Indonésia e as Filipinas aumentaram mais a produção e a produtividade durante as décadas de 60 e 70, do que nos 7 mil anos que os precederam, e de importadores passaram a exportadores. Que transformação aconteceu? Sem dúvida, foi o desenvolvimento de cultivares de

¹Engº Agrº, D.Sc., Prof. UFLA-Depº Agricultura, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: aasoares@ufla.br

²Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36571-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: plinio@epamig.ufv.br

³Engº Agrº, D.Sc., Pesq. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás-GO. Correio eletrônico: emilio@cnpaf.embrapa.br

⁴Engº Agrº, D.Sc., Pesq. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás-GO. Correio eletrônico: peixoto@cnpaf.embrapa.br

⁵Engº Agrº, D.Sc., Pesq. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás-GO. Correio eletrônico: phrangel@cnpaf.embrapa.br

⁶Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: moizes@epamig.ufla.br

alto potencial produtivo, associado ao melhor manejo do solo e da água e à fertilização das plantas. O resultado foi uma elevação na produção de grãos de arroz na maioria dos países, a qual excedeu a 5% ao ano. A chave genética para esses avanços foi o desenvolvimento de cultivares semi-anãs altamente produtivas do grupo indica. A cultivar indica tradicional era alta, frondosa, mas de baixo potencial genético para produção de grãos.

IMPACTO DO MELHORAMENTO DE ARROZ PARA A REVOLUÇÃO VERDE

A maior contribuição da genética para o aumento da produção de grãos em arroz nos anos recentes foi o descobrimento do alelo recessivo para porte baixo, presente nas cultivares chinesas *Dee-geo-woo-gen* e *I-geo-tze*. Elas são as únicas cujo nanismo não afeta as panículas e nem as espiguetas. O alelo da '*Dee-geo-woo-gen*' para nanismo introduziu-se em um grande número de cultivares e linhagens índicas melhoradas e, mais recentemente, nas japônicas. A origem precisa da '*Dee-geo-woo-gen*' é desconhecida, embora ela tenha sido cultivada pelos agricultores Taiwanenses, antes de 1951 (JENNINGS et al., 1981).

Em 1949, '*Dee-geo-woo-gen*', uma cultivar indica semi-anã, que perfilha intensamente, foi cruzada com '*Tsai-yuan-chung*', uma cultivar de porte alto e resistente a doenças. Desse cruzamento, foi selecionada e lançada, em 1956, a cultivar *Taichung Native 1* (TN1). A 'TN1' respondia a altos níveis de N e produzia 6 t/ha em média com recordes de 8,1 t/ha. Dessa forma, ela foi considerada a primeira cultivar indica de alta produtividade e seu desenvolvimento é considerado um dos mais significativos na história do melhoramento do arroz. Essa cultivar demonstrou que o aumento do potencial de rendimento do arroz indica podia ser obtido pelo melhoramento dentro das índicas. Assim, ela apontou o caminho para o melhoramento do arroz tropical (DE DATTA, 1981, YOSHIDA, 1981).

Em 1960, foi criado o *International Rice Research Institute* (IRRI), pelas Fundações Ford e Rockefeller, em cooperação com o governo Filipino. Em 1962, os melhoristas do IRRI cruzaram a '*Dee-geo-woo-gen*' com a '*Peta*', uma cultivar alta de elevado perfilhamento. Desse cruzamento, foi selecionada e lançada, em 1966, a cultivar IR8, a qual possui folhas eretas, alto perfilhamento, insensibilidade ao fotoperíodo, porte baixo (semi-anã), colmos rígidos, responde bem ao N e produz em torno de 6 t/ha na estação úmida e 9 t/ha na estação seca e, ocasionalmente, excede a 10 t/ha. A 'IR8' é considerada a primeira cultivar de arroz indica altamente produtiva adaptada a climas tropicais. Seu impacto foi elegantemente descrito como: arroz-anão – um gigante na Ásia Tropical. Tornou-se conhecida como "o arroz milagroso" (YOSHIDA, 1981).

A rápida difusão da 'IR8' e de outras cultivares que a sucederam na Ásia e em outros continentes promoveu o que se denomina Revolução Verde; e o arroz passou a chegar mais fartamente e com menor custo à mesa do consumidor. O resultado mais fantástico desse esforço do melhoramento genético foi o de que a produção mundial de arroz duplicou de 257 milhões de toneladas, em 1965, para 520 milhões de toneladas, em 1990. Em 2003, levantamentos preliminares indicam uma produção mundial próxima de 600 milhões de toneladas. Certamente, o melhoramento genético deu a maior contribuição para esse aumento espetacular da produção de arroz.

No Brasil, a primeira cultivar semi-anã do grupo moderno introduzida no final da década de 60 foi a 'IR8' que, com outras que a sucederam, contribuiu para o salto de produtividade de arroz irrigado, que hoje se conhece.

MELHORAMENTO GENÉTICO DE ARROZ NO BRASIL E EM MINAS GERAIS

Programas oficiais de melhoramento genético da cultura do arroz no Brasil somente iniciaram-se em 1937, no Instituto

Agrônomo de Campinas (IAC), em São Paulo e, em 1938, no Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), no Rio Grande do Sul. O IAC sempre priorizou em suas atividades o arroz de sequeiro, hoje denominado arroz de terras altas, enquanto o IRGA dedicou-se com exclusividade ao arroz irrigado por inundação contínua em várzeas. Inicialmente, ambos os institutos adotaram a estratégia de selecionar, entre as cultivares ou linhagens até então disponíveis no País ou introduzidas do exterior, as que melhor prestavam-se ao cultivo nas condições locais de São Paulo e do Rio Grande do Sul, respectivamente. O Ministério da Agricultura, através da sua antiga rede de institutos de pesquisa agropecuária, pertencentes ao extinto Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária (DNPEA), também contribuiu relevantemente para o melhoramento do arroz no País. O ex-Instituto Agrônomo de Minas Gerais também desenvolveu programas importantes de seleção nas cultivares tradicionais então existentes em Minas Gerais, contribuindo para a melhoria da qualidade das sementes de arroz utilizadas no Estado (MORAIS; RANGEL, 1997).

Em 1973, foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em substituição ao DNPEA e, em 1974, foi instituído o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), hoje Embrapa Arroz e Feijão, que começou os trabalhos com arroz em 1976. Os dois primeiros anos do CNPAP foram dedicados a coletas nacionais e internacionais de germoplasma e, a partir daí, foram realizados os primeiros cruzamentos e avaliação de populações segregantes (GUIMARÃES; MORAIS, 1987). No decorrer da década de 70, foram estabelecidas várias instituições estaduais de pesquisa agropecuária, que com a Embrapa, o IAC e o IRGA organizaram-se para constituir o Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária (SCPA). A partir de então, pôde-se ampliar de forma significativa as atividades de pesquisa agropecuária no país, inclusive as de melhoramento genético do arroz.

O fato mais marcante no melhoramento genético do arroz no Brasil foi a criação, em 1982, das Comissões Técnicas Regionais de Arroz (CTArroz), envolvendo inicialmente 35 instituições de pesquisa, sob a coordenação da Embrapa Arroz e Feijão. O país foi subdividido em três regiões e em cada uma estabeleceu-se uma Comissão Técnica, assim discriminadas: CTArroz I (Região Sul, exceto o Paraná), CTArroz II (Regiões Sudeste e Centro-Oeste, mais os estados do Paraná, Bahia e Tocantins) e CTArroz III (Regiões Norte e Nordeste). As Comissões tinham a função de coordenar o processo de avaliação de cultivares e linhagens de arroz criadas pelos diferentes programas de pesquisa de melhoramento nacional ou internacional, definindo estratégias, critérios e opinando sobre a conveniência de lançamento de cultivares (CUTRIM, 1994). Em cada uma dessas regiões, são avaliadas, por meio das instituições de cada Comissão Técnica, as linhagens anualmente disponíveis no país, utilizando-se três classes de ensaios: observação (EO), preliminares (ECP) e avançados (ECA). Uma linhagem somente é lançada como cultivar, se se mostrar promissora nos ensaios EO e ECP e comportar-se mais vantajosamente que as testemunhas na rede de ensaios ECA por pelo menos dois anos (EMBRAPA, 1994). Esse programa cooperativo de melhoramento contribuiu decisivamente para a melhoria da eficiência da orizicultura brasileira e, somente após a criação das Comissões Técnicas, até 1997, foram lançadas 85 cultivares, sendo 32 para as condições de terras altas e 53 para várzeas (GUIMARÃES et al., 1997). Nesse período, foram avaliadas mais de dez mil linhagens e, em média, foram necessários mais de oito anos para lançar uma cultivar. Cabe ressaltar também, que a produtividade das lavouras, tanto do sistema de sequeiro, quanto do sistema irrigado aumentaram cerca de 30%, devido principalmente à substituição das cultivares antigas pelas mais recentes (MORAIS; RANGEL, 1997).

Após a criação da Lei de Proteção de Cultivares em 1997, os ensaios compara-

tivos avançados estão sendo utilizados também como valor de cultivo e uso (VCU), com a finalidade de registro e proteção de cultivares. Após entrar em vigor esta Lei, as Comissões Técnicas de arroz sofreram um revés com algumas instituições de pesquisa desvinculando-se dela, em face dos interesses particulares de cada uma, o que gerou conflitos sobre a detenção das cultivares lançadas comercialmente, recebimento de *royalties* etc.

A história do melhoramento genético do arroz em Minas Gerais concentra-se, basicamente, na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), criada em 1974, em substituição ao Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias (Pipaemg). Até então, os trabalhos comparativos entre cultivares e linhagens de arroz foram conduzidos, principalmente, pelo extinto Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Oeste (Ipeaco) e pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), sendo recomendadas, naquela época, entre outras, as cultivares Prático Precoce e IAC 1246, para as lavouras de terras altas, e a 'IAC 435' e 'IAC 120', para as várzeas (SOARES; SOARES, 1984).

O Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas, até o início da década de 90, limitava-se a avaliar cultivares e linhagens desenvolvidas por outras instituições nacionais e internacionais de pesquisa. Somente em 1993, a EPAMIG, em cooperação com a Universidade Federal de Lavras (Ufla) e a Embrapa Arroz e Feijão, deu início ao Programa de Avaliação de Populações Segregantes F_2 , conduzido pelo Método *Bulk*, para extração de linhagens mais adaptadas às condições edafoclimáticas do Estado (EPAMIG, 1993). Para o arroz de várzea úmida, a EPAMIG, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão, iniciou em 1980 um programa de melhoramento através de introdução de populações segregantes F_2 , nas quais se procederam avanços de geração e seleção de progênies adaptadas às várzeas de Minas Gerais. Como resultado desse trabalho, obtiveram-se duas cultivares específicas para várzea

úmida, que são a 'Mucuri' e 'Samburá', recomendadas em 1995, e uma para irrigado por inundação, que é a 'Urucuaia', lançada em 1994 e até hoje cultivada no Estado.

O alto índice de adoção das novas cultivares de arroz de terras altas lançadas pela pesquisa, em Minas Gerais (nove nos últimos 17 anos), retrata por si só a eficiência do Programa de Melhoramento. Todavia uma quantificação do ganho genético para uma auto-avaliação e reflexão sobre o Programa foi realizada por Soares et al. (1999), abrangendo o período de 1974 a 1995. Nesses 21 anos de pesquisa, foram testados, apenas nos ensaios comparativos avançados, 74 materiais precoces e 70 de ciclo médio ou mais tardio. Os resultados mostraram um ganho genético médio anual de 1,26% para os materiais do grupo precoce e de 3,37% para os do grupo médio ou tardio, indicando que o Programa de Melhoramento Genético do Arroz de Terras Altas foi bastante eficiente no período, o que justifica plenamente os recursos alocados para a pesquisa. Contudo, uma das maiores contribuições que o melhoramento trouxe para o arroz de terras altas foi o desenvolvimento de cultivares de grãos agulhinha de alta qualidade culinária, característica que até meados da década de 90 só as cultivares de várzeas possuíam. Portanto, hoje, o arroz de terras altas é tão competitivo quanto o irrigado no mercado de grãos.

No que se refere ao arroz de várzeas (irrigado e várzea úmida), os programas de melhoramento desenvolvidos no Estado pela EPAMIG, em parceria com outras instituições (Embrapa e Ufla), possibilitaram colocar à disposição dos agricultores 14 novas cultivares que muito contribuíram para a orizicultura irrigada mineira. Com o objetivo de avaliar o ganho genético proporcionado pelo Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado em Minas Gerais, Santos et al. (1999) procederam um estudo utilizando dados de produtividade de grãos dos ensaios comparativos avançados no período de 1974/1975 a 1995/1996. O ganho genético médio obtido em todo o período

foi de 33 kg/ha/ano (0,98% ao ano), sendo altamente significativo estatisticamente ($P \leq 0,01$). Esse número por si espelha a importância da pesquisa na área de melhoramento de arroz irrigado para o Estado.

NOVA ESTRATÉGIA DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE ARROZ

A avaliação de linhagens que, indubitavelmente, é a fase mais difícil de qualquer programa de melhoramento tem sido tarefa de todas as instituições de pesquisa de arroz do sistema cooperativo, contudo a recombinação das unidades de avaliação selecionadas constitui incumbência de poucos, sobretudo da Embrapa Arroz e Feijão. Praticamente, todos os métodos convencionais de melhoramento de autógamias têm sido utilizados, mas a hibridação artificial e a condução das populações segregantes pelo método geneológico sempre foram, destacadamente, as mais empregadas (MORAIS; RANGEL, 1997).

Os programas tradicionais de melhoramento genético de arroz utilizam, de maneira geral, métodos que maximizam a endogamia no desenvolvimento de novas linhagens. Normalmente, após a síntese de uma nova população com os recursos da hibridação entre genitores, as gerações segregantes são conduzidas, recorrendo-se ao processo natural da autofecundação. A endogamia progressiva no decorrer das sucessivas gerações, reduz de maneira crescente as chances de recombinação, pois, com a identidade entre alelos de um mesmo loco, os processos de *crossing-over* tornam-se inefetivos na produção de novos recombinantes. Assim, os métodos convencionais de melhoramento de arroz apresentam menor potencial de geração de variabilidade do que teria, se os intercruzamentos entre unidades de recombinação fossem mais frequentes. Reduzindo-se a geração de variabilidade, diminui-se, como consequência, os ganhos genéticos por seleção. Uma das alternativas utilizáveis, para aumentar os ganhos por seleção em arroz, consiste em sintetizar populações de base

genética mais ampla e conduzi-las por meio da seleção recorrente.

Seleção recorrente é um método de melhoramento que aumenta a frequência dos genótipos favoráveis em uma população através da aplicação cíclica de intercruzamentos e seleção (IKEHASHI; FUJIMAKI, 1980). Esta técnica é amplamente utilizada em plantas alógamas, devido principalmente à facilidade de intercruzamentos. Recentemente, foram desenvolvidas novas técnicas de cruzamentos em arroz, além do uso da macho-esterilidade, as quais possibilitam o uso da seleção recorrente no melhoramento desse cereal.

Sendo a produção de grãos governada pela ação de um desconhecido, porém sabidamente grande número de genes menores, a probabilidade de encontrar um indivíduo, em qualquer geração segregante, que encerre todos os alelos favoráveis, é muito pequena. Esta probabilidade diminui, à medida que se aumenta a geração em consideração (RAMALHO et al., 1993). Esses alelos normalmente estão dispersos nos indivíduos ou progênies sob avaliação. Selecionando-se os indivíduos não aparentados ou menos aparentados (mais divergentes), com maior número possível de alelos, e intercruzando-os, aumenta-se a frequência dos alelos favoráveis no novo ciclo e, com isso, têm-se maiores chances de encontrar indivíduos com todos os alelos favoráveis. Esse é o fundamento básico da seleção recorrente, que cada vez mais vem sendo considerada a melhor alternativa para obter ganhos em características quantitativas, como a produtividade de grãos (MORAIS, 1995).

Constatada as vantagens de gerar populações sucessivamente melhores e com maior potencial para extração de linhagens, optou-se por adotar a seleção recorrente como base dos Programas de Melhoramento de Arroz. Atualmente, já foram constituídas pela Embrapa Arroz e Feijão oito populações (CG 1, CG 2, CG 3, CNA 6, CNA 7, CNA 8, CNA 9 e CNA 10), para o sistema de terras altas (MORAIS et al., 1997). Todas já foram ou estão sendo submetidas a um

ou mais ciclo de seleção massal, visando características de alta herdabilidade, como resistência a doenças, arquitetura, uniformidade de ciclo e qualidade de grãos. A seleção para maior produtividade de grãos inicia-se apenas a partir do ponto em que a população já pode ser considerada pelo menos satisfatória quanto às outras características de interesse (MORAIS et al., 1995, RANGEL; NEVES, 1997). Duas populações, a CG 3 (ciclo médio) e a CG 1 (ciclo curto), já são avaliadas em Minas Gerais em condições de terras altas e diversas famílias foram selecionadas e estão sendo avançadas pelo Método *Bulk* para extração de linhagens. Paulatinamente, as populações dos programas de seleção recorrente estão substituindo os cruzamentos convencionais como base para extração de linhagens.

O fato de Minas Gerais possuir regime de distribuição de chuvas muito irregular, com frequentes veranicos, sobretudo nos meses de fevereiro e/ou março, geralmente período de maior exigência do arroz em água, faz com que a pesquisa priorize para terras altas o desenvolvimento de novas cultivares cada vez mais precoces. Estas, porém, apresentam maiores chances de escape dos referidos veranicos, reduzindo, assim, os riscos da lavoura. Além do mais, cultivares mais precoces facilitam a rotação de culturas tão em uso hoje em dia, notadamente nas condições irrigadas por aspersão, onde o uso da terra é mais intenso.

Para o sistema irrigado em várzeas, está-se iniciando um programa semelhante ao de terras altas, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão, que já constituiu cinco populações de seleção recorrente (CNA 1, CNA 5, CNA 11, CNA-IRAT 4 e CNA-IRAT P). As instituições parceiras do Estado avaliam anualmente um conjunto de famílias $S_{0,22}$, em que as superiores são selecionadas para avanço de geração até a homozigose, para, então, extrair linhagens mais adaptadas às condições edafoclimáticas de Minas Gerais.

A seleção de linhagens para obtenção de novas cultivares baseia-se em algumas

prioridades. Entre as principais, podem-se destacar, para cada sistema de cultivo, as seguintes:

- a) terras altas tradicional:
- tolerância a déficit hídrico;
 - ciclo curto;
 - resistência à brusone, escaldadura e mancha-de-grãos;
 - porte médio;
 - tolerância ao acamamento;
 - tolerância à toxidez de alumínio;
 - grãos longo-fino (agulhinha);
 - boa qualidade culinária;
 - adaptação ao plantio direto;
- b) terras altas com irrigação suplementar:
- precocidade;
 - porte baixo/intermediário;
 - resistência ao acamamento;
 - resistência às doenças;
 - alto vigor inicial das plantas;
 - responsivas à melhoria de ambiente;
 - grão agulhinha e de boa qualidade;
 - alto potencial produtivo;
- c) irrigado por inundação contínua:
- tolerância à toxidez de ferro e manganês;
 - resistência ao acamamento;
 - resistência às principais enfermidades;
 - perfilhadoras;
 - boa qualidade de grãos;
 - alto potencial genético para produção de grãos;
- d) várzea úmida:
- alto vigor inicial das plantas;
 - tolerância à toxidez de ferro e manganês;
 - resistência ao acamamento;
 - resistência às principais enfermidades;
 - alto potencial genético para produção de grãos;
 - grão agulhinha e de boa qualidade.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2003. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2003. 544p.
- CUTRIM, V. dos A. **Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado**. 1994. 92f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- DE DATTA, S.K. **Principles and practices of rice production**. New York: John Wiley, 1981. 618p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Programa Nacional de Avaliação de Linhagens de Arroz**. Goiânia, 1994. 19p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 41).
- EPAMIG. **Melhoramento genético do arroz de sequeiro tradicional e irrigado por aspersão**. Belo Horizonte, 1993. Projeto de pesquisa apresentado à EMBRAPA-CNPAP e à FAPEMIG em 1993.
- GUIMARÃES, E.P.; MORAIS, O.P. Upland rice released in Brazil. **International Rice Research Newsletter**, Philippines, v.12, n.5, p.4, Out. 1987.
- _____; SANT'ANA, E.P.; RANGEL, P.H.N. **EMBRAPA e parceiros lançam 85 cultivares de arroz em 15 anos de pesquisa**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1997. Não paginado. (EMBRAPA-CNPAP. Pesquisa em Foco, 4).
- IKEHASHI, H.; FUJIMAKI, H. Modified bulk population method for rice breeding. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Inovative approaches to rice breeding**. Los Baños: IRRI, 1980. p.163-182.
- JENNINGS, P.R.; COFFMAN, W.R.; KAUFFMAN, H.E. **Mejoramiento de arroz**. Cali: CIAT, 1981. 233p.
- MORAIS, O.P. de. Fatores ecofisiológicos e genéticos que afetam o melhoramento do arroz para maior rendimento. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. v.1, p.83-91. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 60).
- _____; CASTRO, E. da M. de; SANT'ANA, E.P. Seleção recorrente em arroz de sequeiro em Brasil. In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE SELEÇÃO RECORRENTE EM ARROZ, 1., 1995, Goiânia. **Anais...** [s.l.]: EMBRAPA-CNPAP/CIAT/CIRAD, 1995. p.166-195.
- _____; _____. Selección recurrente en arroz de secano en Brasil. In: GUIMARÃES, E.P. **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p.99-115. (CIAT. Publicacion, 267).
- _____. RANGEL, P.H.N. Melhoramento de arroz no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1997. p.147-166.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.
- RANGEL, P.H.N.; NEVES, P.C.F. Selección recurrente aplicada al arroz de riego en Brasil. In: GUIMARÃES, E.P. **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p.79-97. (CIAT. Publicacion, 267).
- SANTOS, P.G.; SOARES, P.C.; SOARES, A.A.; MORAIS, O.P. de; CORNÉLIO, V.M. de O. Avaliação do progresso genético obtido em 22 anos no melhoramento do arroz irrigado em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1889-1896, out. 1999.
- SOARES, A.A.; SANTOS, P.G.; MORAIS, O.P. de; SOARES, P.C.; REIS, M. de S.; SOUSA, M.A. de. Progresso genético obtido pelo melhoramento do arroz de sequeiro em 21 anos de pesquisa em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.415-424, mar. 1999.
- SOARES, P.C.; SOARES, A.A. Cultivares de arroz recomendadas para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.114, p.6-13, jun. 1984.
- SWAMINATHAN, M.S. Rice. **Scientific American**, Madison, v.250, n.1, p.63-71, Jan. 1984.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269p.