

INFORME AGROPECUARIO

v. 39, n. 301, 2018 ISSN 0100-3364

EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Governo de Minas Gerais

Arroz: do campo à mesa



INFORME AGROPECUARIO



INFORME AGROPECUARIO

PUBLICIDADES

INFORME AGROPECUARIO

Tecnologias para o Agronegócio

INFORME AGROPECUARIO



INFORME AGROPECUARIO

Assinatura e vendas avulsas
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002
www.informeagropecuario.com.br





Apresentação

O arroz é, depois do trigo e do milho, o principal alimento da humanidade. É extensivamente cultivado no mundo, especialmente nos países asiáticos, onde se concentram os principais produtores e consumidores deste cereal. O Brasil é o principal produtor de arroz, fora os países asiáticos, e mantém um consumo elevado desse cereal.

A hegemonia na produção de arroz no Brasil fica com o Rio Grande do Sul que fornece cerca de 60%-65% da produção nacional. Minas Gerais já situou entre os três principais Estados produtores desse cereal, nas décadas de 1960 a 1980. Hoje constitui o segundo Estado maior produtor de arroz do Sudeste, perdendo apenas para São Paulo, mas com volumes baixos de produção.

Contrapondo a esta tendência de declínio e pela importância deste cereal na alimentação da população brasileira, a EPAMIG disponibiliza aos produtores e técnicos esta edição do Informe Agropecuário sobre os avanços tecnológicos para a cultura do arroz. Fonte de renda e de nutrição, a rizicultura é enfocada em seus aspectos socioeconômicos, alimentares e ambientais, com abordagem de temas como recursos genéticos, pré-melhoramento e melhoramento genético, cultivares lançadas, controle integrado de pragas e doenças, qualidade de grãos em arroz, arrozes especiais e tecnologias disponíveis para elevação dos índices de produtividade, melhoria da qualidade do produto colhido, redução de custos de produção e para sustentabilidade ambiental.

Este número do Informe Agropecuário constitui o quinto sobre o agronegócio arroz. A última edição foi publicada em 2004. Nesta, portanto, são apresentadas as tecnologias geradas nos últimos 14 anos pela pesquisa em arroz.

*Plínio César Soares
Moisés de Sousa Reis
Adriano Pereira de Castro*

Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v. 39, n. 301, 2018

Belo Horizonte, MG

Sumário

EDITORIAL	3
ENTREVISTA	4
Conjuntura socioeconômica da cultura do arroz em Minas Gerais e no Brasil <i>Carlos Magri Ferreira e Patrício Mendez del Villar</i>	7
Arroz irrigado nas várzeas de Minas Gerais: antecedentes e perspectivas <i>Moacil Alves de Souza e Plínio César Soares</i>	13
Recursos genéticos e pré-melhoramento em arroz: situação atual e perspectivas <i>Aluana Gonçalves de Abreu e Paulo Hideo Nakano Rangel</i>	18
Melhoramento genético do arroz em Minas Gerais: avanços e perspectivas <i>Flávia Barbosa Silva Botelho, Plínio César Soares, Adriano Pereira de Castro, Paula Pereira Torga, Moisés de Sousa Reis e Cinthia Souza Rodrigues</i>	28
Adaptabilidade e aceitabilidade das cultivares de arroz recomendadas para Minas Gerais, por produtores, industriais e consumidores <i>Plínio César Soares, Antônio Alves Soares, Moisés de Sousa Reis, Vanda Maria de Oliveira Cornélio, Aurinelza Batista Teixeira Condé e Paula Pereira Torga</i>	35
Controle integrado de doenças, pragas e plantas invasoras no arroz <i>Aurinelza Batista Teixeira Condé, Vanda Maria de Oliveira Cornélio, Júlio César de Souza, Fábio Aurélio Dias Martins, Elifas Nunes de Alcântara, Rogério Antônio Silva, Erika Carla da Silveira</i>	47
Tolerância à deficiência hídrica na cultura de arroz de terras altas <i>Cleber Morais Guimarães, Adriano Pereira de Castro, Cláudio Brondani, Alexandre Bryan Heinemann e Luís Fernando Stone</i>	55
Qualidade de grãos de arroz: generalidades e particularidades que influenciam a aceitação do mercado consumidor <i>Priscila Zaczuk Bassinello, Nathan Levien Vanier e Johana Katerine Loaiza de la Pava</i>	67
Biofortificação do arroz: chave para melhorar a qualidade do produto e a saúde da população <i>Fábio Aurélio Dias Martins, Ana Paula Branco Corguinha, Josimar Henrique de Lima Lessa, Paula Godinho Ribeiro e Luiz Roberto Guimarães Guilherme</i>	77
Mercado brasileiro para tipos especiais de arroz: pigmentados, aromáticos e para culinárias japonesa e italiana <i>José Manoel Colombari Filho, José Almeida Pereira e Nathan Levien Vanier</i>	86

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 39	n. 301	p. 1-96	2018
----------------------	----------------	-------	--------	---------	------



© 1977 Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
(EPAMIG)

ISSN 0100-3364
INPI: 006505007

CONSELHO DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Rui da Silva Verneque
Trazilbo José de Paula Júnior
Marcelo Abreu Lanza
Vânia Lúcia Alves Lacerda

COMISSÃO EDITORIAL DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Trazilbo José de Paula Júnior
Marcelo Abreu Lanza
Vânia Lúcia Alves Lacerda

EDITORES TÉCNICOS

Plínio César Soares (EPAMIG Sudeste) e Moisés de Sousa Reis
(EPAMIG Sul)

CONSULTOR TÉCNICO

Marcelo Abreu Lanza

PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

EDITORA-CHEFE

Vânia Lúcia Alves Lacerda

DIVISÃO DE PRODUÇÃO EDITORIAL

Fabriciano Chaves Amaral

REVISÃO LINGUÍSTICA E GRÁFICA

Marlene A. Ribeiro Gomide e Rosely A. R. Battista Pereira

NORMALIZAÇÃO

Fátima Rocha Gomes

PRODUÇÃO E ARTE

Diagramação/formatação: Ângela Batista P. Carvalho,
Fabriciano Chaves Amaral e Maria Alice Vieira

Coordenação de Produção Gráfica

Ângela Batista P. Carvalho

Capa: Ângela Batista P. Carvalho

Foto - Plínio César Soares

Contato - Produção da revista

(31) 3489-5075 - dpit@epamig.br

Impressão: EGL Editores Gráficos Ltda.

Circulação: setembro 2018

AQUISIÇÃO DE EXEMPLARES

Divisão de Negócios Tecnológicos

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União

CEP 31170-495 Belo Horizonte - MG

www.informeagropecuario.com.br; www.epamig.br

(31) 3489-5002 - publicacao@epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

Informe Agropecuário é uma publicação trimestral da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

Caros Leitores,

Com o objetivo de adequar a produção e a circulação da Revista Informe Agropecuário às novas diretrizes de reestruturação das áreas e atribuições vigentes na EPAMIG e buscar melhor atendimento e pontualidade em sua distribuição, a Comissão Editorial de Publicações e Informação Tecnológica decidiu alterar a periodicidade da Revista, de bimestral para trimestral.

Com esta medida, pretende-se que a Revista passe a circular com a periodicidade correta, não havendo atrasos na produção. A adequação iniciará a partir desta edição 301.

Esta alteração na periodicidade não irá prejudicar a circulação da Revista, uma vez que o tempo de produção editorial será adequado para que o volume composto de quatro edições seja concluído dentro do ano.

As atuais assinaturas ou renovações da Revista Informe Agropecuário não serão prejudicadas, pois os assinantes receberão os exemplares contratados.

Esta alteração garantirá melhor atendimento aos leitores e assinantes.

Comissão Editorial

DIFUSÃO INTERINSTITUCIONAL

Dorotéia Resende de Moraes e Maria Lúcia de Melo Silveira
Biblioteca Professor Octávio de Almeida Drumond
(31) 3489-5073 - biblioteca@epamig.br - EPAMIG Sede

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . -
Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .
v.: il.

Bimestral - até 2017, Trimestral - 2018
Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. - v.1, n.1 - (abr.1975).

ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária -
Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na
AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Conselho de Administração

Amarildo José Brumano Kalil

Rui da Silva Verneque

Maurício Antonio Lopes

Antônio Nilson Rocha

Glênio Martins de Lima Mariano

Neivaldo de Lima Virgílio

Maria Lélia Rodriguez Simão

Marco Antonio Viana Leite

Suplentes

Ligia Maria Alves Pereira

Guilherme Henrique de Azevedo Machado

João Ricardo Albanez

Reginério Soares Faria

Conselho Fiscal

Márcio Maia de Castro

Livia Maria Siqueira Fernandes

Amarildo José Brumano Kalil

Suplentes

Júlio César Aguiar Lopes

Marcílio de Sousa Magalhães

Presidência

Diretoria de Operações Técnicas

Trazilbo José de Paula Júnior

Diretoria de Administração e Finanças

Guilherme Henrique de Azevedo Machado

Gabinete da Presidência

Maria Lélia Rodriguez Simão

Assessoria de Assuntos Estratégicos

Beatriz Cordenonsi Lopes

Assessoria de Comunicação

Fernanda Nívea Marques Fabrino

Assessoria de Contratos e Convênios

Eliana Helena Maria Pires

Assessoria de Informática

Gilberto Stoduto de Melo

Assessoria Jurídica

Valdir Mendes Rodrigues Filho

Assessoria de Negócios Agropecuários

Mauro Lúcio de Rezende

Auditoria Interna

Lúcio Rogério Ramos

Departamento de Gestão de Pessoas

Márcio Luiz Mattos dos Santos

Departamento de Informação Tecnológica

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Departamento de Infraestrutura e Logística

Ricardo Alves de Oliveira

Departamento de Inovação, Negócios Tecnológicos e

Suporte Jurídico à Pesquisa

Thales Santos Terra

Departamento de Orçamento e Finanças

Patrícia França Teixeira

Departamento de Pesquisa

Beatriz Cordenonsi Lopes

Departamento de Suprimentos

Mauro Lúcio de Rezende

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Claudio Furtado Soares

Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

EPAMIG Sul

Rogério Antônio Silva e Marcelo Pimenta Freire

EPAMIG Norte

Polyanna Mara de Oliveira e Josimar dos Santos Araújo

EPAMIG Sudeste

Marcelo de Freitas Ribeiro e Adriano de Castro Antônio

EPAMIG Centro-Oeste

Marinalva Woods Pedrosa e Waldênia Almeida Lapa Diniz

EPAMIG Oeste

Daniel Angelucci de Amorim e Irenilda de Almeida

Arroz de qualidade na mesa dos brasileiros

O arroz, especialmente por suas propriedades nutricionais, possibilidades e facilidades de produção em escalas diversas, é uma cultura agrícola com alto potencial alimentar, para combater a fome no mundo, sobretudo nas classes de renda mais baixas. Contribui para a dieta básica de diversas populações, em especial a de países asiáticos. O consumo mundial de arroz beneficiado na safra 2016/2017 alcançou, aproximadamente, 420 milhões de toneladas, cultivados em cerca de 161 milhões de hectares, e os maiores produtores e consumidores são China, Índia e Indonésia.

O Brasil é o nono maior produtor e historicamente tem produzido de 11 a 12 milhões de toneladas de arroz em casca por ano, em área de, aproximadamente, 2,14 milhões de hectares. Atualmente, o Estado com maior destaque na produção de arroz é o Rio Grande do Sul, que, em 2017, respondeu por 70,6% da produção nacional.

Minas Gerais, nos anos de 1990, destacava-se com 7,8% da produção nacional e, em 2017, respondeu por apenas 0,1%, suficiente para atender a 3% do consumo no Estado, o que o torna grande importador de arroz de outras regiões, dentro e fora do País.

O importante papel desse cereal, seja por questão social seja por questão econômica, envolve a segurança alimentar e as atividades econômicas no campo e nas indústrias de beneficiamento, e, por isso, enseja maior apoio a esta cadeia produtiva. Assim, a pesquisa agropecuária, por meio do Programa de Melhoramento Genético do Arroz, tem lançado cultivares mais resistentes às principais pragas e doenças que acometem esse cereal, e adaptadas às diversas condições edafoclimáticas, que, em conjunto com as inovações no manejo, têm contribuído para maior produtividade e lucratividade. Vale ressaltar que a qualidade do arroz brasileiro é um grande diferencial, que, aliado à maior competitividade, pode ampliar as exportações.

Esta edição do Informe Agropecuário visa levar aos orizicultores informações técnicas sobre inovações e tecnologias para o setor, visando criar perspectivas para aumentar a produção e abrir novos mercados para o arroz brasileiro.

Presidência da EPAMIG



Qualidade do arroz brasileiro e maior competitividade são fundamentais para conquista de novos mercados



O diretor Comercial do Instituto Rio Grandense do Arroz (Irga), Tiago Sarmento Barata, possui graduação em Agronomia e mestrado em Agronegócios, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É autor de diversas publicações sobre panorama, perspectivas, consumo, produção, competitividade, importação, gestão ambiental, emprego e renda e qualidade do arroz. Participou de vários eventos sobre o mercado de arroz no Brasil e no exterior. Atuou como assistente executivo do Irga e foi professor da Universidade de São Paulo (USP), do curso MBA em Agronegócios.

IA - *Qual o panorama das lavouras de arroz no Brasil e, especificamente, no Rio Grande do Sul? E quais as perspectivas em relação à área de plantio?*

Tiago Sarmento Barata - A produção brasileira de arroz tem apresentado estabilidade nos últimos anos, sendo a redução da área plantada (em especial nas lavouras de arroz de sequeiro, que cedem espaço a culturas mais rentáveis) compensada pelo incremento de produtividade (nas áreas de arroz irrigado). No Rio Grande do Sul, onde se concentram 70% da safra nacional, a produção de arroz vem-se mantendo

do num patamar elevado, graças aos crescentes índices de produtividade. A consolidação desses elevados números de safra não reflete, porém, as dificuldades econômicas pelas quais passa o setor produtivo gaúcho. A condição de descapitalização do setor produtivo tem como consequência a restrição da capacidade de investimento e aporte tecnológico nas lavouras, porém o desenvolvimento de variedades mais produtivas e as condições climáticas favoráveis têm garantido a estabilidade produtiva.

IA - *A partir da análise sobre o mercado de arroz, quais as perspectivas*

para o Brasil ganhar espaço no mercado internacional desse cereal?

Tiago Sarmento Barata - Temos um produto de qualidade reconhecida e valorizada mundialmente, mas a ocupação do espaço no mercado internacional de arroz depende da nossa condição competitiva. Essa competitividade é o resultado da interação de três fatores: preço do arroz no mercado doméstico, câmbio e preço de operação dos nossos concorrentes. Hoje, estamos num período favorável para as exportações graças ao câmbio e à valorização do cereal no

mercado externo. Temos que aproveitar essa janela.

IA - *Em sua opinião, a qualidade de grãos dos arrozes brasileiros, especialmente, quanto à cocção, atende bem às exigências do consumidor?*

Tiago Sarmiento Barata - Plenamente. Somos reconhecidos internacionalmente por produzirmos um arroz de qualidade superior. Isso se deve tanto aos materiais (variedades) desenvolvidos pela pesquisa, pelo know how dos nossos produtores, quanto à excelência do setor industrial. O consumidor brasileiro é extremamente exigente quanto à qualidade do arroz, e isso faz com que as características relacionadas com a cocção estejam sempre na mira da pesquisa.

IA - *O aumento na produtividade da lavoura orizícola gaúcha e brasileira, nas últimas décadas, ocorreu em consequência de quais fatores? Qual a contribuição da pesquisa com o lançamento de cultivares melhoradas mais produtivas e o manejo da cultura?*

Tiago Sarmiento Barata - Sem dúvida alguma, o incremento de produtividade da lavoura orizícola deve-se ao desenvolvimento tecnológico e ao aprimoramento das práticas de manejo. Inclusive, a ação conjunta desses dois fatores vem sendo suficiente para mascarar ou anular a sistemática descapitalização do produtor com a consequente redução na capacidade de aporte tecnológico na lavoura.

IA - *Arrozes especiais no Brasil, como os apropriados às culinárias japonesas e italianas, têm futuro no País? Os nossos produtores podem apostar nesse nicho de mercado?*

Tiago Sarmiento Barata - A diversificação da produção orizícola é uma tendência sim. Demandada pelo consumidor, a disponibilidade de arrozes especiais ainda é limitada e deve ser vista como uma oportunidade de mercado. Devemos incrementar o desenvolvimento de tecnologia para atender esse nicho de mercado. Vejo, inclusive, que temos que pensar no futuro do nosso mercado de exportação. A qualquer momento, grandes consumidores do Sudeste Asiático baterão na nossa porta para comprar arroz, daí teremos que ter o arroz que eles consomem, diferente do que estamos hoje produzindo.

“
O consumidor brasileiro é extremamente exigente quanto à qualidade do arroz, e isso faz com que as características relacionadas com a cocção estejam sempre na mira da pesquisa.
”

IA - *Quais as principais ferramentas que os nossos orizicultores têm usado para controlar o arroz vermelho, um dos principais problemas no manejo da lavoura orizícola?*

Tiago Sarmiento Barata - Entendo que um dos principais problemas no manejo da lavoura de arroz esteja

na resistência das plantas invasoras. E isso se dá pela falta ou equivocada assistência técnica aos produtores. Temos ferramentas de primeira linha para a realização do manejo, mas precisamos saber usá-las para garantir a sua eficácia e longevidade. Precisamos usar mais a agronomia, ou seja, que as práticas de manejo a ser adotadas sejam realizadas de acordo com uma avaliação técnica, considerando as particularidades da área. Atualmente, é comum que muitos produtores adotem práticas de manejo por recomendações genéricas de empresas de insumos.

IA - *A população mundial tem demandado cada vez mais alimentos, notadamente, cereais como arroz, trigo e milho. Como o senhor avalia a crescente escassez de água no mundo e qual o comprometimento na oferta desses alimentos?*

Tiago Sarmiento Barata - De fato, vejo a escassez de água em condições adequadas ao cultivo como o principal fator limitante à expansão da produção mundial de alimentos. Em especial nos países do Sudeste Asiático, que são os catalisadores da demanda por alimentos. O que é visto como ameaça à segurança alimentar mundial, pode ser também visto como uma excelente oportunidade para o produtor brasileiro. Estamos numa das raras regiões do Planeta que têm condições de expandir horizontalmente a produção, temos água, tecnologia, know how, não temos vulcão, nem movimentos sísmicos. Temos que aproveitar essas vantagens, pois num ambiente de restrição, podemos ampliar o mercado internacional para o arroz brasileiro.

■ Por Vânia Lacerda

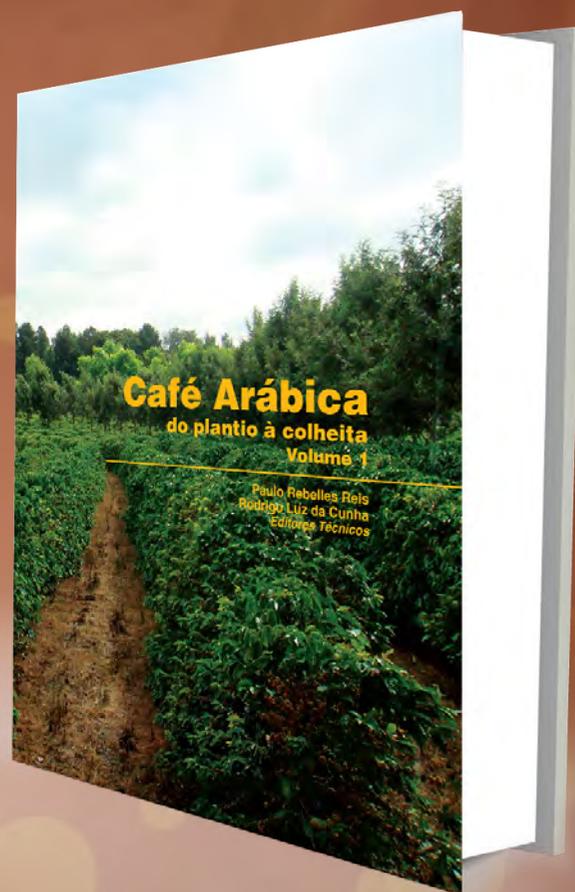


Café Arábica do plantio à colheita

Pesquisa e tecnologia ao alcance de todos!

O livro **Café Arábica do plantio à colheita** constitui um marco na pesquisa agropecuária mineira ao abordar todas as fases da produção de café, da semente à colheita, incluindo a história do café no Brasil. O livro traz temas importantes no manejo da cultura, visando o cultivo racional por meio de tecnologias disponíveis que possibilitam uma produtividade com qualidade e sustentabilidade.

Esta é uma publicação que não pode faltar aos cafeicultores, pesquisadores, consultores, técnicos, professores e estudantes de Ciências Agrárias!



www.informeagropecuario.com.br
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002



Conjuntura socioeconômica da cultura do arroz em Minas Gerais e no Brasil

Carlos Magri Ferreira¹, Patrício Mendez del Villar²

Resumo - A produção de arroz no Brasil com foco no estado de Minas Gerais, que já ocupou posição de destaque, atualmente é irrisória diante da demanda da sua população. Graficamente é apresentada a evolução no comportamento da produção de arroz nos municípios mineiros entre 1990 e 2015. Em destaque, informações sobre as indústrias arroseiras instaladas no Estado relativas ao *marketshare* no mercado atacadista, origem da matéria-prima e percepção dos atacadistas sobre a atual situação da demanda. Como o arroz faz parte da tradição e da rica culinária mineira e o Estado apresenta condições de produção e beneficiamento, o desenvolvimento da cadeia produtiva dessa cultura traria benefícios sociais e econômicos.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Orizicultura mineira. Abastecimento. Mercado agrícola.

The socioeconomic context of rice cultivation in Minas Gerais and Brazil

Abstract - The article approaches the production, commercialization and consumption of rice in Brazil with focus on the State of Minas Gerais. This State occupied a featured position in the production of this cereal, but currently Minas Gerais production is of low significance considering the demand from its population. The article shows graphically the evolution and the behavior of rice production in Minas Gerais municipalities from 1990-2015. It contains information on the rice processing industries installed in the State related to the market share in the wholesale market, origin of the raw material, besides the perception of the wholesalers on the current situation of the demand. As rice continues to be part of the tradition and the rich cuisine of Minas Gerais, combined with the fact that the State presents conditions for producing and processing, an eventual development of the rice production chain would bring social and economic benefits.

Keywords: *Oryza sativa*. Minas Gerais rice production. Rice supply. Agricultural market.

INTRODUÇÃO

Tratar do arroz no Brasil é mais do que abordar atividades desenvolvidas nas dimensões econômicas, agrônomicas e comerciais ao longo da cadeia produtiva. Os aspectos sociais e culturais são igualmente relevantes. O arroz é produzido e consumido em todo o território nacional e, juntamente com o feijão, é um dos alimentos básicos dos brasileiros. Apesar dessas características, às vezes, o arroz é colocado em segundo plano pelos empreendedores do pujante agronegócio.

A proposta com este artigo é tratar de diversos aspectos, para que o arroz chegue aos pratos dos mineiros, com o objetivo de

suscitar reflexões nos distintos atores da cadeia produtiva, inclusive os que fazem políticas públicas e os empresários rurais e não rurais, sobre as oportunidades de investir na orizicultura de Minas Gerais.

PRODUÇÃO E PANORAMA DO MERCADO BRASILEIRO DE ARROZ

Apesar de todos os aspectos, econômicos, sociais e nutricionais do arroz, nos últimos tempos tem sido divulgado que a tradição e o prato símbolo do País estão ameaçados. De acordo com Wander e Chaves (2011), no período de 1990 a 2010

ocorreu uma queda de 8% no consumo aparente per capita anual de arroz no Brasil. Para a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 2002-2003 (IBGE, 2004), a aquisição média anual per capita nas famílias brasileiras, no período de julho de 2002 a junho de 2003, era de 24,5 kg. O resultado de pesquisa semelhante realizada em 2008-2009 (IBGE, 2011) constatou redução para 14,6 kg/ano. Por outro lado, sabe-se que o consumo per capita de arroz varia de Estado para Estado. Minas Gerais apresenta consumo maior que vários Estados.

Independentemente dos valores citados nos estudos que apontaram declínio

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Analista EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, carlos.magri@embrapa.br

²Economista, Ph.D., Pesq. CIRAD - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, patricio.mendez@cirad.fr



do consumo, pode-se afirmar que o arroz continua fazendo parte do hábito alimentar cotidiano dos brasileiros. No entanto, nas últimas décadas ocorreu uma mudança na matriz de produção desse alimento no Brasil. Regiões que se destacavam na produção perderam importância. Um caso emblemático é o estado de Minas Gerais que, nos anos 1990, produziu 7,8% da produção nacional e, em 2017, respondeu somente por 0,1% (Gráfico 1).

Atualmente, o grande destaque na produção de arroz no Brasil é o Rio Grande do Sul. Em 2017, respondeu por 70,6% da produção nacional (IBGE, 2017a). Nesse Estado cultiva-se arroz irrigado usando sistemas de produção convencional, cultivo mínimo, plantio direto, pré-germinado e por transplante de mudas. A produção de arroz em outros Estados exerce ainda importante papel, seja pela questão social seja pela econômica, pois envolve a segurança alimentar e as atividades econômicas no campo e nas indústrias de beneficiamento.

Santa Catarina é o segundo maior produtor. Cultiva arroz irrigado em sistemas convencionais, cultivo mínimo, plantio direto e, principalmente, pré-germinado. No Tocantins, cultiva-se arroz de terras altas e irrigado por inundação em várzeas sistematizadas. Esse Estado possui potencial para aumentar sua produção, principalmente nas áreas irrigadas e melhorar a qualidade dos grãos. Isto vem ocorrendo de maneira gradativa. Fragoso et al. (2013) relatam que em 2012 as indústrias arroseiras tocantinenses estimavam que apenas 35% do arroz produzido no Estado era de boa qualidade, situação que, segundo o Sindicato dos Beneficiadores de Arroz do Tocantins (Sindiato), tem-se modificado para favorável.

No Maranhão, cultiva-se arroz de terras altas e irrigado. O sistema de terras altas pode ser dividido em não mecanizado e mecanizado. No primeiro caso, denominado sistema de roça em toco, faz-se a derrubada da vegetação, queima e, depois do cultivo do arroz, deixa-se a área em pousio por alguns anos. No segundo caso, o

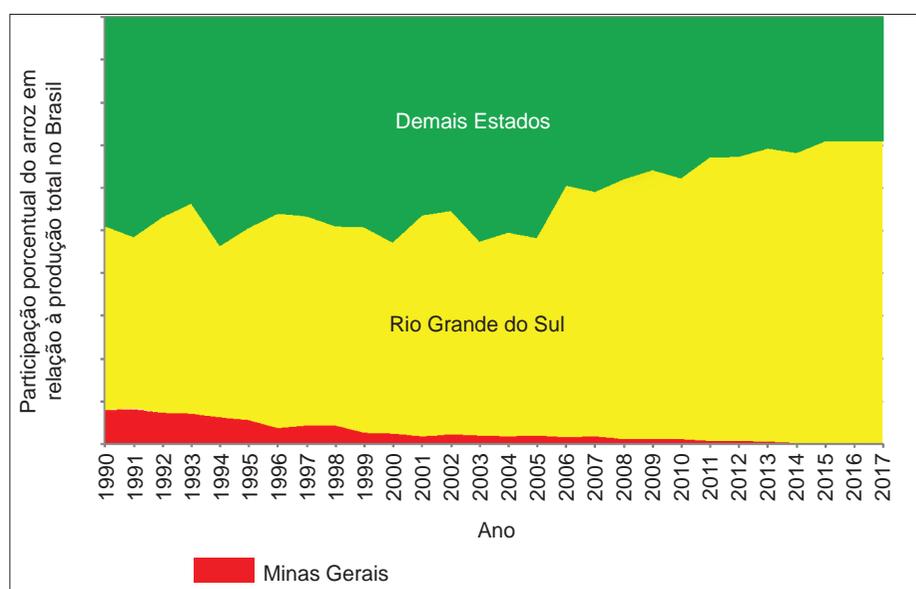


Gráfico 1 - Participação porcentual de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e demais Estados brasileiros, na produção de arroz no Brasil, no período 1990-2017

Fonte: Adaptado de IBGE (2017ab).

arroz de terras altas ocorre principalmente na região de Balsas, no sul do Estado. O arroz irrigado, por sua vez, é cultivado em vazante sem controle da lâmina d'água.

Na região do Baixo São Francisco, em Alagoas, cultiva-se arroz irrigado com e sem controle de água, aproveitando o movimento das águas dos rios. Em Goiás, cultivam-se arroz de terras altas, em várias regiões do Estado; arroz irrigado em várzeas sistematizadas (município de Luís Alves); e arroz irrigado em tabuleiros sistematizados (município de Flores de Goiás). Em Mato Grosso, cultiva-se arroz de terras altas em cinco situações: abertura de áreas, rotação com outros grãos no Sistema Plantio Direto (SPD), em renovação de pastagem, em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e em safrinha.

Desde meados dos anos 2000, o Brasil voltou a ser autossuficiente. Participa do mercado internacional como importador e exportador. Importa principalmente da Argentina, Uruguai e Paraguai (Tabela 1). A orizicultura brasileira tende a se consolidar no mercado internacional pela qualidade dos grãos aceitos em diversos destinos. Em 2016, o Brasil exportou para mais de 60 países, destacando Senegal, Serra Leoa, Cuba, Gâmbia e Peru (IRGA, 2018).

Tabela 1 - Exportações e importações brasileiras de arroz em mil toneladas

Ano	Exportação	Importação
2011	2.090	825
2012	1.455	1.068
2013	1.211	966
2014	1.188	807
2015	1.362	503
2016	893	1.187
2017	1.064	1.042

Fonte: CONAB (2018).

PRODUÇÃO E PANORAMA DO MERCADO DO ARROZ EM MINAS GERAIS

Em 1990, Minas Gerais tinha cinco municípios que produziam acima de 10 mil toneladas de arroz (Fig. 1); em 2015 nenhum município atingiu essa marca (Fig. 2). Por outro lado, em 1990, 135 municípios não produziram arroz, aumentando para 589 municípios, em 2015. Observam-se, na Tabela 2, os resultados referentes a outras faixas de produção. Em suma, nesse período a produção mineira de arroz sofreu redução de 96%, passando de 580.149 para 24.568 mil toneladas.

A área cultivada no período de 1990 a 2015, em Minas Gerais, apresenta taxa

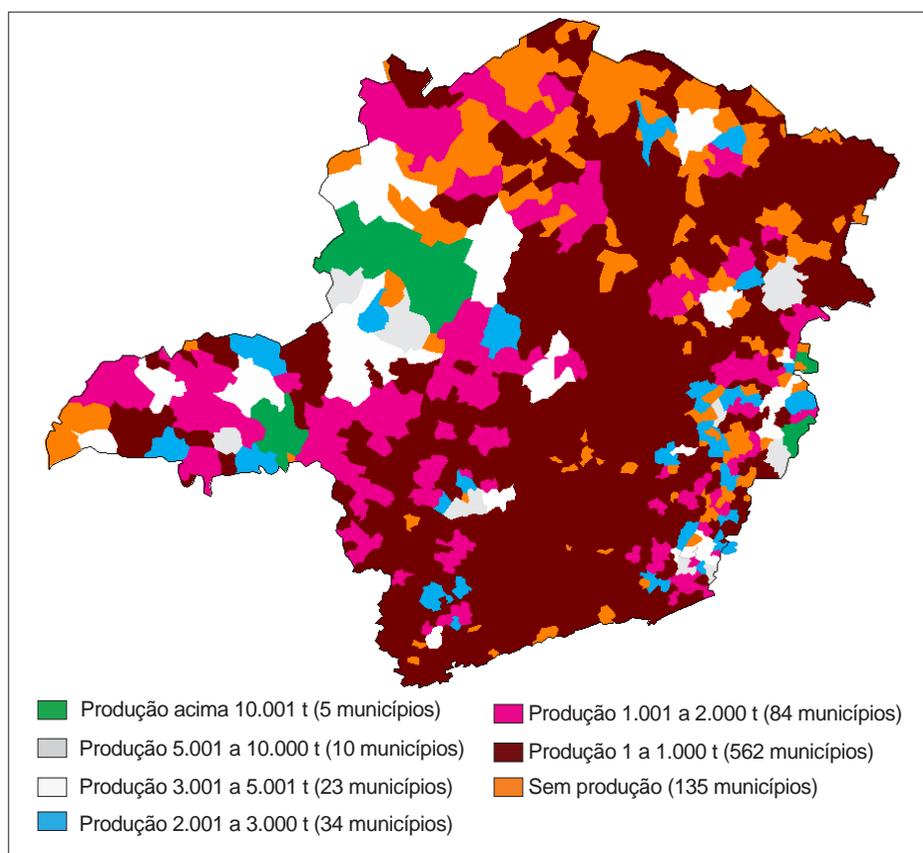


Figura 1 - Faixas de quantidade produzida de arroz nos municípios mineiros em 1990

Fonte: IBGE (2017b).

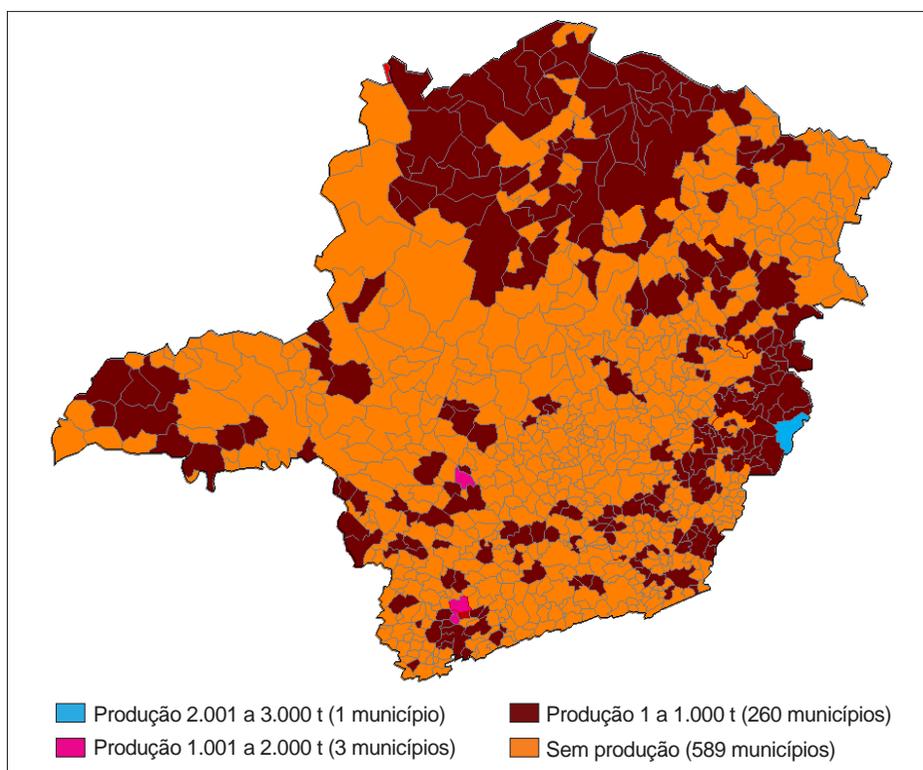


Figura 2 - Faixas de quantidade produzida de arroz nos municípios mineiros em 2015

Fonte: IBGE (2017b).

de crescimento negativa para a mandioca, feijão, milho e arroz, e positiva para cana-de-açúcar e soja. Sendo que a taxa de crescimento da cana-de-açúcar foi inferior àquela que ocorreu no resto do País, e a da soja maior do que a taxa do resto do País (Gráfico 2). Esses dados indicam que no período em questão, a economia em Minas Gerais não optou em investir na produção agrícola de produtos da cesta básica.

O arroz de terras altas, antigo arroz de sequeiro, apresenta história singular, até meados da década de 1970 sua produção era maior do que a do arroz irrigado, com grãos longos, alto nível de aceitação pelos consumidores. A partir dessa década ocorreu uma mudança de preferência pelo grão longo-fino, produzido na época somente no Sul do País (FERREIRA et al., 2015). Com a perda de competitividade no mercado, o cultivo do arroz de terras altas passou a ter importância na abertura de fronteiras agrícolas. Situação que começou a mudar após lançamentos de cultivares com grãos longo-finos, no final da década de 1990.

Ferreira e Moraes (2017) destacam a habilidade e a perspicácia dos orizicultores das regiões produtoras de arroz irrigado para conquistar o mercado, com busca de inovações, dentro e fora do País, priorizando novas cultivares para substituírem as antigas, que eram produtivas, porém, sem qualidade de grãos. Melhorias nas práticas agrícolas e processos eficientes de transferência de tecnologia resultaram em ganhos de produtividade e qualidade de grãos.

Para Ferreira e Moraes (2017) três pontos devem ser observados para que o arroz de terras altas aumente sua participação na produção nacional:

- sistemas de produção capazes de produzir grãos com qualidade e preço em condições de competir com o arroz irrigado;
- cultivo do arroz integrado em sistemas agrícolas de outras commodities;
- capacitação de consultores técnicos.

Para esses autores a superação desses óbices criará um ambiente estimulador, para que produtores, empresas de beneficiamento, de armazenamento e de secagem invistam.

Tabela 2 - Número e percentual dos municípios em Minas Gerais por faixa de produção de arroz em casca nos anos de 1990 e 2015

Produção de arroz (mil toneladas)	Nº de municípios em 1990	Participação (%) em relação ao número total de municípios no Estado	Nº de municípios em 2015	Participação (%) em relação ao número total de municípios no Estado
Acima 10.000	5	0,6	0	0,0
5.000 a 10.000	10	1,2	0	0,0
3.000 a 5.000	23	2,7	0	0,0
2.000 a 3.000	34	4,0	1	0,1
1.000 a 2.000	84	9,8	3	0,4
1 a 1.000	562	65,9	260	30,5
Sem produção	135	15,8	589	69,1

Fonte: Adaptado de IBGE (2017b).

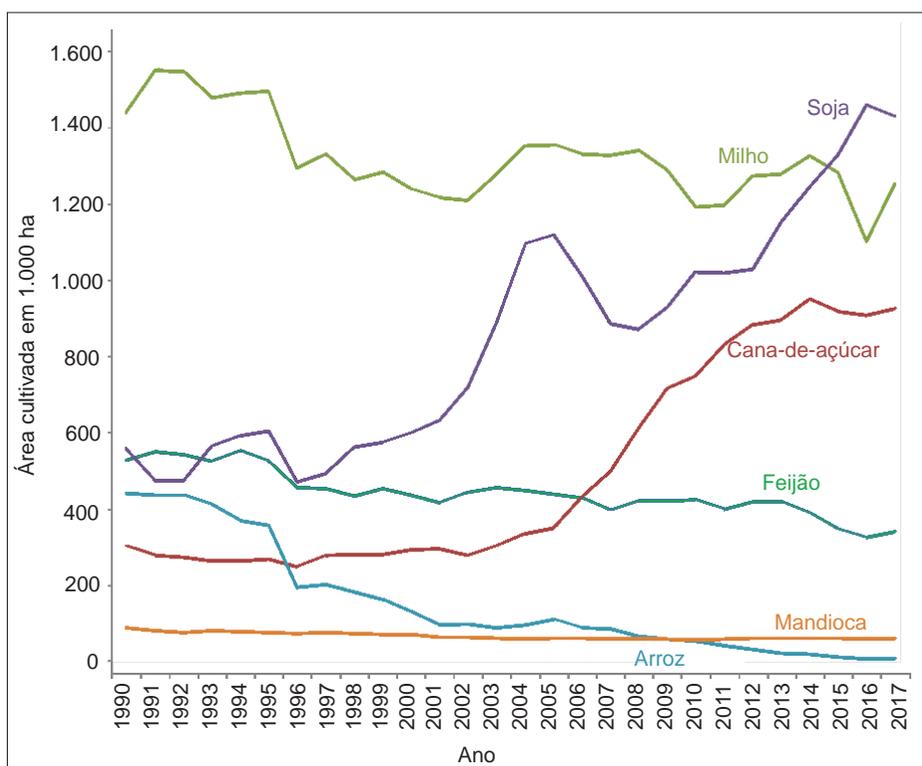


Gráfico 2 - Evolução da área cultivada em Minas Gerais com mandioca, feijão, milho, arroz, cana-de-açúcar e soja, no período 1990-2017

Fonte: Adaptado de IBGE (2017ab).

A partir do momento em que o País passou a exportar arroz, a expectativa era de que os sistemas de produção irrigada e de terras altas se tornassem fortemente complementares. O arroz irrigado exportado seria compensado no mercado interno pelo arroz de terras altas. Mas este cenário não se concretizou de maneira correspondente à expectativa. Minas Gerais é um exemplo dessa afirmativa, mas a maior frustração ocorreu com Mato Grosso, que apresentava forte

tendência de crescimento e, a partir de 2000, passou por uma forte redução de produção. Em Minas Gerais, a área cultivada em 2017 foi 77 vezes menor do que a área cultivada em 1990. Como consequência, o Estado tornou-se grande importador de arroz de outras regiões produtoras dentro e fora do País.

Segundo IBGE (2017a), em 2017 Minas Gerais produziu 15.250 mil toneladas de arroz em casca. Para o mesmo ano a estimativa do IBGE (2017c) é a de que a população

mineira seja de 21.144,3 milhões. Na hipótese de que os mineiros tenham consumo médio semelhante ao consumo brasileiro amplamente divulgado e considerado de 43 kg/habitante/ano de arroz polido, a produção de 2017 seria suficiente para atender à demanda por arroz em Minas Gerais somente por quatro dias. O déficit estimado para os 361 dias restantes seria de 898 mil toneladas ou 74,8 mil toneladas por mês.

O Sindicato da Indústria do Arroz no Estado de Minas Gerais (Sindarroz-MG) possui 38 indústrias associadas, localizadas no Triângulo Mineiro, Sul de Minas, Centro-Oeste e Belo Horizonte. Essas indústrias detêm 35% do mercado estadual. Considerando que, para suprir a falta de matéria-prima, importam, em média, 30 mil toneladas por mês de arroz do Mercosul. O restante do mercado interno é abastecido com produto vindo principalmente do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Mato Grosso e Tocantins.

Mato Grosso pode-se tornar um importante parceiro nessas relações comerciais com Minas Gerais, haja vista que estudo realizado por Chaves et al. (2015), visando analisar a participação de marcas de arroz no mercado varejista do Mato Grosso, verificou que 87% do espaço ocupado nas gôndolas era ocupado por marcas locais (envasadas no Estado). De acordo com o presidente do Sindicato Estadual das Indústrias de Arroz no Estado de Mato Grosso (Sindarroz-MT), atualmente, a participação do arroz produzido em Mato Grosso não é maior no mercado mineiro por questões tributárias.



Não se encontram estudos e levantamentos atualizados sobre o consumo do arroz no Brasil. Prevalcem as estatísticas antigas indicando redução de consumo. No entanto, recentemente surgiram informações com conteúdo exaltando pontos positivos do consumo do arroz. Por exemplo, Peres (2017), ao consultar donos e gerentes de supermercados de Minas Gerais, diagnosticou que no ano de 2017 o consumo de arroz cresceu no Estado, que os consumidores estão reduzindo a compra de enlatados e comidas prontas e voltando a fazer mais refeições em casa. Outros dados são maior interesse pelo arroz integral e redução de aquisição de arroz parboilizado. Infelizmente, não foi objeto da pesquisa, levantar as causas dessas mudanças.

Os empresários dos supermercados em Minas Gerais ressaltam dois pontos interessantes, que o arroz e o feijão têm participação significativa nos negócios, contrariando o que comumente se diz, que esses produtos são apenas chamariz para vender outros produtos. Outro ponto que chama a atenção é que muitos empresários divulgam o arroz, aproveitando sua versatilidade. Incentiva seu consumo além da forma convencional de preparo, divulgando receitas de pratos de arroz elaborados por chefs de grandes restaurantes, além de estimular o consumo do arroz integral e de grãos especiais, como o arbóreo, orgânico, preto, vermelho, aromático.

Para Henriques et al. (2012), as transformações ocorridas no cotidiano de vida e de trabalho interferiram no comportamento da população brasileira, quanto às práticas alimentares. Ocorreu aumento de refeições fora do domicílio, a busca de praticidade e economia de tempo de preparo das refeições. Na prática, resultou no aumento do consumo de produtos ultra-processados, semiprontos, de alto valor energético, ricos em açúcar, sódio e gorduras.

Para o IBGE (2014), o padrão alimentar estabelecido contribui para o agravamento de diversos problemas de saúde pública que a população brasileira tem enfrentado. De acordo com Brasil (2014), doen-

ças como hipertensão arterial, diabetes mellitus tipo 2 e obesidade tornaram-se problemas de saúde pública, inclusive em crianças e adolescentes.

Um contramovimento a esse padrão de alimentação pode ser observado no crescente número de pessoas, que por diversos motivos, seja de saúde, estilo de vida ou simplesmente visando bons hábitos alimentares, estão valorizando alimentos in natura, principalmente verduras, frutas e alimentos nutricionalmente importantes. O arroz possui propriedades funcionais e nutricionais que o coloca como uma opção desses consumidores. Esse contexto abriu um espaço favorável para o arroz, pois seu preço permite acesso por todas as classes de renda, enquanto muitos alimentos utilizados em dietas alternativas possuem custos mais elevados.

A retomada da produção do arroz em Minas Gerais é amplamente possível, tanto no aspecto tecnológico, quanto no climático e no de solos. Evidentemente, o que falta é associar os resultados de pesquisa de manejo e novas cultivares lançadas para estabelecer sistemas de produção capazes de competir, em qualidade e preço, com o arroz produzido no Sul do País e com as commodities produzidas em Minas Gerais, principalmente a soja. Além da adequação da infraestrutura disponível para armazenamento e secagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cadeia produtiva do arroz no Brasil apresenta uma situação bem definida, onde o Rio Grande do Sul produz 70% da produção brasileira. A orizicultura brasileira produz quantidade suficiente para garantir o autoabastecimento. Por isso o País tem tido uma participação constante no mercado internacional, mas sem definição concisa do caminho que vai seguir, pois a quantidade exportada varia a cada ano, oscilando também os países destinatários. Por outro lado, por questões comerciais e de competitividade, importa arroz, principalmente da Argentina, Uruguai e Paraguai.

A maioria dos Estados brasileiros necessita de arroz produzido em outras

regiões para abastecer a demanda da população. Minas Gerais enquadra-se nessa situação, deixando de ser um importante produtor desse cereal, para se transformar num Estado altamente deficitário.

Diante da importância do arroz na alimentação e da tradição do consumo dos mineiros, há demanda em níveis significativos no mercado atacadista. A junção dos fatores apresentados conjecturam oportunidades para empresas mineiras e de outros Estados comercializarem arroz no mercado varejista de Minas Gerais. A retomada e o incremento da cadeia produtiva do arroz no Estado poderão incrementar sua economia. Destacam-se como pontos favoráveis o amplo, moderno e ativo parque industrial arroteiro e as condições de solo e de clima propícias para a produção desse alimento.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2.ed. Brasília, 2014. 152p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.
- CHAVES, M.O. et al. Pesquisa de participação das marcas de arroz comercializadas em Mato Grosso: uma análise indicativa de mudança na cadeia produtiva do arroz. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.45, n.1, p.20-34, jan./fev. 2015.
- CONAB. **Quadro de oferta e demanda**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/oferta/oferta-dashboard>>. Acesso em: 12 jul. 2018.
- FERREIRA, C.M.; MORAIS, O.P. de. Formação da matriz produtiva do arroz no Brasil. **Planeta Arroz**, Cachoeira do Sul, v.17, n.61, p.18-19, fev. 2017.
- FERREIRA, C.M. et al. **O passado e o futuro da cadeia produtiva do arroz em Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 116p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 308).
- FRAGOSO, D.B. et al. **Caracterização e diagnóstico da cadeia produtiva do arroz no estado do Tocantins**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 40p.
- HENRIQUES, P. et al. Regulamentação da propaganda de alimentos infantis como estratégia para a promoção da saúde. **Ciência**



& **Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.17, n.2, p.481-490, fev. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v17n2/a21v17n2.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, 2017a. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=76>>. Acesso em: 20 jun 2017b.

IBGE. **Pesquisa de Orçamento Familiares 2002-2003**: análise da disponibilidade domiciliar de alimentos e do estado nutricional no Brasil. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.abeso.org.br/uploads/downloads/70/553a2408c2702.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

IBGE. **Pesquisa de Orçamento Familiares 2008-2009**: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saúde 2013**: percepção do estado de saúde, estilo de vida e doenças crônicas. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv91110.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2017.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, 2017b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 20 jun 2017.

IBGE. **Projeções e estimativas da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Rio de Janeiro, [2017c]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

IRGA. **Exportações Brasileiras por país**. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <<http://stirga2018-admin.hml.rs.gov.br/upload/arquivos/201805/18161057-exportacoes-4-20180511143310exportacoes-brasileiras-por-pais-2018.pdf>>. Acesso em: 12 jul 2018.

PERES, F. Arroz e feijão: a dupla dinâmica está de volta. **Gôndola**, Belo Horizonte, v.22, n.254, p.42-57, jul. 2017.

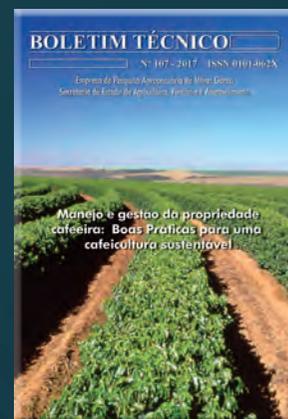
WANDER, A.E.; CHAVES, M.O. Consumo aparente per capita de arroz no Brasil, 1991 a 2010. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., 2011, Balneário Camboriú. **Anais...** Racionalizando recursos e ampliando oportunidades. Itajaí: EPAGRI, 2011. v.1, p.749-752.

Manejo e gestão da propriedade cafeeira



Esta edição do Boletim Técnico reúne, de forma simples e direta, orientações e recomendações a ser verificadas pelo cafeicultor em todas as etapas de produção.

A implementação das Boas Práticas de Manejo (BPM) e a gestão da propriedade de forma sustentável garantem a produção de café de qualidade e o sucesso da atividade.



Assinatura e vendas avulsas

www.informeagropecuario.com.br

publicacao@epamig.br

(31) 3489-5002



Arroz irrigado nas várzeas de Minas Gerais: antecedentes e perspectivas

Moacil Alves de Souza¹, Plínio César Soares²

Resumo - Minas Gerais deixou de ser um dos grandes produtores de arroz do País. Atualmente, o Estado produz apenas 15,2 mil toneladas, suficientes para atender a 3% do seu consumo, sendo o restante abastecido pelo arroz produzido no Rio Grande do Sul. As condições edafoclimáticas de Minas não apresentam qualquer limitante para o cultivo dessa cultura, apesar de a logística de infraestrutura de maquinários adaptados ao cultivo do arroz irrigado em várzeas mineiras não ser disponível e apropriada para esse sistema. Associa-se a esses fatores limitantes a falta de tradição da maioria dos agricultores, fator que constitui o principal empecilho para a adoção e expansão do arroz irrigado em Minas Gerais. Economicamente, é uma atividade que oferece pequena margem de lucro e fica à mercê da competição de outras explorações mais rentáveis.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Arroz de várzea. Arroz irrigado. Produção. Cultivo.

Irrigated rice in lowlands of Minas Gerais: background and perspectives

Abstract - Minas Gerais is no longer one of the country's major rice producers and currently produces only 15.2 thousand tons, enough to supply only 3% of its consumption and the remainder is supplied by rice produced in Rio Grande do Sul. The soil-climatic conditions of the State do not present any limitation for the cultivation of this crop. However, infrastructure logistics for machinery adapted to irrigated rice cultivation is not available and appropriate for this system. These limitations are associated with the lack of tradition of the great majority of farmers, which is the main obstacle to the adoption and expansion of irrigated rice in Minas Gerais. On the economic side, it is an activity that offers a small margin of profit and is at the mercy of competition from other more profitable farms.

Keywords: *Oryza sativa*. Production. Adoption. Cultivation.

INTRODUÇÃO

O arroz é a mais importante fonte de alimento da população humana, pois constitui o alimento básico para o maior número de pessoas, sobretudo para os povos asiáticos. O Brasil é exceção, como grande consumidor de arroz, fora do continente asiático. Estimou-se que em 2017 o consumo médio pelo brasileiro seria de 31,878 kg de arroz beneficiado por ano. Esse consumo está diminuindo, se comparado ao de farinha de trigo, hoje estimado em 41,094 kg/hab./ano.

A despeito de as projeções apontarem para diminuição per capita do consumo de

arroz e aumento do consumo de trigo, ao longo dos próximos anos, o arroz continuará como cereal essencial na dieta alimentar do brasileiro, em todas as regiões do País. Pelo caráter descentralizado do consumo no Brasil, a concentração da produção em apenas uma região onera o produto final para o consumidor, pelos gastos a mais na logística de distribuição para o abastecimento interno. Além de penalizar o consumidor, reduz o poder competitivo do orizicultor brasileiro, sobretudo com os de países vizinhos, como Argentina e Uruguai, caso não sejam impostas barreiras na importação desse cereal.

A produção descentralizada já foi motivo de programas de incentivo do cultivo de arroz próximo a grandes centros consumidores, a fim de otimizar a logística de abastecimento e de armazenamento. Entretanto, a produção de arroz foi gradativamente concentrada em determinadas regiões, ao ponto de 85% de todo arroz produzido no Brasil ter origem no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Estrategicamente, esta situação vulnerabiliza o abastecimento interno.

Pela relevância do arroz na alimentação do brasileiro e pelo que esta cultura já representou no cenário agrícola de Minas Gerais, objetiva-se, com este artigo, res-

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Tit. UFV - Depto. Fitotecnia, Viçosa, MG, moacil@ufv.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista FAPEMIG, Viçosa, MG, plinio@epamig.br



gatar informações do cultivo e fazer inferências dos condicionantes da prevalência da atividade orizícola em Minas Gerais.

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA PRODUÇÃO DO ARROZ EM MINAS GERAIS

O cultivo do arroz em Minas Gerais existe desde os tempos coloniais, pois a introdução dessa cultura no Brasil ocorreu em 1547, trazida pelos portugueses, especificamente na Capitania de São Vicente. A partir do cultivo do arroz e do feijão foi criado o hábito alimentar do brasileiro da combinação desses dois grãos.

O cultivo do arroz passou a ser uma necessidade de produção para a subsistência da população. Com o crescimento populacional, aumentou-se a demanda e, por volta de 1947, a produção de arroz em Minas Gerais atingiu cerca de 540 mil toneladas, numa área de, aproximadamente, 450 mil hectares. Entre os anos de 1965 e 1975 a produção mineira de arroz foi obtida de uma área de 800 a 900 mil hectares (TEIXEIRA; SANINT, 1989). Esta área não especifica o sistema de cultivo do arroz, mas, certamente, predominam áreas cultivadas com arroz de sequeiro e de várzea úmida, sem controle de lâmina d'água. A partir de 1975, a área cultivada com arroz em Minas Gerais reduziu significativamente.

Em levantamento realizado pela Fundação Rural Mineira (Ruralminas) foi constatado que o Estado dispunha de 1,5 milhão de hectares de várzeas irrigáveis. Nessas áreas, devidamente sistematizadas, seria possível o cultivo do arroz irrigado por inundação contínua. Em 1975 foi criado o Programa de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis (Provárzeas). Pelo sucesso inicial desse Programa, ocorreu sua expansão em nível nacional.

Nos primeiros anos de implantação do Provárzeas, a produção mineira de arroz atingiu ganhos significativos, alcançando 635,9 mil toneladas, o que colocou Minas Gerais em destaque no cenário nacional, sendo classificado em 5º lugar entre os Estados maiores produtores.

Conforme se observa no Gráfico 1, foi retomado o crescimento da área cultivada na década de 1970, atingindo o máximo na safra 1988/1989. A partir da safra de 1992/1993 teve início uma queda brusca na área cultivada, chegando a apenas 15,2 mil hectares, em 2016/2017.

A principal causa da redução da área cultivada com arroz em Minas Gerais foi a desistência dos agricultores que utilizavam o arroz de sequeiro como cultura desbravadora, na abertura de novas áreas na região dos Cerrados. Enquanto havia financiamento com incentivos governamentais e, sobretudo,

seguro agrícola – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), o arroz era preferido por ser menos exigente em fertilidade do solo, e a colheita mais facilitada em relação à cultura da soja. Entretanto, o risco de frustração de safra era iminente, em decorrência de estiagens periódicas durante o ciclo da cultura. A ocorrência de veranico na fase em que as plantas se aproximam da floração pode causar perda total da cultura.

À medida que houve redução da área cultivada, ocorreu aumento discreto da produtividade nas lavouras mineiras de arroz (Gráfico 2). Esse aumento decorreu

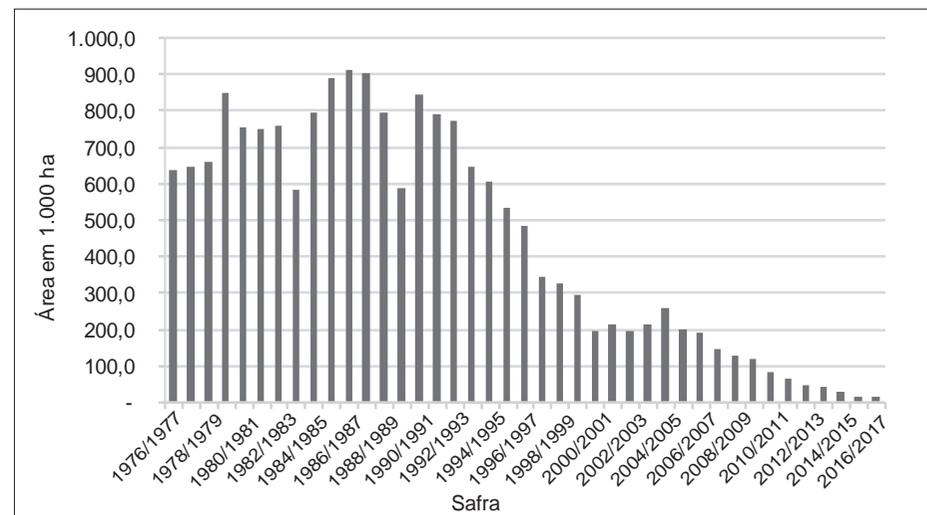


Gráfico 1 - Área cultivada com arroz em Minas Gerais, no período 1976-2017
Fonte: CONAB (2017).

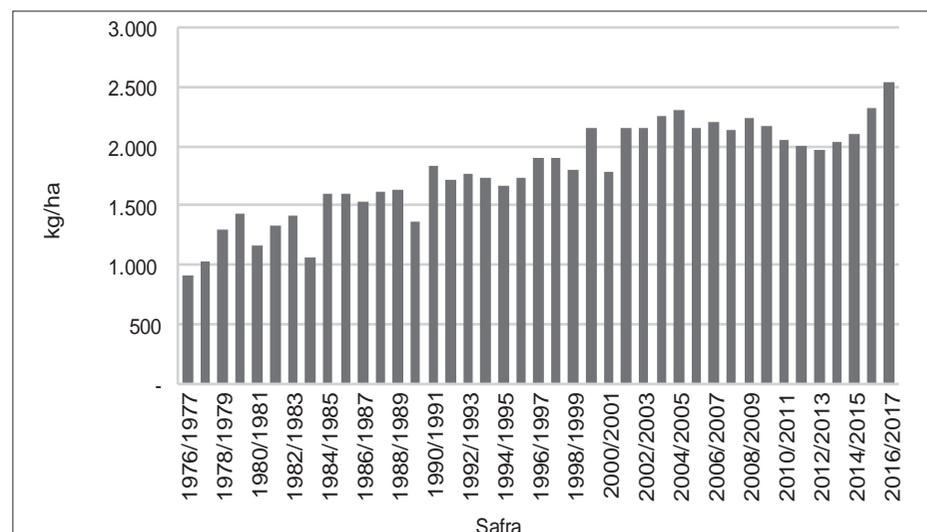


Gráfico 2 - Produtividade do arroz em Minas Gerais, no período 1976-2017
Fonte: CONAB (2017).

da redução da área cultivada em regime de sequeiro. Ainda assim, o que se constata é que a produtividade média não superou 2.500 kg/ha. Em 1987 a área cultivada com arroz irrigado em várzeas foi de 58,1 mil hectares e representou apenas 9,1% da área total de 624,6 mil hectares em todo o Estado. De acordo com Ferreira e Villar (2004), houve drástica redução da área cultivada de arroz irrigado por vários motivos, e o arroz de sequeiro não se sustentou por competição de outras culturas e maior risco de frustração de safra por deficiências hídricas.

Não obstante, o arroz irrigado em várzeas não teve a expansão que se esperava. Em fins da década de 1980 a área de arroz cultivada com irrigação foi de 56,3 mil hectares, safra 1987/1988, e já dava sinais de tendência de queda; a produtividade média nessa safra foi de 3.400 kg/ha (TEIXEIRA; SANINT, 1989). Nesse mesmo ano, a produtividade média do Rio Grande do Sul foi de 4.930 kg/ha, obtida de 808 mil hectares. Enquanto no Sul houve um aumento expressivo da produtividade, que atingiu mais de 7.500 kg/ha nas últimas safras, em Minas Gerais a média não atingiu 5.000 kg/ha nos municípios com produção mais expressiva (Tabela 1). Há de se considerar que na região do Sul de Minas têm-se obtidos rendimentos próximos de 6.000 kg/ha, a exemplo do município de Heliódora que atingiu média de 6.000 kg/ha na safra 2014/2015.

FATORES CONDICIONANTES DA EXPANSÃO DO ARROZ IRRIGADO EM MINAS GERAIS

Clima

Sendo uma das alternativas de cultivo do arroz em que não depende da distribuição de chuvas, o fator climático que pode interferir no bom desempenho da planta de arroz restringe-se apenas à temperatura. Sabe-se que o arroz é exigente em calor e não suporta temperaturas médias inferiores a 20 °C, na maior parte do seu ciclo.

Comparando as condições do clima em Minas Gerais com as do Rio Grande do

Tabela 1 - Principais municípios produtores de arroz na safra 2014/2015, em Minas Gerais

Município	Região de Minas	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)
Aimóirés	Rio Doce	390	5.138
Heliódora	Sul de Minas	300	6.000
Careaçu	Sul de Minas	250	5.000
Mutum	Rio Doce	300	3.700
Arcos	Centro-Oeste	254	4.000
Total		1.494	4.806

Fonte: Minas Gerais (2015).

Sul, em Minas há maior flexibilidade para o desenvolvimento da planta de arroz, pois as temperaturas inadequadas somente ocorrem em fins do mês de maio até início do mês de setembro. Portanto, a temperatura não é restrição para o cultivo do arroz em toda a Região Sudeste.

Solo

Outro fator do ambiente, importante para o desenvolvimento da planta de arroz, refere-se ao solo. Novamente, não há qualquer fator restritivo para o cultivo de arroz irrigado em Minas Gerais. No processo evolutivo, a planta de arroz desenvolveu habilidade para crescer em solos completamente anaeróbicos, após a germinação da semente. Esse ambiente favorece o crescimento da planta, pois a anaerobiose estabelece uma condição redutora e a maioria dos nutrientes essenciais tornam-se mais disponíveis para as plantas. Além disso, há redução da acidez do solo, com tendência para a neutralidade. Em solos com deficiência em determinados nutrientes, é perfeitamente viável a correção via adubação, e com tecnologias já bem definidas pela pesquisa.

Disponibilidade hídrica

O cultivo do arroz irrigado, pelo sistema de submersão do solo, demanda grande quantidade de água. Dependendo do local e da região, o gasto de água pode chegar a 3.000 mm durante o ciclo. Nesse sentido, o fator água não é limitante ao cultivo do arroz em Minas Gerais, pois existem vários cursos d'água, entre grandes rios e riachos,

os quais situam o Estado entre os mais bem servidos por água do País.

Disponibilidade de várzeas irrigáveis

Em levantamentos realizados na década de 1970, Minas Gerais dispunha de 1,5 milhão de hectares de várzeas irrigáveis. Este potencial certamente não é mais disponível em razão de alterações na legislação ambiental que definiu critérios bem mais rigorosos quanto ao uso de áreas de várzeas, caracterizadas como Áreas de Preservação Permanentes (APPs). Os limites impostos pela nova legislação não constitui e tão pouco constituiu restrições para expansão da área de cultivo de arroz irrigado. Apenas reduziu o grande potencial anteriormente levantado.

Fatores bióticos

Além dos fatores abióticos, como qualquer outra cultura, o arroz pode ser afetado por diversas doenças e pragas durante o seu ciclo biológico. Uma das ameaças bióticas é a ocorrência de doenças, dentre as quais se destaca a brusone como a principal que ataca o arroz causando maiores perdas, quando não se tem cultivares tolerantes ou quando não se efetua o controle químico de forma eficiente. As pragas são menos preocupantes, mas precisam ser monitoradas de forma permanente. Comparativamente os problemas oriundos de fatores bióticos não são mais frequentes ou permanentes em relação ao Sul do Brasil, onde concentra o cultivo do arroz em áreas extensas e contínuas.



Disponibilidade tecnológica

Como qualquer empreendimento, a adoção da orizicultura como atividade produtiva depende da disponibilidade de tecnologias adequadas para otimizar a lucratividade. Neste contexto, o arroz é uma das culturas que dispõem de alto grau tecnológico em todo o País. Os agricultores dispõem de pacote completo de técnicas de cultivo, resultantes de pesquisas desenvolvidas em nível regional.

Houve um grande avanço na geração de tecnologias, com destaque para o lançamento de cultivares de alto potencial genético para produtividade de grãos e excelente qualidade culinária, as quais atendem perfeitamente às exigências do consumidor brasileiro. Da mesma forma, todas as técnicas de manejo da cultura estão bem definidas, incluindo fertilização do solo, controle de plantas invasoras, bem como adequação da densidade populacional destas e controle de doenças e pragas. Já por volta de meados da década de 1980 obteve-se produtividade de 12.000 kg/ha no município de Curvelo. Depois disso, mais estudos foram desenvolvidos, o que possibilitou obter rendimentos ainda maiores, visto que o potencial máximo já obtido com a cultura do arroz foi de 18 t/ha.

Lucratividade ou retorno econômico

A atratividade de qualquer empreendimento é dependente do retorno econômico que se espera e da competitividade com alternativas de exploração. Na orizicultura, esta regra também deve ser mantida, sobretudo quando se pretende introduzir ou expandir essa atividade em determinada região.

Nesse aspecto, deve-se considerar como mais relevante o custo de produção desde a concepção do investimento até a fase final de comercialização. Para a atividade em foco, isto é, cultivo do arroz irrigado, há pequenas variações de custeio que dependem da logística de cada agricultor. Na apuração dos custos de produção de arroz irrigado em regiões representativas do Rio Grande do Sul (CONAB, 2016a),

a variação nos valores de custo por saca de 50 kg é de pequena amplitude, dentro dos limites de R\$ 37,65 a R\$ 41,76. Esses custos são estimados levando-se em consideração todos os coeficientes técnicos possíveis de utilização durante todo o ciclo da lavoura, incluindo processos de manejo de pós-colheita e a produtividade esperada.

Ao comparar o custo para produzir uma saca de arroz em casca e o preço praticado nas regiões produtoras, a receita é negativa. Para tornar lucrativo o cultivo do arroz irrigado, há necessidade de dar maior eficiência no manejo da lavoura, reduzir custos variáveis e aumentar a produtividade acima da média de 7.500 kg/ha. Por esta análise, percebe-se que a atividade de cultivo do arroz irrigado nas condições brasileiras não oferece margem de lucro abundante. A permanência do agricultor nessa atividade somente se viabiliza tendo toda logística estruturada e dispondo de áreas extensas, uma vez que o percentual de lucratividade é baixo.

De acordo com dados levantados no Sul do Brasil (CONAB, 2016b), o arroz foi comercializado a preços que variaram de R\$ 40,10 a R\$ 43,95 na safra colhida em 2016. Se estes custos forem mantidos, ou seja, utilização plena de todos os coeficientes técnicos estabelecidos no cálculo do custo de produção, o agricultor necessita produzir acima de 8.100 kg/ha para obter lucro, considerando o custo de R\$ 6.542/ha.

Logística e infraestrutura

A prática de cultivo do arroz irrigado por inundação contínua do solo, em áreas sistematizadas, envolve a utilização de máquinas que, na maioria das vezes, precisam ser adaptadas para realizar as operações da semeadura à colheita. Isto significa que, mesmo o produtor que já dispõe de infraestrutura para cultivos em terras altas, há necessidade de adaptações e implementos específicos. Esse fator é um limitante para a adoção do arroz irrigado em propriedades sem esta tradição.

Outros condicionantes importantes são o escoamento e o processamento do arroz para consumo. Nas regiões tradicionais já

existem estruturas de armazenamento e beneficiamento do arroz para consumo. Em áreas sem essa tradição, a produção deverá ser escoada para centros agroindustriais, os quais não podem estar distantes, pois isso reduz a margem de lucro do agricultor por conta do transporte e da distribuição comercial. É compreensível que a montagem de um parque industrial só se justifica com volume produzido compatível. Se considerar que as áreas cultivadas com arroz irrigado quase sempre são inferiores a 13,5 ha, como é o caso de Santa Catarina (REUNIÃO..., 2014), é necessário organização dos agricultores para otimizar seus ganhos. Nesta situação enquadra-se perfeitamente o estado de Minas Gerais, que, atualmente, não dispõe dessas condições e, portanto, é um fator limitante para a expansão do cultivo do arroz irrigado.

Perfil do agricultor

A adoção de qualquer atividade econômica não tradicional gera certa resistência no cliente. Esse comportamento é perfeitamente compreensível, pois a falta de domínio sobre qualquer tecnologia pode levar a insucessos, com prejuízos financeiros.

Em Minas Gerais houve um ambiente de entusiasmo e otimismo entre os agricultores a partir do início do Provárzeas. Há relatos de altas produtividades no início do Programa. Entretanto, já a partir da segunda safra em várzeas sistematizadas ocorreram perdas em produtividades. O insucesso foi-se agravando, sobretudo para agricultores com áreas superiores a 100 ha. Evidentemente que a capacidade administrativa, dos grandes agricultores, ficou a desejar para uma atividade não totalmente dominada. Quando se observa a produtividade média de arroz no Estado, ao longo das safras, a partir de 1976 até 2016 percebe-se aumento de 150%. Este aumento ocorreu muito mais pela redução da área de sequeiro do que ganhos por causa do sistema irrigado.

Apesar de o Provárzeas ter surgido em Minas Gerais, o grande efeito desse Programa foi observado em Santa Catarina.



Não houve naquele Estado ampliação expressiva da área cultivada, porém o ganho foi de 240% na produtividade média, em uma área cultivada de, aproximadamente, 150 mil hectares. Segundo vários observadores, o sucesso em Santa Catarina deveu-se à tradição dos agricultores e à predominância de áreas cultivadas menores, em torno de 13 ha. De fato esta hipótese confirma-se em Minas Gerais, pois as primeiras desistências de cultivo do arroz irrigado em várzeas ocorreram em áreas superiores a 100 ha. Estes agricultores acumularam prejuízos, em consequência de produtividades baixas.

Era frequente ouvir de pequenos agricultores da Zona da Mata justificativas de não prosseguir no cultivo do arroz irrigado, por se tratar de trabalho insalubre: “ficar dentro d’água por muito tempo dá reumatismo”. Por essas manifestações é notório que a falta de tradição ou vocação constitui um dos fatores mais limitantes para o cultivo do arroz irrigado em Minas Gerais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção atual do arroz irrigado em Minas Gerais atende apenas 3% do consumo no Estado. O restante do arroz consumido é trazido do Rio Grande do Sul que agrega maior custo para o consumidor.

Na década de 1970, o Estado foi autossustentável, todavia houve drástica redução da área cultivada, e Minas Gerais tornou-se grande importador de arroz até os dias atuais.

Ao avaliar a aptidão edafoclimática de Minas Gerais para o cultivo do arroz irrigado, não se vislumbra qualquer fator limitante. Soma-se a isso a boa disponibilidade hídrica, capaz de manter o crescimento da área cultivada com arroz em várzeas.

No aspecto de infraestrutura e logística para cultivar o arroz irrigado, a maioria dos agricultores, sobretudo pequenos proprietários, não dispõe de maquinários e implementos apropriados às áreas alagadas. Essa situação limita a adoção do cultivo do arroz irrigado em pequenas áreas, onde as práticas culturais seriam realizadas de

modo totalmente braçal, com demanda de grande quantidade de mão de obra.

As perspectivas de expansão do cultivo do arroz irrigado por inundação contínua do solo são remotas em Minas Gerais. A maioria dos agricultores mineiros não possui tradição nessa atividade e, a despeito da segurança dessa modalidade de cultivo, não se obtêm êxitos em estratégias de introdução e expansão da área cultivada.

REFERÊNCIAS

CONAB. **Evolução dos custos de produção de arroz no Brasil**. Brasília, 2016a. (CONAB. Compendio de Estudos, 4). Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/2892-compendio-de-estudos-da-conab-v-4-evolucao-dos-custos-de-producao-do-arroz-no-brasil>>. Acesso em: 10 maio 2017.

CONAB. **Perspectivas de diversificação e de investimentos na produção de arroz - trigo - feijão**: estudo preliminar. Brasília, 2016b. (CONAB. Compendio de Estudos, 1). 51p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/2889-compendio-de-estudos-da-conab-v-1-investimentos-na-producao-de-arroz-trigo-e-feijao>>. Acesso em: 10 maio 2017.

FERREIRA, C.M.; VILLAR, P.M. del. Aspectos da produção e do mercado de arroz. **Informe Agropecuário**. Arroz: avanços tecnológicos, Belo Horizonte, v.25, n.222, p.11-18, 2004.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Subsecretaria do Agronegócio. **Arroz**. Belo Horizonte, 2015. 25p.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 30., 2014, Bento Gonçalves. **Anais...** Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Santa Maria: SOSBAI, 2014. 189p.

TEIXEIRA, S.M.; SANINT, L.R. Arroz em Minas Gerais: situação atual e contribuições da pesquisa. **Informe Agropecuário**. Arroz de sequeiro: novas perspectivas para o produto, Belo Horizonte, v.14, n.161, p.5-11, 1989.

WANDER, A.E. A cultura. In: BORÉM, A.; RANGEL, P.H.N. (Ed.). **Arroz**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV, 2015. p.9-26.

MUDAS DE OLIVEIRA

Garantia de procedência, mudas padronizadas, qualidade comprovada e variedade identificada



Pedidos e informações:
 Campo Experimental de Maria da Fé
 CEP: 37517-000 - Maria da Fé - MG
 e-mail: cemf@epamig.br
 Tel: (35) 3662-1227



Recursos genéticos e pré-melhoramento em arroz: situação atual e perspectivas

Aluana Gonçalves de Abreu¹, Paulo Hideo Nakano Rangel²

Resumo - A domesticação das plantas foi vital para o surgimento da civilização moderna. Entretanto, reduziu, juntamente com o melhoramento de plantas, a variabilidade genética das espécies cultivadas. A uniformidade genética de materiais melhorados torna-os mais vulneráveis a mudanças climáticas, pragas e doenças, o que tem ameaçado a segurança alimentar dos países. Muitos dos caracteres eliminados na domesticação e no melhoramento ainda podem ser encontrados nos recursos genéticos essenciais para a agricultura, e sua conservação é imprescindível para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade da produção. O pré-melhoramento em arroz é o que faz a conexão entre a conservação e o uso dos recursos genéticos, fornecendo aos melhoristas uma forma mais atrativa para desenvolver sistemas de produção sustentáveis.

Palavras-chave: Variabilidade genética. Segurança alimentar. Conservação. Banco de germoplasma.

Genetic resources and pre-improvement: current situation and outlook

Abstract - Plant domestication was vital to the rise of modern civilization. On the other hand, domestication, with plant breeding, reduced the genetic variability of crops. Genetic uniformity of breeding material makes them vulnerable to climate change, pests and diseases, among others, and this threatens food security in many countries. Luckily, many traits that were eliminated during domestication and breeding are still found in genetic resources. Genetic resources are essential for agriculture and their conservation is indispensable to assure food security and production sustainability. Pre-breeding is the connection between conservation and use of genetic resources, providing breeders with more "attractive" genetic resources.

Keywords: Genetic variability. Food security. Conservation. Genebank.

INTRODUÇÃO

A domesticação das plantas alterou significativamente o curso da história humana. A adaptação das plantas para o cultivo foi vital para a mudança de coletor-caçador para sociedades agrícolas. Isso estimulou o surgimento de cidades e da civilização moderna. Por outro lado, a domesticação reduziu a variabilidade genética das espécies cultivadas, em comparação com seus genitores e outros parentes silvestres (ROSS-IBARRA; MORRELL; GAUT, 2007). Esse processo é chamado gargalo genético da domesticação (TANKSLEY; MCCOUCH, 1997). A redução na diversidade genética durante a

domesticação é exacerbada pela demanda por alta produtividade e uniformidade das culturas, tanto no campo quanto no mercado.

O melhoramento de plantas contribui para a diminuição da diversidade intra-específica por meio do desenvolvimento de populações-elite com base genética estreita, da seleção dos melhores genótipos, do desenvolvimento de cultivares homogêneas e da promoção de poucas variedades de ampla adaptação. Esse declínio da variabilidade genética de espécies cultivadas pode gerar vários riscos, como epidemia de pragas e doenças, maior vulnerabilidade genética; falta de adaptação

a estresses relacionados com as mudanças climáticas; falta de variabilidade genética para caracteres de qualidade e alcance do platô de produtividade. O uso mais eficiente da diversidade genética é, dessa forma, um pré-requisito para enfrentar os desafios de desenvolvimento, segurança alimentar e mitigação da pobreza (FAO, 2010).

Além da seleção exercida durante o processo de domesticação e melhoramento, a substituição de variedades tradicionais por cultivares altamente produtivas também contribuiu para a diminuição da variabilidade genética das espécies cultivadas. Muitos materiais, que eram

¹Bióloga, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, aluana.abreu@embrapa.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, paulo.hideo@embrapa.br



cultivados há tempo e carregavam características únicas associadas à adaptação ao ambiente onde eram cultivados, foram extintos. Entretanto, alguns dos caracteres eliminados na domesticação e no melhoramento ainda podem ser encontrados nos recursos genéticos (DEMPEWOLF et al., 2017).

Os recursos genéticos vegetais (RGV) ou recursos fitogenéticos são a variabilidade genética dos organismos de origem vegetal. Em uma definição mais formal, os RGV são o germoplasma funcional de plantas, com valor de uso atual ou futuro (VEIGA; QUEIRÓZ, 2015). Já recursos fitogenéticos para alimentação e agricultura (RFAA) são o germoplasma de origem vegetal de valor potencial ou real para alimentação e agricultura. Os RFAA incluem parentes silvestres de espécies cultivadas, variedades tradicionais, cultivares modernas, linhagens do melhoramento e estoques genéticos que, juntos, contribuem para o fornecimento de alimentos, de compostos farmacêuticos e outros compostos para fins industriais, de alimentação animal, produção de fibras e energia (EUROPEAN..., 2011).

Os RFAA são a base biológica essencial para a produção de alimentos melhores, em maior quantidade, para consumidores urbanos e rurais, aumentando a renda dos agricultores e diminuindo e/ou estabilizando o preço dos alimentos (EASAC, 2011). São importantes para lidar com muitos desafios agrícolas, como a produção sustentável, em que se buscam variedades resistentes a pragas e doenças e que necessitam, assim, de um menor número de aplicações de químicos; ou que usem água de maneira mais eficiente e tenham maiores produtividades sob estresse hídrico. A diversidade genética dos RFAA sustenta todo este processo de produção de novas variedades para enfrentar desafios que estão sempre surgindo, como mudanças das condições de produção e novas demandas da sociedade (EUROPEAN..., 2011).

Os RGV podem ser usados no melhoramento de plantas para desenvolver cultiva-

res que são especificamente adaptadas para estresses bióticos ou abióticos; assegurar a produção sustentável em ambientes de alta produtividade pela redução da aplicação de agroquímicos e aumento da eficiência no uso de nutrientes e água; apresentar alternativas de produção aos produtores pelo desenvolvimento de culturas para fins farmacêuticos, industriais e energéticos (HAUSSMANN; PARZIES, 2009)

Além de importantes para os programas de melhoramento de plantas, os RGV são fundamentais para entender a biologia das plantas. Tais recursos são úteis para explorar diversas áreas como variação no tamanho do genoma, abundância e distribuição de DNA repetitivo em mapas de genes e cromossomos, poliploidia de culturas e sua frequência no reino vegetal, identificação e mapeamento de locos de caracteres quantitativos – quantitative trait loci (QTL), relação entre sequências específicas de DNA e fenótipos, estratégias de adaptação que contribuem para o sucesso das plantas em uma variedade de habitats, impacto de espécies na composição de comunidades, processos evolutivos e taxa de evolução em plantas, incluindo a reconstrução de sua história e a predição de suas respostas a mudanças globais (EUROPEAN..., 2011).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) iniciou, na década de 1960, ações colaborativas internacionais para assegurar a conservação, a disponibilidade e a transferência de recursos genéticos, o que culminou com o Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para Alimentação e Agricultura (Tirfaa). O Tirfaa foi aprovado pela Conferência da FAO, em 2001, e ratificado pelo Brasil em 2006, e estabelece um Sistema de Acesso Multilateral e de Repartição de Benefícios para espécies cultivadas importantes para uma agricultura sustentável e segurança alimentar. Os objetivos do Tirfaa são a conservação e o uso sustentável de todos os RFAA e a repartição justa e igualitária dos benefícios

que surjam de seu uso, em harmonia com a Convenção da Diversidade Biológica. O Tirfaa reconhece que os RFAA são materiais indispensáveis para o melhoramento das culturas e que muitos países dependem de recursos genéticos de origens diversas. Também reconhece a contribuição dos agricultores na conservação, no melhoramento e na disponibilidade desses recursos. Por fim, estabelece as bases para o intercâmbio de recursos fitogenéticos entre os países para uso na alimentação (BIOVERSITY..., 2009). As espécies abrangidas pelo Tirfaa estão descritas em seu Anexo I, que inclui o arroz.

RECURSOS GENÉTICOS DE ARROZ

O gênero *Oryza* possui mais de 20 espécies (KHUSH, 1997). Destas, duas são cultivadas no mundo: *Oryza sativa* L., com distribuição global, e *Oryza glaberrima* Steud., cultivada na África Ocidental. Normalmente, quando se usa o termo arroz, está-se referindo à espécie asiática *O. sativa*. Os recursos genéticos de arroz podem ser divididos em variedades tradicionais, cultivares modernas e obsoletas, estoques genéticos (mutantes, híbridos), linhagens do melhoramento e parentes silvestres (JACKSON, 1997). Dentre estes, os grupos com maior variabilidade genética são as variedades tradicionais e os parentes silvestres.

Parentes silvestres de arroz são todas as espécies do gênero *Oryza* não domesticadas. Para enxergar o potencial de cruzamento entre os parentes silvestres e as espécies cultivadas, o conceito de conjunto gênico desenvolvido por Harlan e De Wet (1971) é bastante utilizado. Nesta categorização, as espécies são agrupadas segundo a facilidade de transferência de genes. As espécies de arroz podem ser divididas em três grupos: conjunto gênico primário, secundário e terciário. O conjunto gênico primário é representado pelas espécies do grupo genômico AA: *O. sativa*, *O. glumaepatula*, *O. rufipogon*, *O. nivara*, *O. barthii*, *O. glaberrima*, *O. logistaminata* e *O. meridionalis*. Essas



espécies são diploides e reprodutivamente compatíveis entre si, o que significa que o cruzamento entre parentes silvestres e cultivados dentro desse grupo é relativamente simples. As dez espécies do complexo *O. officinalis* compõem o conjunto gênico secundário. São diploides ou tetraploides, e o cruzamento com a espécie cultivada, ou qualquer outra do grupo AA, é mais difícil e pode ser facilitado com o auxílio da técnica de resgate de embriões. As espécies restantes do gênero *Oryza* pertencem ao conjunto gênico terciário. É muito difícil obter descendentes de cruzamentos entre *O. sativa* e espécies desse conjunto gênico (KHUSH, 1997).

No Brasil, há quatro parentes silvestres nativos de arroz: uma espécie do conjunto gênico primário, *O. glumaepatula*, e, as outras três, do conjunto gênico secundário, todas tetraploides (*O. grandiglumis*, *O. alta* e *O. latifolia*). Populações extensivas dessas espécies podem ser encontradas em condições naturais, em rios localizados na Amazônia, no Cerrado e no Pantanal Mato-Grossense, isoladas de cultivos comerciais e, portanto, sem a introgressão de alelos da espécie cultivada (RANGEL et al., 2013).

Os parentes silvestres podem contribuir para aumentar a capacidade adaptativa das cultivares comerciais nos sistemas agrícolas no mundo. Representam uma fonte de diversidade genética da qual se pode tirar novas variações alélicas necessárias aos programas de melhoramento. Essas populações naturais in situ, que têm a capacidade de resistir aos efeitos severos da variação climática, terão o potencial para contribuir com caracteres valiosos para o melhoramento de arroz (FAO, 2010).

Os parentes silvestres estão ameaçados e são necessárias medidas para protegê-los, tanto na natureza quanto em bancos de germoplasma (DEMPEWOLF et al., 2017). Seja em áreas protegidas ou não, as populações de *Oryza* estão sob alto risco de extinção, por causa das amea-

ças das mudanças climáticas, mudanças no habitat, espécies invasoras exóticas e poluição. Espera-se que o desafio das mudanças climáticas seja particularmente sério para espécies silvestres, e são necessários esforços urgentes para assegurar sua conservação, já que o risco de extinção para espécies endêmicas ou adaptadas a ambientes restritos é alto (JARVIS et al., 2009). Um projeto internacional³, liderado pela organização Global Trust, tem como objetivos coletar e conservar parentes silvestres de espécies cultivadas no mundo todo. Dentre as culturas prioritárias, está o arroz. O Brasil participa desta iniciativa e busca amostrar populações das espécies nativas de *Oryza* em localidades ainda não representadas em bancos de germoplasma.

Além dos parentes silvestres, outro grupo de recursos genéticos que desperta o interesse como fonte de variabilidade genética é o de variedades tradicionais. Além de fornecer diversidade genética para o melhoramento de plantas modernas, as variedades tradicionais têm um papel essencial na segurança alimentar de vários países. Tais variedades são bem adaptadas a ambientes de produção marginais, adequadas a sistemas locais e atendem a preferências sensoriais e nutricionais locais (EUROPEAN..., 2011).

O arroz chegou ao Brasil com os colonizadores portugueses. A grande vastidão do País propiciou seu cultivo em regiões contrastantes climaticamente, o que gerou variedades adaptadas a diferentes condições, dando origem às tradicionais brasileiras (PEREIRA, 2002). Entretanto, a expansão de uso das variedades altamente produtivas, necessárias para atender às demandas de alimento da crescente população, levou à perda de diversidade genética ou erosão genética (JACKSON, 1997). Em muitas áreas, o cultivo de variedades tradicionais diminuiu ou até foi extinto.

Os programas nacionais de melhoramento de arroz têm em sua base tanto

variedades tradicionais exóticas quanto brasileiras. Os primeiros trabalhos de melhoramento genético da cultura tiveram início com a criação do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em São Paulo, visando à obtenção de variedades para o sistema de cultivo de terras altas. Nesse início, a variabilidade genética das variedades tradicionais (ex. 'Iguape', 'Jaguari' e 'Pratão') foi muito usada, assim como introduções de outros países (PEREIRA, 2002). Já o início do melhoramento de arroz irrigado, no Instituto Rio Grandense do Arroz (Irga), na década de 1940, partiu de materiais americanos introduzidos (PEREIRA, 2002).

CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS

Recursos genéticos são essenciais para a agricultura. Sua conservação é imprescindível para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade da produção. O melhoramento depende de diversidade genética para gerar cultivares mais adaptadas. Dessa forma, a conservação de recursos genéticos deve ser vista como um investimento a longo prazo e pode ser feita in situ, na área de ocorrência natural da espécie, ou ex situ, fora dessas localidades.

Das várias formas de conservação ex situ de arroz, conforme Veiga e Queiróz (2015), citam-se: em câmara fria e seca, onde as sementes são mantidas a baixas temperaturas e umidade; *on farm*, onde os agricultores, comunidades tradicionais e indígenas mantêm variedades tradicionais por meio do cultivo anual.

Na conservação *on farm*, as plantas continuam sujeitas às condições ambientais naturais, quando selecionam características interessantes nos genótipos. Muitas vezes, a conservação acontece indiretamente, pois o foco dos agricultores ou comunidades é no plantio de variedades tradicionais e de preferências alimentares, prevenção de riscos, adaptação local dos genótipos, oportunidades de mercado ou apenas falta

³ <https://www.cwrdiversity.org>



de uma melhor alternativa. De toda forma, uma grande parte da diversidade continua a ser mantida pelos agricultores e os esforços para melhorar o manejo e uso desses recursos genéticos aumentaram bastante (FAO, 2010).

O armazenamento de arroz em câmaras frias e secas é a opção utilizada pelos bancos de germoplasma, já que as sementes têm comportamento ortodoxo, ou seja, podem ser desidratadas até um baixo teor de umidade (~6%) e armazenadas a -20 °C, podendo manter sua viabilidade por décadas, dependendo da origem do material. Sementes de acessos silvestres devem ser renovadas com maior frequência que as de materiais cultivados.

Bancos de germoplasma são reservatórios ex situ da biodiversidade e fonte de alelos para o melhoramento genético sustentável das espécies cultivadas (RANA, 2004). Os bancos de germoplasma podem ser divididos em duas categorias principais: bancos ativos e coleções-base. As coleções-base armazenam as sementes em temperatura e umidade muito baixas, visando o armazenamento a longo prazo. Já os bancos ativos mantêm as coleções em condições intermediárias de temperatura e umidade, visando um armazenamento de curto a médio prazo. Essas condições permitem uma entrada mais frequente de pessoas, e esses são os bancos responsáveis pelo intercâmbio de germoplasma. Há também as coleções de trabalho, onde são armazenadas as linhagens dos programas de melhoramento que estão em uso.

A FAO (2010) estima que uma grande parte da diversidade das principais culturas foi amostrada e armazenada em coleções ex situ. Muitas das diversidades encontradas, atualmente, com os agricultores e uma grande quantidade de diversidade que não existe mais *on farm* podem ser obtidas via bancos de germoplasma. Mesmo com uma conservação ex situ eficiente, ações para conservação in situ dos parentes silvestres são necessárias, para manter a dinâmica evolutiva das espécies. Entretanto, sua implementação normalmente envolve comunidades tradi-

cionais, indígenas e/ou áreas protegidas, o que torna o monitoramento mais difícil (RAMIREZ et al., 2013). Para as populações silvestres brasileiras de arroz, a conservação in situ é ainda mais complicada, visto que as populações são anuais e móveis nos rios.

Os bancos de germoplasma enriquecem as coleções por meio de expedições planejadas e armazenam as sementes coletadas em condições de médio a longo prazo. Esse tipo de conservação ex situ de coleções de germoplasma também fornece uma cópia de reserva confiável da conservação in situ contra calamidades inesperadas, ao mesmo tempo que assegura a disponibilidade fácil e instantânea desses materiais a melhoristas e outros pesquisadores, quando necessário (RANA, 2004).

Várias instituições de ensino e pesquisa dispõem de bancos ativos de germoplasma (BAGs) de arroz. O maior banco está localizado na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, e há uma cópia de seu acervo no Banco Genético da Embrapa, em Brasília. Organizações estaduais de pesquisa como IAC, Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e Irpa também dispõem de bancos de germoplasma.

As primeiras coleções de germoplasma do Brasil foram organizadas em institutos de pesquisa e universidades, com o objetivo de apoiar vários programas de melhoramento. Dentre estes, a contribuição do IAC no desenvolvimento da agricultura de São Paulo e do Brasil é indiscutível, principalmente pela pesquisa em recursos genéticos e à criação de BAGs de várias espécies como o arroz.

O Banco de Germoplasma de Arroz (BAG Arroz) da Embrapa foi criado em 1975, tendo iniciado suas atividades em 1976. Nesse Banco está armazenado o maior acervo de recursos genéticos de arroz do Brasil, a 12 °C e 25% de umidade relativa (UR). O acervo atual do BAG Arroz é de mais de 27 mil acessos, incluindo variedades tradicionais, amostras de populações de espécies silvestres e linhagens e

cultivares de programas de melhoramento de arroz do Brasil e do mundo. Grande parte do acervo inicial do BAG Arroz veio das Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas), que doaram acessos para compor um banco nacional de germoplasma de arroz. A EPAMIG foi uma das instituições que enviaram vários acessos para a Embrapa, incluindo muitas variedades tradicionais de Minas Gerais.

A introdução de germoplasma no BAG Arroz é feita por meio da incorporação de novos acessos para enriquecimento da diversidade genética do acervo. As introduções incluem variedades tradicionais de arroz, espécies silvestres de arroz do Brasil e do mundo, e linhagens de arroz introduzidas de programas de melhoramento do Brasil e de instituições internacionais. A maior parte dos acessos silvestres brasileiros e uma parte das variedades tradicionais brasileiras são provenientes de expedições de coleta do próprio BAG Arroz, em parceria com outras instituições de pesquisa do Brasil e do mundo (RANGEL et al., 2013).

A coleção de base (Colbase) de arroz fica armazenada no Banco Genético, localizado na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília. É uma cópia de segurança do acervo do BAG Arroz. O Banco Genético possui câmaras frias a -20 °C e baixa UR (PÁDUA, 2016). Há também uma coleção de base mundial, o Banco de Sementes de Svalbard (*Svalbard Seed Vault*), na Noruega, onde instituições do mundo todo fazem uma cópia de segurança de parte de seus acervos. A Coleção Nuclear de Arroz da Embrapa (CNAE) tem uma cópia armazenada em Svalbard.

PASSAPORTE, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ACESSOS DE BANCOS DE GERMOPLASMA

Acessos de um banco de germoplasma são descritos por passaporte, pelos dados de caracterização e, em extensões variáveis, pelos dados de avaliação. Os dados de passaporte incluem um código em série, o nome taxonômico, o local de coleta, a data da coleta e a instituição doadora. A



caracterização geralmente compreende dados sobre caracteres morfológicos simples como altura da planta, data da floração e massa de 100 sementes. Já a avaliação refere-se a caracteres agrônômicos, como produtividade, qualidade de grãos, acamamento e resistência a pragas e doenças (HAUSSMANN; PARZIES, 2009). Um passaporte completo, com dados de caracterização, facilita a seleção dos acessos por um potencial usuário, o que aumenta o uso dos recursos genéticos. A troca de informações de passaporte entre instituições é facilitada por listas de descritores padronizados internacionalmente. Para arroz, a publicação é de autoria da Bioversity International, Instituto Internacional de Pesquisa em Arroz – International Rice Research Institute (IRRI) e Centro de Arroz da África (AfricaRice) e a versão em português (Descritores para Arroz Silvestre e Cultivado) foi publicada em 2011 (BIOVERSITY INTERNATIONAL, 2011).

Toda a informação de passaporte, caracterização e avaliação de um acesso fica armazenada nos bancos de dados dos bancos de germoplasma. Para que os acessos sejam realmente utilizados, essa informação deve estar organizada e disponível para qualquer interessado. Todos os dados de passaporte, avaliação e caracterização dos acessos do BAG Arroz estão disponíveis para consulta no Portal Alelo Vegetal⁴. Dados de acessos provenientes de e/ou armazenados em instituições internacionais também podem ser consultados no Portal Genesys⁵.

A acessibilidade e a disponibilidade de diversos conjuntos de germoplasma caracterizados e avaliados são o primeiro passo para incentivar o uso dos recursos genéticos de qualquer cultura. Essas informações já permitiram que os melhoristas desenvolvessem linhagens para lidar com vários desafios. Exemplos de sucesso podem ser encontrados facilmente. Em anos

de avaliação para resistência de pragas e doenças, o Banco de Germoplasma do IRRI identificou várias fontes de resistência, como para o vírus da doença do tungro do arroz. Foram avaliados quase 16 mil acessos para que fossem identificados 500 acessos com resistência (JACKSON, 1997). No BAG Arroz, a avaliação para resistência à brusone é um processo contínuo, dada a grande diversidade do fungo causador da doença. Ao longo dos anos, várias fontes de resistência à brusone já foram identificadas no acervo, em avaliações conduzidas em parceria com pesquisadores da fitopatologia e do melhoramento de plantas.

Desde sua domesticação, as plantas cultivadas têm acompanhado os seres humanos em suas migrações, espalhando-se pelos continentes. Nos últimos 100 anos, o movimento de RFAA tornou-se mais intencional. Em uma época de intenso fluxo de pessoas e cargas, a possibilidade de uma nova doença entrar no Brasil é alta e uma fonte de resistência pode estar disponível apenas em outro país. Nessa situação, o intercâmbio de germoplasma entre instituições é essencial. Desde o Tirfaa, essa troca é feita com o estabelecimento de um Acordo de Transferência de Material (ATM), cujo texto padrão define as medidas e os procedimentos jurídicos pertinentes. Isso facilita o acesso aos RFAA e compartilha, de maneira justa e equitativa, os benefícios derivados da utilização de tais recursos, sobre uma base complementar e de fortalecimento mútuo.

COMO AUMENTAR O USO DE RECURSOS GENÉTICOS

Um dos maiores obstáculos para o uso das coleções de recursos genéticos é a falta de disponibilidade de dados de caracterização e avaliação dos acessos, a fim de permitir que pesquisadores selecionem o germoplasma de interesse. Entretanto, fato-

res como o grande tamanho das coleções, a preferência dos melhoristas pelas coleções de trabalho e o arraste gênico (*linkage drag*), associado ao uso de germoplasma exótico, também limitam em muito o uso dos recursos genéticos.

Para lidar com o grande tamanho das coleções de germoplasma e incentivar o uso dos recursos genéticos, vários bancos de germoplasma investiram no desenvolvimento de coleções nucleares, que são compostas por um subconjunto de acessos que representam, com o menor nível de redundância, a diversidade genética da espécie (BROWN, 1989). Essa estratégia permite priorizar e concentrar as atividades de caracterização e avaliação dessa coleção, de modo que forme uma base de informação mais completa sobre esse conjunto de acessos, levando, efetivamente, a uma ampliação do uso do germoplasma.

A CNAE, por exemplo, é formada por 550 acessos (ABADIE et al., 2005) distribuídos em três estratos:

- variedades tradicionais do Brasil;
- linhagens/cultivares melhoradas do Brasil;
- linhagens/cultivares introduzidas.

Esta coleção já foi avaliada para várias características e os dados estão disponíveis para consulta (BRONDANI et al., 2007).

As coleções nucleares derivadas de grandes coleções, entretanto, também são formadas por um elevado número de acessos. A Coleção Nuclear de Arroz do IRRI, a maior do mundo, possui 11.200 acessos. O emprego de coleções temáticas oferece uma alternativa para as restrições de tamanho impostas por grandes coleções nucleares, concentrando o esforço na obtenção de coleções compactas com alta diversidade genética para uma característica ou tema de interesse (PESSOA-FILHO; RANGEL; FERREIRA, 2010).

Com foco nos programas de melhoramento genético de arroz de terras altas,

⁴ <http://alelobag.cenargen.embrapa.br/AleloConsultas/Home/index.do>

⁵ <https://www.genesys-pgr.org/pt/welcome>



Pessoa Filho, Rangel e Ferreira (2010) desenvolveram uma Coleção Nuclear Temática de Arroz para Tolerância à Seca, composta por 86 acessos. No momento, estão em desenvolvimento no BAG Arroz uma Coleção Nuclear Temática de Arroz para Resistência à Brusone e uma Coleção Nuclear Temática de Arroz para Tolerância a Temperaturas Infraótima.

Coleções menores bem caracterizadas já despertam um maior interesse por parte dos programas de melhoramento. Entretanto, o principal problema ainda persiste. Como lidar com as várias características não desejadas que estão ligadas ao caráter de interesse (arraste gênico), em um cruzamento entre materiais não adaptados ou silvestres, e linhagens-elite dos programas de melhoramento?

O arraste gênico por ligação é o principal motivo para o baixo uso do germoplasma no melhoramento de plantas e a principal razão para a necessidade de pré-melhoramento. Quando se usa um germoplasma não adaptado ou silvestre, são necessários mais esforço, tempo e recursos para quebrar o arraste gênico, durante o processo de desenvolvimento das linhagens. Eliminar características de baixo desempenho agrônômico, como degrane, torna o processo muito mais longo e enfadonho. Por essas razões, os melhoristas usam suas coleções de trabalho, o que resulta na recirculação dos mesmos genótipos e, assim, em uma base genética estreita das cultivares lançadas.

O pré-melhoramento ocupa uma posição crucial entre a conservação e o uso dos recursos genéticos. Serve de elo entre os RGV e o melhoramento genético. O principal objetivo é fornecer aos melhoristas recursos genéticos mais atrativos e fáceis de usar, como fontes de resistência com um *background* genético mais próximo do ideal (EUROPEAN..., 2011). Durante o pré-melhoramento são realizados vários ciclos de cruzamentos e retrocruzamentos, para enriquecer o conjunto gênico do melhoramento com diversidade genética e transferir genes úteis para o material elite (EUROPEAN..., 2011). O pré-melhoramento, por

definição, não gera variedades prontas para lançamento, o produto final dos programas de melhoramento. Por outro lado, uma vez que um caráter de interesse tenha sido introgridido, é altamente provável que o material seja usado pelos programas de melhoramento.

Há várias formas de usar a diversidade não adaptada. É possível distinguir dois caminhos principais: escolher primeiro: materiais que expressam alguma característica de interesse são escolhidos com base no fenótipo, genótipo ou local de coleta e são usados em cruzamentos direcionados, e as linhagens descendentes são avaliadas; cruzar primeiro: vários materiais não adaptados são cruzados com materiais elite e as linhagens resultantes são avaliadas para características de interesse. A última estratégia, apesar de menos focada inicialmente, tem o potencial de revelar fontes inesperadas de diversidade que só se tornam aparentes, quando introduzida em um *background* domesticado (DEMPEWOLF et al., 2017)

Muitos pesquisadores têm utilizado o método do retrocruzamento como forma de transferir genes entre os materiais, o que é recomendável quando um ou poucos genes estão envolvidos no controle da característica desejada. Alternativas são o uso direto, dependendo da adaptação do material, seleção para adaptabilidade via seleção massal, uso em esquemas de seleção recorrente e cruzamentos com materiais adaptados, visando à síntese de populações semiadaptadas. A transferência de genes também pode ser acelerada com o auxílio de marcadores moleculares, para rastrear o gene associado à característica de interesse, e a seleção assistida por marcadores (SAM).

Tradicionalmente, o método de retrocruzamento clássico é usado para introgridir caracteres qualitativos com alta herdabilidade que são governados por um ou poucos genes principais ou complexos gênicos do doador no material melhorado (genitor recorrente). Uma vez que alelos de interesse tenham sido transferidos para o *background* melhorado, um certo número de retrocruzamentos é necessário para

eliminar o arraste gênico. Esta estratégia, juntamente com a SAM, foi usada para inserir resistência à praga quarentenária *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. As primeiras linhagens brasileiras de arroz resistentes a esta bactéria foram validadas no Panamá. O trabalho foi executado numa parceria entre a Embrapa, sob responsabilidade dos pesquisadores Paulo Hideo N. Rangel e Marcio E. Ferreira, e o Instituto de Investigación Agropecuaria do Panamá (Idiap). Com essas linhagens, caso a doença seja detectada no Brasil, os agricultores já poderão contar com plantas resistentes, adaptadas às condições de plantio do País. Para inserir essa característica nas cultivares comerciais de arroz irrigado BRS Pampa e de terras altas BRS Esmeralda, foram utilizadas três fontes de resistência a *Xanthomonas* (IRBB1, IRBB3 e IRBB5), que fazem parte do acervo do BAG Arroz.

O processo de introdução de diversidade genética de espécies silvestres em cultivares é geralmente mais laborioso do que quando se usam variedades tradicionais. É um processo longo que começa na natureza, onde botânicos e taxonomistas localizam, identificam e coletam as sementes das espécies de interesse. O material passa para as mãos do curador do banco de germoplasma para conservação e caracterização, pesquisadores de diferentes áreas (ex. geneticistas, entomologistas e fitopatologistas), para avaliação, descoberta de características de interesse e validação e, finalmente, pré-melhoristas e melhoristas para o desenvolvimento de variedades (DEMPEWOLF et al., 2017). À medida que a distância evolutiva entre as espécies silvestres e a cultivada aumenta, o uso dos parentes silvestres torna-se ainda mais difícil. Por isso, a maioria das atividades de pré-melhoramento em *Oryza* tem focado em espécies do conjunto gênico primário da espécie (genoma AA). No Brasil, linhagens interespecíficas de *O. sativa* e *O. glumaepatula* foram obtidas com sucesso e estão armazenadas no BAG Arroz. Apresentam características como maior vigor da planta, maior número de perfílios e panículas (RANGEL et al., 2008).



Um outro exemplo de sucesso no uso de cruzamentos interespecíficos é o New Rice for Africa (Nerica), desenvolvido pelo AfricaRice. Novas cultivares foram desenvolvidas a partir do cruzamento do arroz africano de terras altas, *Oryza glaberrima*, com o arroz asiático irrigado, *O. sativa*. Combinam características positivas de ambas as espécies, como alta produtividade e habilidade de prosperar em ambientes hostis (SOMADO; GUEI; KEYA, 2008).

O uso de variedades tradicionais e espécies silvestres no melhoramento de arroz teve um enorme impacto na produtividade do arroz em muitos países. A revolução verde iniciou-se com a introdução de IR8, uma cultivar derivada do cruzamento entre a variedade semianã 'Deo Geo Woo Gen', de Taiwan, com a variedade alta 'Peta'. Esta originou-se do cruzamento entre 'Cina', da China, com 'Latisail', do Paquistão. Posteriormente, outras variedades tradicionais foram usadas por IRRI, Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) e programas de melhoramento nacionais para aumentar a produtividade, aumentar a resistência a doenças e pragas, conferir tolerância a estresses abióticos e melhorar a qualidade de grãos e outras características. O vasto uso de variedades tradicionais de diferentes países como fontes de características desejáveis contribuiu muito para o aumento da produção de arroz na maioria dos países produtores (RAMIREZ et al., 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos recursos genéticos depende não apenas da manutenção dos esforços para conservação, caracterização e pré-melhoramento atuais, como da sua ampliação e diversificação. Além de atender à crescente demanda por arroz, os desafios futuros também serão focados no desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis sob condições de menor disponibilidade de terra, água, recursos e o efeito crescente das mudanças climáticas. A necessidade de desenvolver variedades para lidar com esses desafios requererá o

aproveitamento dos recursos genéticos. Novas características terão que ser descobertas e as já existentes terão que ser combinadas de novas formas, não apenas para aumento da produtividade, mas para enfrentar os estresses bióticos e abióticos, usar os recursos mais eficientemente e atender à demanda por arroz de alta qualidade (RAMIREZ et al., 2013).

Além de todos esses desafios, os recursos genéticos de arroz serão cada vez mais usados para inovação. Podem ser usados para o desenvolvimento de variedades de arroz especiais com pericarpo colorido, aroma e outras características diferentes do longo fino tradicional, variedades adaptadas ao cultivo orgânico ou a uma produção mais sustentável. Essa diversificação do mercado permitiria um melhor controle de preços, exportação de excedentes de produção e agregação de valor ao produto final, sendo uma alternativa interessante para pequenos produtores.

REFERÊNCIAS

- ABADIE, T. et al. Construção de uma coleção nuclear de arroz para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.129-136, fev. 2005.
- BIOVERSITY INTERNATIONAL; IRRI; AFRICARICE. **Descritores para arroz silvestre e cultivado (*Oryza spp.*)**. Roma, 2011. 65p. Disponível em: <https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/Descritores_rice_SPA.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.
- BIOVERSITY INTERNATIONAL AND RURAL DEVELOPMENT ADMINISTRATION. Plant genetic resources and genebank management. In: TRAINING MODULE FOR THE INTERNATIONAL, 2009, Suwon, República da Coreia. **Course...** Rome: Bioversity International, 2009. Disponível em: <https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/A_training_module_for_the_international_course_on_plant_genetic_resources_and_genebank_management_1644.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.
- BRONDANI, C. et al. **Catálogo descritivo dos acessos da Coleção Nuclear de Arroz da Embrapa** - CNAE versão 1.0. Santo Antônio

de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 566p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 205).

BROWN, A.H.D. Core collections: a practical approach to genetic resources management. **Genome**, v.31, n.2, p.818-824, Jan. 1989.

DEMPEWOLF, H. et al. Past and future use of wild relatives in crop breeding. **Crop Science**, v.57, n.3, p.1070-1082, May/Jun. 2017.

EUROPEAN ACADEMIES SCIENCE ADVISORY COUNCIL. **Plant genetic resources for food and agriculture: roles and research priorities in the European Union**. Halle, Germany, 2011. 49p. (EASAC. Policy Report, 17). Disponível em: <https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/Easac_12_PGR_Web_complete.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.

FAO. **The second report on the state of the world's: plant genetic resources for food and agriculture**. Rome, 2010. 370p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/i1500e00.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

HARLAN, J.R.; DE WET, J.M.J. Toward a rational classification of cultivated plants. **Taxon**, v.20, n.4, p.509-517, Aug. 1971.

HAUSSMANN, B.I.G.; PARZIES, H.K. Methodologies for generating variability - part 1: use of genetic resources in plant breeding. In: CECCARELLI, S.; GUIMARÃES, E.P.; WELTZIEN, E. (Ed.). **Plant breeding and farmer participation**. Rome, FAO, 2009. cap.5, p.107-128.

JACKSON, M.T. Conservation of rice genetic resources: the role of the International Rice Genebank at IRRI. **Plant Molecular Biology**, v.35, n.1/2, p.61-67, Sept. 1997.

JARVIS, A. et al. **Climate change and its effect on conservation and use of plant genetic resources for Food and Agriculture and Associated biodiversity for food security**. Roma: FAO, 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/i1500e16.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

KHUSH, G.S. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. **Plant Molecular Biology**, v.35, n.1/2, p.25-34, Sept. 1997.

PÁDUA, J. Banco Genético da Embrapa e o seu papel de conservação da diversidade genética da Flora Brasileira. **Revista RG News**, v.2, n.1, p.62-69, 2016.

PEREIRA, J.A. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226p.



PESSOA-FILHO, M.; RANGEL, P.H.N.; FERREIRA, M.E. Extracting samples of high diversity from thematic collections of large gene banks using a genetic-distance based approach. **BMC Plant Biology**, v.10, n.127, p.2-10, 2010.

RAMIREZ, M et al. Demonstrating interdependence on plant genetic resources for food and agriculture. In: HALEWOOD, M.; LÓPEZ NORIEGA, I.; LOUAFI, S. (Ed.). **Crop genetic resources as a global commons: challenges in international law and governance**. New York: Bioversity International, 2013. part. 1, cap.2, p.39-61. Disponível em: <https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Crop_GR_as_a_global_commons_Book_01.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.

RANA, R.S. Emerging trends in managing and using rice genetic resources. **Asian Biotechnology and Development Review**, v.7, n.1, p.49-66, Nov. 2004.

RANGEL, P.N. et al. Agronomic and molecular characterization of introgression lines from the interspecific cross *Oryza sativa* (BG 90-2) x *Oryza glumaepatula* (RS-16). **Genetics and Molecular Research**, v.7, n.1, p.184-195, 2008.

RANGEL, P.H.N. et al. **Banco Ativo de Germoplasma de Arroz e Feijão**: passado, presente e futuro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 59p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 288).

ROSS-IBARRA, J.; MORRELL, P.L.; GAUT, B.S. Plant domestication, a unique opportunity to identify the genetic basis of adaptation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.104, p.8641-8648, May 2007. Supplement 1.

SOMADO, E.A.; GUEI, R.G.; KEYS, S.O. (Ed.). **Nerica®: the new rice of Africa – a compendium**. Benin: Africa Rice Center, 2008. 195p. Disponível em: <<http://www.africarice.org/publications/nerica-comp/Nerica%20Compendium.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

TANKSLEY, S.D.; MCCOUCH, S.R. Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. **Science**, v.277, n.5328, p.1063-1066, Aug. 1997.

VEIGA, R.F.A.; QUEIRÓZ, M.A. de. Termos e expressões que podem provocar dúvidas em recursos fitogenéticos. In: VEIGA; R.F. de A.; QUEIRÓZ, M.A. de. (Ed.). **Recursos fitogenéticos: a base da agricultura sustentável no Brasil**. Viçosa, MG, 2015, cap. 54, p.408-414.

Veja no próximo

INFORME AGROPECUÁRIO

Sistema Plantio Direto no Cerrado

Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado

Cultivo de milho, trigo, soja, feijão, arroz de terras altas e sorgo granífero em Sistema Plantio Direto no Cerrado

Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado

Pragas no Sistema Plantio Direto

Manejo de doenças e nematoides no Sistema Plantio Direto no Cerrado

**Leia e Assine o
INFORME AGROPECUÁRIO**

(31) 3489-5002

publicacao@epamig.br

www.informeagropecuario.com.br

INFORME AGROPECUÁRIO



INFORME AGROPECUÁRIO

CRÉDITO RURAL CAIXA O CRÉDITO CERTO NO TEMPO CERTO

Nada como um parceiro de verdade na hora em que você mais precisa. **Para isso, existe o Custeio CAIXA**, com taxas especiais de até 7% a.a.* e análise imediata para valores até R\$ 500 mil**. Confira também as condições para as linhas de estocagem e comercialização. Converse com o gerente.

EXPERIMENTE A CAIXA

CAIXA

SAC CAIXA – 0800 726 0101
(Informações, reclamações, sugestões e elogios)
Para pessoas com deficiência auditiva
ou de fala – 0800 726 2492
Ouvidoria – 0800 725 7474
facebook.com/caixa | twitter.com/caixa
caixa.gov.br

* Taxa de juros para Recursos Obrigatórios.
** Exclusivo para Custeio Agrícola.
Crédito sujeito a aprovação.



Melhoramento genético do arroz em Minas Gerais: avanços e perspectivas

Flávia Barbosa Silva Botelho¹, Plínio César Soares², Adriano Pereira de Castro³, Paula Pereira Torga⁴, Moisés de Sousa Reis⁵, Cinthia Souza Rodrigues⁶

Resumo - O estado de Minas Gerais já foi considerado um dos maiores produtores de arroz do Brasil. Atualmente, tanto a produção quanto a área plantada com a cultura no Estado vêm decrescendo. Hoje, Minas Gerais é o 15º produtor, responsável por apenas 0,8% do arroz produzido no Brasil. A causa desse declínio está relacionada, principalmente, com os vários problemas enfrentados no cultivo de arroz inundado, e com as sensibilidades às variações climáticas e competitividade com outras culturas, como o milho e a soja, no caso do arroz de sequeiro. Contudo, é extremamente importante que Minas Gerais recupere sua posição de destaque na produção de arroz, já que a tendência é o aumento da importação do cereal no País, pois a produção brasileira não acompanha o crescimento e o consumo populacional. Para inverter esta situação são fundamentais as pesquisas em melhoramento genético, visando à recomendação de cultivares com alta produtividade e adaptadas às condições de cultivo da região, considerando tanto o sistema de produção de arroz de várzeas, quanto a incorporação do arroz de terras altas no Estado. Avanços na pesquisa, que busca aumentar a sustentabilidade da cadeia produtiva do cereal em Minas Gerais, têm sido relatados na literatura, como a obtenção de cultivares adaptadas ao Sistema Plantio Direto (SPD), bem como a seleção de linhagens cada vez mais precoces. Programas de Melhoramento Genético de Arroz tanto irrigado quanto de sequeiro, ao longo de mais de 30 anos, têm desenvolvido e lançado cultivares adaptadas para o estado de Minas Gerais, propiciando aos agricultores o cultivo do grão de maneira rentável e sustentável.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Arroz de terras altas. Arroz de várzeas. Cultivares lançadas.

Genetic improvement of rice in Minas Gerais: advances and prospects

Abstract - Minas Gerais was considered one of the largest rice producers in Brazil. Currently, the production and the area planted with the crop in the state have been decreasing. Nowadays, Minas Gerais is the 15th producer being responsible for only 0.8% of the rice produced in Brazil. The reason for the production decrease is mainly related to the problems faced in the cultivation of lowland rice, climate changes and competitiveness with other crops such as soybean, in the case of upland rice. However, it is extremely important that Minas Gerais recovers its position in rice production due the fact that Brazilian production does not keep pace with population growth and consumption. In order to reverse this situation, research on genetic improvement is fundamental, aiming to develop cultivars with high productivity and adapted to the cultivation conditions of the region, considering both the flooded production system and the incorporation of upland rice in the state. Advances in the research to increase the sustainability of the cereal production chain in Minas Gerais have been reported such as the cultivation of clearfield cultivars, genotypes adapted to the no-tillage system and the development of early cycle lines. Upland and irrigated rice breeding programs have developed and launched cultivars adapted to the state of Minas Gerais for more than 30 years, providing farmers with a cost-effective and sustainable way to grow their crops.

Keywords: *Oryza sativa*. Upland rice. Lowland rice. Cultivar recommendation.

¹Eng. Agrônoma, D.Sc., Profª Associada UFLA - Depto. Agricultura, Lavras, MG, flaviabotelho@dag.ufla.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista FAPEMIG, Viçosa, MG, plinio@epamig.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, adriano.castro@embrapa.br

⁴Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, paula.torga@embrapa.br

⁵Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, moizes@epamig.br

⁶Eng. Agrônoma, D.Sc. UFLA - Depto. Biologia, Bolsista CNPq, Lavras, MG, cinthia-sr@hotmail.com



INTRODUÇÃO

O arroz, *Oryza sativa*, é um dos grãos mais importantes em termos de valor econômico. É o terceiro cereal mais produzido mundialmente, ficando atrás apenas do milho e do trigo. Aproximadamente, 161 milhões de hectares são cultivados com arroz no mundo, sendo os maiores produtores China, Índia e Indonésia, com produção em torno de 210, 160 e 70 milhões de toneladas, respectivamente (RICE MARKET MONITOR, 2017).

O Brasil é o 9º maior produtor e consumidor, produzindo 10,6 milhões de toneladas em área de 2,14 milhões de hectares (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, 2016). Apesar desse destaque na produção do arroz, o Brasil precisa incrementar sua produção para atender à demanda decorrente do crescimento populacional. De acordo com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o País colherá cerca de 14,12 milhões de toneladas de arroz na safra 2019/2020. O consumo deverá crescer a uma taxa média anual de 0,86%, e alcançará 14,37 milhões de toneladas em 2019/2020. Assim, a importação projetada para o final do período é de 652,85 mil toneladas (BRASIL, 2017).

No Brasil, a lavoura orizícola é cultivada em dois sistemas de produção denominados de várzeas (inundado) e terras altas (sequeiro). O ecossistema de várzeas subdivide-se em: sistema irrigado por inundação contínua e sistema por irrigação não controlada (várzeas úmidas). O sistema de terras altas pode ser em sistema de sequeiro tradicional ou sistema de sequeiro sob irrigação suplementar (MORAIS et al., 2006).

O sistema de várzeas é o mais utilizado no Brasil, sendo responsável por, aproximadamente, 90% da produção nacional. A área plantada nesse sistema de plantio é três vezes maior que a plantada com arroz de sequeiro. O arroz inundado ocupa uma área de 1.459,9 ha e o arroz de sequeiro ocupa apenas 515,4 ha. Com relação à produtividade de grãos, o arroz de terras altas apresenta estimativas bem inferiores

ao arroz inundado, enquanto no sistema de várzeas as produtividades são, em média, 7.503 kg/ha, no ecossistema de sequeiro atinge valores máximos de 2.283 kg/ha (LEVANTAMENTO..., 2017). Apesar desse baixo rendimento, o arroz de sequeiro apresenta grande potencial para elevar o valor produtivo.

Outras vantagens de investir no arroz de sequeiro ou de terras altas são a qualidade de grãos. Os grãos de arroz produzidos no sistema de terras altas têm-se igualado aos grãos de arroz de várzeas, com relação aos aspectos físicos, químicos e industriais. Além disso, os preços de ambos têm sido bastante similares (CASTRO et al., 2014). Portanto, hoje, o arroz de terras altas é tão competitivo quanto o irrigado no mercado de grãos. Outro aspecto relevante do cultivo em terras altas é o de ter um custo de produção por hectare cerca de 32% menor do que o cultivo por inundação (WANDER, 2006). O arroz de várzeas, para manter alta produção, tem custo elevado em um insumo que é extremamente importante: a água. Isto vai ser um problema futuro, por causa da escassez de água doce no Planeta.

A causa da baixa produtividade do arroz de terras altas está relacionada com seu histórico. O arroz de terras altas destacou-se com um papel importante como cultura pioneira no processo de ocupação agrícola dos Cerrados, iniciado na década de 1960, para implantação de pastagens (GUIMARÃES et al., 2006). O processo de abertura de área iniciou-se no período de 1975 a 1985, quando a cultura chegou a ocupar uma área superior a 4,5 milhões de hectares. Atualmente, o arroz de sequeiro ainda é visto como uma cultura desbravadora, sendo usado para recuperação de áreas degradadas ou para preparar o solo para posterior cultivo da soja ou milho. É importante que o arroz de terras altas volte a ter papel de destaque no abastecimento nacional, pois é de fundamental importância para o suprimento da população.

Os maiores produtores de arroz no Brasil são o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Tocantins. A Região Sul produz

a maior parte do arroz brasileiro, por meio do sistema de várzeas. No sistema de terras altas ou de sequeiro o destaque é para os estados do Mato Grosso, Maranhão e Pará.

O plantio de arroz sempre destacou-se como um dos mais importantes em Minas Gerais, todavia, nos últimos anos, vem sofrendo constante declínio, com grande redução da área e da produção. O estado de Minas Gerais já foi considerado o terceiro maior produtor de arroz do Brasil nas décadas de 1960 e 1970. Atualmente, ocupa a 15ª colocação, produzindo apenas 15 mil toneladas. Na safra 2015/2016 havia em Minas Gerais uma área de 6,5 mil hectares com a cultura. Na safra atual, a área estimada é de 6 mil hectares, dos quais 11,7% são de sequeiro e 88,3% de várzeas, apresentando uma redução de 7,7% em comparação ao observado na safra passada (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, 2017).

Os fatores que levam a essa redução são: baixa competitividade em relação a outras culturas mais rentáveis, vulnerabilidade aos riscos climáticos e restrições ao cultivo em terras baixas. As lavouras ainda existentes são conduzidas predominantemente por produtores tradicionais, em pequenas áreas e com baixo nível tecnológico, e destinam-se, basicamente, ao consumo próprio, com eventuais excedentes comercializados em mercados locais e regionais. Apesar da redução da área, a expectativa para a safra de 2017 é de produtividade de 2.520 kg/ha, 9,3% maior que na última safra (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, 2017).

Preocupados com esta situação, os melhoristas deram um novo rumo aos Programas de Melhoramento Genético de Arroz nos últimos anos, visando à obtenção de cultivares modernas, com características desejáveis, adaptadas ao cultivo de várzeas e, principalmente, ao de terras altas, com alta produtividade de grãos, porte médio, precocidade, grão tipo longo-fino, tolerantes a diferentes condições climáticas e às principais doenças.



MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ NO BRASIL E EM MINAS GERAIS

No Brasil, os trabalhos pioneiros de melhoramento genético na cultura do arroz iniciaram em 1937, no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), visando ao desenvolvimento de variedades, principalmente para o sistema de terras altas (MORAIS et al., 2006). Logo depois, em 1938, o Instituto Rio Grandense do Arroz (Irga) iniciou suas pesquisas dedicando-se, com exclusividade, ao arroz de várzeas. Inicialmente, ambos os institutos adotaram a estratégia de selecionar, entre os genótipos até então disponíveis no País ou introduzidos do exterior, os que mais se adaptavam ao cultivo nas condições locais de São Paulo e do Rio Grande do Sul, respectivamente.

Em 1973, foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e, em 1974, o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF) – Embrapa Arroz e Feijão, que iniciou os trabalhos com arroz em 1976. Os dois primeiros anos do CNPAF foram dedicados às coletas nacionais e internacionais de germoplasma, seguidas das primeiras hibridações e avaliações de populações segregantes (GUIMARÃES; MORAIS, 1987). Durante a década de 1970, foram estabelecidas várias instituições estaduais de pesquisa agropecuária, que com a Embrapa, o IAC, o Irga e a EPAMIG puderam expandir de forma significativa as atividades de pesquisa agropecuária no País, inclusive as de melhoramento genético do arroz.

Breseghele et al. (2011) avaliaram os resultados do Programa de Melhoramento do Arroz de Terras Altas da Embrapa, durante o período de 1984 a 2009. Esses autores dividiram o período de 25 anos de melhoramento da cultura em três fases. Na primeira fase, compreendida entre 1984 e 1992, os ganhos genéticos para produção de grãos não apresentaram diferenças significativas. Também não se tinha determinado um ideótipo que pudesse ser selecionado no germoplasma disponível, para que contribuísse com o ganho genético efetivo. A segunda fase, compreendida

entre 1992 e 2002, foi marcada pela forte introdução de linhagens e progênies segregantes do Programa de Arroz de Terras Altas do Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) e dos Estados Unidos, para comporem o germoplasma brasileiro. A maior influência desses materiais introduzidos foi para a melhoria da arquitetura da planta e da qualidade de grãos, quanto à relação comprimento/largura e teor de amilose, redução da altura média (100 cm), maior perfilhamento, folhas eretas e curtas e panículas abaixo do dossel, características que contribuíram sobremaneira para a redução do acamamento, constituindo, assim, o ideótipo almejado pelos melhoristas brasileiros. Esses genótipos foram criteriosamente avaliados e selecionados para empregos nos programas brasileiros, como fonte de novas cultivares e como genitores nos cruzamentos (MORAIS et al., 2006).

A forte atuação do Programa de Melhoramento Genético do cereal no Brasil, visando à melhoria da qualidade de grãos do arroz de terras altas, ocorreu por causa da maior preferência do mercado consumidor pelo grão polido, quase transparente e brilhoso, de formato alongado e estreito, sem manchas, sem esbranquiçamento, tecnicamente denominado longo-fino, tipo 1 ou agulhinha. O progresso do melhoramento genético para qualidade de grãos do arroz de terras altas foi notavelmente alcançado nessa segunda fase, principalmente concretizado no lançamento da cultivar BRS Primavera, em 1997 (AZEVEDO, 1997).

Segundo Soares et al. (2001), foi a ‘BRS Primavera’, a cultivar de maior impacto nessa fase, pela ótima qualidade culinária, tornando-se o principal genótipo de arroz para condições de cultivo em sequeiro. A estrutura e a propriedade do amido que compõe o grão desta cultivar resultam em grãos cozidos macios e não empapados. O impacto da ‘BRS Primavera’ foi tão importante no mercado que se tornou o padrão de excelência, melhorou o preço pago ao produtor de arroz, aumentou o preço de mercado do arroz de terras altas e alterou até o sistema de produção

do arroz. As cultivares lançadas a partir desse período permitiram que a qualidade de grãos do arroz de terras altas se tornasse equiparável ao arroz de várzeas.

A terceira fase ocorreu durante o período de 2002 a 2009. Nesta fase de melhoramento, o progresso genético para produção de grãos foi significativo e de elevada magnitude, com estimativa de 1,44%. Resultado obtido pela forte pressão de seleção para o aumento da produção de grãos, uma vez que os demais caracteres, como altura de planta e ciclo, apresentaram estabilidade, com aproximadamente 80 dias para o florescimento e altura de planta com cerca de 95 cm. A qualidade de grãos já tinha sido obtida de forma eficiente, mas será sempre um caráter de extrema importância dentro do Programa de Melhoramento, assim como a resistência à brusone e tolerância à deficiência hídrica (BRESEGHELLO et al., 2011).

A pesquisa na área de melhoramento genético de arroz no Brasil e em Minas Gerais tomou impulso a partir de meados da década de 1970, quando foram criadas a Embrapa e diversas empresas estaduais de pesquisa, dentre estas a EPAMIG, que foi criada em 1974. Nesse mesmo ano iniciaram-se os estudos com melhoramento genético do arroz no Estado. Os primeiros passos do Programa limitavam-se a avaliar cultivares e linhagens disponíveis no País e, somente em 1993, a EPAMIG, em parceria com a Universidade Federal de Lavras (Ufla) e a Embrapa Arroz e Feijão, deu início ao Programa de Avaliação de Populações Segregantes F₂, conduzido pelo Método Bulk, com o objetivo de obter linhagens mais adaptadas às condições climáticas de Minas Gerais (EPAMIG, 1993). Desse trabalho, foram lançadas, na safra de 1994-1995, duas cultivares específicas para o sistema de várzeas úmidas, que são a ‘Mucuri’ e a ‘Samburá’, e uma para várzeas por inundação, ‘Urucuia’.

Vários trabalhos têm demonstrado a eficiência do melhoramento genético na melhoria da produtividade de grãos, arquitetura e na redução do ciclo da cultura do arroz. Com o objetivo de avaliar o ganho



genético proporcionado pelo Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado em Minas Gerais, Santos et al. (1999) realizaram 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 foi de 33 kg/ha/ano (0,98% ao ano), sendo altamente significativo estatisticamente ($P \leq 0,01$). Esse número por si só, espelha a importância da pesquisa na área de melhoramento de arroz irrigado para Minas Gerais.

Souza et al. (2007) avaliaram 25 cultivares lançadas entre 1950 e 2001 e observaram considerável redução da altura média das plantas, diminuição de 21 cm no grupo precoce e em 38 cm no tardio. No caráter dias para florescimento, observaram decréscimo de 13 dias no grupo tardio e acréscimo médio de 10 dias no grupo de cultivares precoces, considerando o período de 51 anos. Resultados parecidos foram obtidos por Breseghello et al. (2011) que observaram um ganho genético para o caráter dias para florescimento, com redução média de 6,35 dias e redução de 13 cm na altura de plantas para o período de 25 anos.

O conhecimento do ganho genético é de fundamental importância em Programas de Melhoramento de Arroz, pois permite averiguar seu sucesso, buscar novos métodos que ampliem sua eficácia, bem como orientar futuras ações de pesquisas e reavaliar as estratégias empregadas (SOARES et al., 2005; MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008). Normalmente, estimar o progresso genético em um programa de melhoramento significa verificar a contribuição efetiva do melhoramento genético, na elevação da média dos genótipos selecionados em um ano e testados no ano seguinte (BORGES et al., 2009).

Objetivando quantificar o ganho genético para produtividade de grãos do Programa de Melhoramento do Arroz Irrigado de Minas Gerais, no período de 1998 a 2010, Vale et al. (2012) utilizaram dados dos ensaios comparativos avançados realizados em quatro localidades do estado de Minas Gerais. O ganho genético para produtividade de grãos no período considerado foi de 107,42 kg/ha/ano, o que representou uma

proporção de 17,88% da estimativa total do progresso. Esse ganho correspondeu ao aumento de 8,95 kg/ha/ano ou, ainda, aumento de 1,99% em produtividade de grãos por ano. Semelhantemente, Borges et al. (2009), com o objetivo de quantificar o progresso genético do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas, analisaram dados de produtividade de grãos dos ensaios de valor de cultivo e uso realizados pelas parcerias Ufla, EPAMIG, Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Embrapa Arroz e Feijão nas safras compreendidas entre 1997/1998 e 2007/2008. Foi observado que o ganho genético anual foi positivo em apenas quatro anos. O ganho acumulado total foi de -42,87 kg/ha. O ganho genético anual foi -1,21%. Concluiu-se que o ganho genético do Programa de Melhoramento ficou praticamente estável de 1997/1998 a 2007/2008.

O progresso genético de características agronômicas no Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado em Minas Gerais, no período compreendido entre 1998 e 2012, também foi estimado em trabalho realizado por Reis et al. (2015). Esses autores verificaram ganhos satisfatórios, principalmente para os caracteres produtividade de grãos (195,91 kg/ha) e peso de 100 grãos (0,10 g). E concluíram que, embora os resultados fossem positivos, novas estratégias de melhoramento devem ser sugeridas para aumentar as estimativas de progressos genéticos para caracteres agronômicos de interesse ao longo dos anos.

As informações relatadas na literatura com relação ao progresso genético de características agronômicas, tanto para o arroz inundado quanto para o arroz de terras altas, aliados aos bons índices de adoção das novas cultivares de arroz lançadas pela pesquisa, em Minas Gerais, retratam por si só a eficiência dos Programas de Melhoramento. Nos 43 anos de atuação desses Programas desenvolvidos pela EPAMIG, em parceria com outras instituições como a Embrapa Arroz e Feijão e a Ufla, foi possível colocar à disposição dos agricultores 31 novas cultivares de arroz, sendo 13 de terras altas e 18 de várzeas, as quais deram sustentação à orizicultura mineira (SOA-

RES, A.A., 2008, 2010, 2013; SOARES, P.C., 2004, 2008, 2017). Dentre essas cultivares destacam-se as lançadas mais recentemente (de 1996 a 2017):

- a) condições de terras altas: ‘Canastra’, em 1996; ‘Confiança’, em 1996; ‘Carisma’, em 1999; ‘Primavera’, em 2000; ‘BRSMG Conai’, em 2004; ‘BRSMG Curinga’, em 2004; ‘BRSMG Caravera’, em 2007; ‘BRSMG Relâmpago’, em 2007 e ‘BRSMG Caçula’, em 2012;
- b) condições de várzeas: ‘Jequitibá’ lançada em 1997; ‘Rio Grande’ em 1999; ‘BRS Ourominas’ em 2001; ‘BRSMG Seleta’ em 2004; ‘BRSMG Predileta’ em 2007; ‘BRSMG Rubelita’ em 2012 e ‘BRSMG Altetosa’ em 2017.

É fundamental destacar que as novas cultivares e as tecnologias a estas associadas só foram possíveis depois de muitos anos de pesquisas, e isso vem possibilitando incrementos expressivos de produtividade e qualidade de grãos, o que é interessante para toda a cadeia produtiva do arroz e para a sociedade em geral.

DESAFIOS DOS PROGRAMAS DE MELHORAMENTO DE ARROZ EM MINAS GERAIS

Os objetivos dos Programas de Melhoramento Genético de Arroz, para sistemas de produção em várzeas ou sequeiro, visam obter genótipos adaptados às condições adversas do ambiente, que sejam tolerantes às pragas e às doenças, tenham alta produtividade de grãos e qualidade nutricional.

Portanto, vislumbram-se obter genótipos melhorados que atendam às necessidades do produtor e do consumidor. Além do mais, é importante desenvolver cultivares que se adaptem bem a uma grande extensão territorial, que tenha bom aceite na agricultura familiar e empresarial. E, considerando o arroz de sequeiro, é importante que o genótipo desenvolva-se bem tanto no sistema de plantio convencional, quanto no Sistema Plantio Direto (SPD) e que seja uma boa alternativa no sistema de rotação de culturas e nas entressafras.



Dentre os principais desafios do melhoramento de arroz de várzeas e de terras altas destacam-se: ocorrência de pragas e doenças; competição com plantas invasoras; produção de híbridos e transgênicos; estresse hídrico e inserção do arroz no SPD (os dois últimos considerando o sistema de produção de sequeiro).

Ocorrência de pragas e doenças

A cultura do arroz é atacada por várias doenças durante todo o seu ciclo, o que compromete a produtividade e a qualidade dos grãos. A maioria dessas doenças é causada por fungos. Destacam-se a brusone, a mancha-parda, a escaldadura, a queimada-glumelas ou a mancha-dos-grãos.

A brusone é a principal doença do arroz, cujos danos podem causar até 100% de perda da produtividade de grãos. O agente causal é denominado *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. e pode infectar várias gramíneas, como arroz vermelho e preto, trigo, aveia e cevada. A enfermidade desenvolve-se rapidamente, quando encontra condições adequadas, como períodos longos de orvalho, nublados e associados às chuvas leves, as quais mantêm a umidade sobre as folhas. O *Pyricularia grisea* possui muitas raças, por isso não existe material totalmente resistente à brusone. Atualmente, há genótipos recomendados no mercado, classificados como moderadamente resistentes ou tolerantes.

O manejo integrado dessas doenças requer um conjunto de medidas preventivas, cujos componentes envolvem as práticas culturais adequadas para a cultura, o controle químico e, principalmente, a utilização de cultivares resistentes ou tolerantes ao patógeno. As principais estratégias no melhoramento para obter e conservar essa resistência/tolerância das cultivares envolvem a intensa avaliação das linhagens nas mais diferentes condições ambientais, rotação de cultivares com diferentes alelos de resistência, piramidação dos genes e o emprego de multilinhas, que consistem no uso de linhagens que possuem diferentes alelos de resistência, aumentando a durabilidade da resistência.

Competição com plantas invasoras

Outro desafio observado nos Programas de Melhoramento de Arroz é a competição com plantas invasoras. Por muito tempo não se deu importância ao controle dessas plantas em arroz de terras altas, já que o cultivo era realizado para abertura de novas áreas, situação em que nenhuma medida de controle é necessária. Em consequência, há carência de produtos e tecnologia para o controle de plantas invasoras em arroz de terras altas. Além disso, o arroz de terras altas possui baixa capacidade de competição, o que constitui um dos principais obstáculos para a introdução da cultura em sistemas agrícolas permanentes.

Um avanço para a cultura do arroz foi o sistema Clearfield, desenvolvido pela BASF, em 2004. O sistema Clearfield de produção de arroz consiste no uso de cultivares portadoras de genes que conferem resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Esta característica foi obtida por meio de mutação induzida e transferida para cultivares e híbridos comerciais por meio do melhoramento genético convencional. Tal tecnologia constitui uma alternativa promissora para o controle de arroz vermelho, considerada a planta invasora que mais causa danos à rizicultura, podendo gerar perdas que superam facilmente os patamares de 30%.

No sistema de várzeas, a tecnologia Clearfield já é uma realidade, havendo genótipos recomendados, resistentes aos herbicidas do grupo imidazolinona. O arroz Clearfield é empregado com grande sucesso, tanto na redução dos custos de produção, quanto na obtenção de maiores estimativas de produtividade de grãos, principalmente pela menor concorrência com o arroz vermelho.

Híbridos de arroz

Na década de 1970, os cientistas chineses demonstraram amplamente que a utilização de arroz híbrido poderia aumentar os rendimentos de arroz na China em 15% a 20%. Verifica-se que o híbrido realmente pode produzir 1,5 t/ha a mais do que uma

cultivar convencional, pela heterose e superioridade quanto ao vigor inicial, perfilamento, resistência às doenças e tolerância à seca. No Brasil, existem sementes híbridas de arroz disponíveis apenas para os produtores de arroz de várzeas. Para o arroz de terras altas, híbridos ainda não são uma realidade.

No Brasil, a adoção do arroz híbrido pelos agricultores vem aumentando nos últimos anos, sendo que, no estado do Rio Grande do Sul, mais de 70 mil hectares foram cultivados em 2014, e, no estado de Santa Catarina, estima-se que 20 mil hectares tenham sido estabelecidos com sementes de arroz híbrido.

Para a obtenção das sementes híbridas são necessárias três linhagens, sistema ABR: linhagem A macho-estéril, linhagem R, com genes restauradores da fertilidade, e linhagem B, mantenedora. A linhagem A é macho-estéril, não sendo capaz de produzir pólen viável, por causa da interação entre genes do citoplasma e do núcleo. Essa linhagem é utilizada como fêmea na produção de semente híbrida de arroz. A linhagem B ou linhagem mantenedoura é similar à linha macho-estéril, que produz pólen fértil e semente, normalmente. Essa linhagem é utilizada como polinizadora para manter a linha macho-estéril. A linha R ou restauradora é uma linha que, quando cruzada com a linha A (macho-estéril), restaura a fertilidade do F1. Essa linhagem é também chamada linhagem macho. A linhagem R é utilizada como polinizadora da linha macho estéril para produção de sementes híbridas, conforme apresentado na Figura 1.

A semente híbrida comercial (F1) é obtida pelo cruzamento da linhagem A com a linhagem R. Essa hibridação é facilitada pelo fato de a linhagem A ser macho-estéril, não havendo necessidade de emasculação das plantas. Nos campos de cruzamentos para produção das sementes híbridas, são plantadas linhas com a linhagem A intercaladas com a linhagem R. A semente de arroz híbrido insere-se no mercado de sementes como uma ferramenta a mais para viabilizar a orizicultura, além de torná-la competitiva, adequando o setor à nova realidade (LEVIEN, 2000).



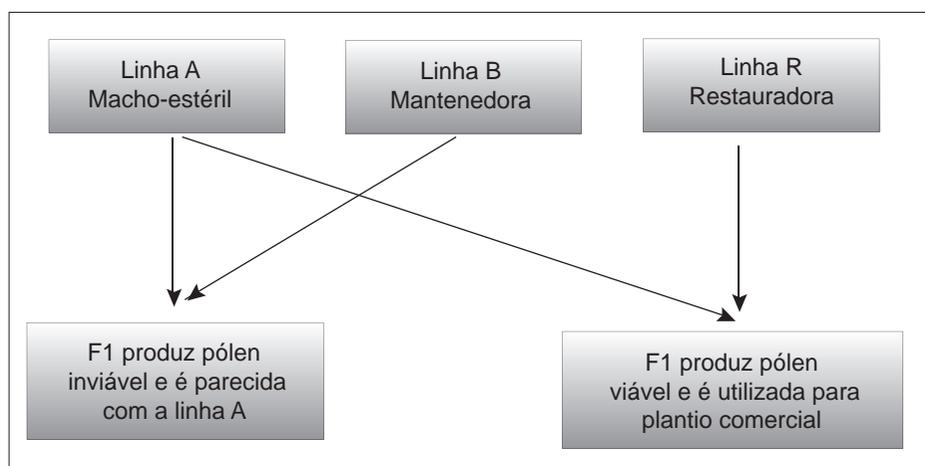


Figura 1 - Sistema ABR para produção de sementes de arroz híbrido

Fonte: Guerra e Bepalhok Filho (2008).

Estresse hídrico

A ocorrência do estresse hídrico causa uma série de problemas que afetam de maneira significativa o desenvolvimento e a produtividade da planta. Em algumas regiões produtoras de arroz de terras altas, principalmente na região dos Cerrados, é comum a ocorrência de estiagens, também chamadas veranicos, durante a estação chuvosa. Nessa região, a pluviometria anual está em torno dos 1.200-1.500 mm, distribuídos ao longo dos meses de outubro a abril. Todavia, durante os meses de janeiro e fevereiro, podem ocorrer períodos de deficiência hídrica, principal causa da baixa produtividade e instabilidade de produção do arroz de terras altas. As chuvas normalmente se restabelecem após esse período, mas as perdas na produção são irreversíveis, especialmente quando o estresse coincide com o período do florescimento (EKANAYAKE; DATA; STE-PONKUS, 1990). Já que é nesse estágio em que são afetados os processos relacionados com o desenvolvimento reprodutivo, o que resulta em esterilidade e dessecamento das espiguetas. Essa situação contribui para que o arroz de terras altas seja considerado uma cultura de alto risco, fazendo com que o desenvolvimento de genótipos mais tolerantes à seca seja linha de pesquisa prioritária nesta cultura.

Cultivares de arroz mais tolerantes à deficiência hídrica e que mantenham

crescimento e produtividade, quando há redução da água no solo, são necessárias para estabilizar a produção. Neste enfoque, o melhoramento genético do arroz de terras altas pode contribuir significativamente para o incremento da tolerância e minimizar os impactos dos veranicos. Embora a espécie seja altamente exigente no suprimento de água, há variabilidade genética para este caráter, sendo possível a obtenção de variedades mais tolerantes ao estresse hídrico (CABUSLAY; ITO; ALEJAR, 2002).

Inserção do arroz no plantio direto

Dentre as culturas agrícolas plantadas no Brasil, o arroz parece ser a menos adaptada ao SPD. A forma predominante de nitrogênio no solo nesse sistema é a níttrica e o insucesso pode estar associado à baixa capacidade de assimilação do nitrato, ou seja, baixa atividade da enzima nitrato redutase nos primeiros 20 a 30 dias após a emergência, o que causa redução do vigor das plântulas e da capacidade de competição com plantas invasoras. Nitrato redutase é a primeira enzima que atua no processo de assimilação do nitrogênio nas plantas, responsável pela redução do nitrato a nitrito (PURCINO et al., 1994). A capacidade de a cultura do arroz reduzir e incorporar nitrato é de fundamental importância para o sucesso dessa cultura em terras altas, por isso é fundamental a obtenção de genótipos

de arroz que tenham maior atividade da enzima redutase do nitrato.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de arroz no estado de Minas Gerais vem sendo realizado há várias décadas, contudo têm-se observado decréscimo da área plantada ao longo dos anos e, conseqüentemente, redução da produção de grãos. Tal situação vem ocorrendo principalmente no caso do arroz inundado, pelos vários problemas enfrentados, como diminuição das áreas de várzeas cultiváveis e o alto custo de produção. Esses fenômenos, aliados ao fato de o arroz de terras altas não ter-se mostrado rentável como outras culturas anuais, como a soja, fazem com que Minas Gerais, apesar de sua tradição na produção de arroz e de sua proximidade geográfica dos mercados consumidores, deixasse de ser um importante centro no abastecimento interno desse cereal.

Contudo, como resultado dos esforços dos Programas de Melhoramento Genético do Arroz, realizados pela EPAMIG, Embrapa, Ufla, UFV, IAC, Irga, foi lançado no Estado um grande número de cultivares, que, além de proporcionar um significativo aumento de produtividade das lavouras, viabilizou a cultura do arroz em diversos ambientes, sobretudo naqueles de maiores altitudes, como áreas de chapada, onde é muito alta a incidência de doenças.

A eficiência dos Programas de Melhoramento, aliada ao bom índice de adoção das novas cultivares de arroz inundado e de terras altas, e o desenvolvimento e o emprego de novas tecnologias fazem com que a cultura do arroz em Minas Gerais tenha perspectiva de aumento de produção de grãos, tornando-se mais atrativa aos produtores, fato que permitirá maior sustentabilidade da cadeia produtiva desse cereal no Estado.

REFERÊNCIAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos - safra 2015/16 - quarto levantamento. Brasília: CONAB, v.3, n.4, jan. 2016. 147p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>

gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos?start=30>. Acesso em: 2 ago. 2017.

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos - safra 2016/17 - nono levantamento. Brasília: CONAB, v.4, n.9, jun. 2017. 157p. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos/item/1704-9-levantamento-safra-2016-17>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

AZEVEDO, D.M.P. de. **Primavera**: arroz precoce 'agulhinha' para os cerrados de Rondônia. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1997. 6p. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Recomendações Técnicas, 4).

BORGES, V. et al. Progresso genético do programa de melhoramento de arroz de terras altas de Minas Gerais utilizando modelos mistos. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.27, n.3, p.478-490, jul./set. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio: Brasil 2016/17 a 2026/27 - projeções de longo prazo**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-ver-sao-preliminar-25-07-17.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

BRESEGHIELLO, F. et al. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. **Crop Science**, Madison, v.51, n.3, p.914-923, May 2011.

CABUSLAY, G.S.; ITO, O.; ALEJAR, A.A. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. **Plant Science**, v.163, n.4, p.815-827, Oct. 2002.

CASTRO, A.P. de et al. **BRS Esmeralda**: cultivar de arroz de terras altas com elevada produtividade e maior tolerância à seca. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 4p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 215).

EKANAYAKE, I.J.; DATTA, S.K. de; STEPONKUS, P.L. Spikelet sterility and flowering response of rice to water stress at anthesis. **Annals of Botany**, v.63, n.2, p. 257-264, Feb. 1989.

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.

GUERRA, E.P.; BESPALHOK FILHO, J.C. **Híbridos em espécies autógamas**. [Curitiba: UFPR, 2008]. 5p. Disponível em: <<http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/ca>

pitulo%209.pdf>. Acesso em: 11 maio 2016. GUIMARÃES, C.M. et al. Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A.B. dos; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R. de A. (Ed.). **A cultura de arroz no Brasil**. 2.ed. rev. e ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap.3, p.53-96.

GUIMARÃES, E.P.; MORAIS, O.P. Upland rice varieties released in Brazil. **International Rice Research Newsletter**, v.12, n.5, p.4, Oct. 1987.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, v.30, n.2, p.1-83, fev. 2017. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201702.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201702.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2017.

LEVIEN, M.E.A. **Análise do potencial de mercado de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) híbrido**. 2000. 65f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MENEZES JÚNIOR, J.A.N. de; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.833-838, out./dez. 2008.

MORAIS, O.P. de et al. Melhoramento genético. In: SANTOS, A.B. dos; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2.ed.rev. e ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap.9, p. 289-358.

PURCINO, A.A.C. et al. Atividade da redu-tase do nitrato em genótipos antigos e modernos de milho, cultivados sob dois níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.6, n.1, p.41-46, 1994.

REIS, G.G. dos et al. Accuracy and genetic progress of agronomic traits in irrigated rice program in Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.43, p.4032-4038, Oct. 2015.

RICE MARKET MONITOR. Rome: FAO, v.20, n.1, Apr. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Rice/Images/RMM/RMM_APR17_H.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2017.

SANTOS, P.G. et al. 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. et al. BRSMG Caçula: very early upland rice cultivar for Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.13, n.3, p.208-211, out. 2013.

SOARES, A.A. et al. BRSMG Caravera: cultivar de arroz para terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.7, p.937-940, jul. 2008.

SOARES, A.A. et al. BRSMG Relâmpago: an early upland rice cultivar with high grain quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.10, n.2, p.176-179, June 2010.

SOARES, A.A. et al. Desempenho da cultivar de arroz Primavera em condições de sequeiro tradicional e com irrigação por aspersão em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **Resumos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 1 CD-ROM. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 113).

SOARES, P.C. et al. BRSMG Predileta: irrigated rice cultivar for lowlands in Minas Gerais, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.8, n.3, p.219-222, 2008.

SOARES, P.C. et al. BRSMG Rubelita: irrigated rice cultivar for lowlands in the state of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.17, n.2, p.180-183, Apr./June 2017.

SOARES, P.C. et al. Cultivares de arroz de terras altas e de várzeas recomendadas para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**. Arroz: avanços tecnológicos, Belo Horizonte, v.25, n.222, p.25-34, 2004.

SOARES, P.C. et al. Genetic gain in an improvement program of irrigated rice in Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.5, p.142-148, 2005.

SOUZA, M.A. de et al. Progresso genético do melhoramento de arroz de terras altas no período de 1950 a 2001. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.371-376, mar. 2007.

VALE, J.C. do et al. Contribuição genética na produtividade do arroz irrigado em Minas Gerais no período de 1998 a 2010. **Bragantia**, Campinas, v.71, n.4, p.460-466, 2012.

WANDER, A.E. A competitividade do agronegócio brasileiro de arroz. **Custos e @gronegócio Online**, Recife, v.2, n.1, p.2-15, jan./jun. 2006.



Adaptabilidade e aceitabilidade das cultivares de arroz recomendadas para Minas Gerais, por produtores, industriais e consumidores

Plínio César Soares¹, Antônio Alves Soares², Moisés de Sousa Reis³, Vanda Maria de Oliveira Cornélio⁴, Aurinelza Batista Teixeira Condê⁵, Paula Pereira Torga⁶

Resumo - Caracterização botânica, morfológica e agrônômica das cultivares de arroz recomendadas para terras altas e várzeas de Minas Gerais, no período de 2001 a 2017, com base em pesquisas de melhoramento genético desenvolvidas no Estado, pela EPAMIG e Universidade Federal de Lavras (Ufla), em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão. Essas pesquisas disponibilizaram aos orizicultores mineiros, no referido período, nove cultivares de arroz, sendo cinco apropriadas ao cultivo em várzeas e quatro indicadas para o plantio em terras altas. Foram abordados aspectos relacionados com a adaptabilidade e a aceitabilidade desses genótipos lançados, por orizicultores, industriais e consumidores.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Melhoramento genético. Arroz de terras altas. Arroz irrigado.

Adaptability and acceptability of rice cultivars recommended in the state of Minas Gerais by producers, industrialists and consumers

Abstract - This article aimed to characterize the botanical, morphological and agronomic characteristics of rice cultivars recommended for upland and lowland of Minas Gerais from 2001 to 2017, based on genetic improvement research carried out in the State by EPAMIG and UFLA, in partnership with Embrapa Arroz e Feijão. In this period nine cultivars were provided to rice farmers, five of which were suitable for cultivation in lowland and four were suitable for planting in upland. Also discussed in this article are aspects related to the adaptability and acceptability of these genotypes, by farmers, industrialists and consumers.

Keywords: *Oryza sativa*. Breeding. Upland rice. Lowland Rice.

INTRODUÇÃO

O arroz é considerado a terceira maior cultura cerealífera do mundo, perdendo apenas para o trigo e o milho, sendo responsável pela alimentação de metade da população mundial (NAVES, 2007).

A produção brasileira de arroz nos últimos anos, está sendo suficiente para

suprir a demanda do mercado interno. Na safra 2014/2015, a produção dessa cultura foi de, aproximadamente, 12,5 milhões de toneladas. De maneira geral, o cultivo de arroz está distribuído por todo o País, porém, a maior parte está concentrada na região Centro-Sul, onde estima-se que sejam colhidos em torno de 10,8 milhões

de toneladas/ano (ACOMPANHAMENTO SAFRA BRASILEIRA, 2016).

Minas Gerais ocupa a segunda posição na produção de arroz no Sudeste, e perde apenas para São Paulo. Na safra 2014/2015, Minas apresentou média de produtividade de 2.385 kg/ha e área de cultivo de 12 mil hectares, registrando-se redução na área

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista FAPEMIG, Viçosa, MG, plinio@epamig.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof./Pesq. Aposentado UFLA, Lavras, MG, aasoares@ufla.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, moizes@epamig.br

⁴Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, vanda.cornelio@epamig.ufla.br

⁵Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, aurinelza@epamig.br

⁶Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, paula.torga@embrapa.br



de cultivo desse cereal acompanhada pelo aumento na produção ao longo dos anos. Assim, durante o período de 1976 a 2016, observou-se esta tendência que culminou em aumento expressivo na produtividade dessa cultura ao longo desses anos. A média de produtividade no ano agrícola de 1976/1977 era de 897 kg/ha, enquanto que atualmente situa-se em torno de 2.100 kg/ha (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, 2016).

Um dos principais fatores que contribuem para o aumento de produção de arroz é o emprego de cultivares melhoradas, adaptadas a cada modalidade de cultivo. Isso porque a tecnologia gerada (novas cultivares) é de baixo custo e de fácil adoção pelos agricultores, proporcionando ganhos expressivos no rendimento das lavouras.

Dessa forma, os avanços tecnológicos atuais, associados ao uso de novas cultivares superiores, darão um novo impulso à produção de arroz em Minas Gerais, com possibilidades de reversão de tendência de declínio dessa importante cultura, podendo o Estado voltar a ser autossuficiente neste cereal.

CULTIVARES RECOMENDADAS PARA MINAS GERAIS

Com base em resultados de pesquisas obtidos pelos Programas de Melhoramento Genético de Arroz de Várzeas (irrigado e de várzea úmida) e de Terras Altas, desenvolvidos em Minas Gerais, pelo consórcio EPAMIG, Embrapa Arroz e Feijão e Universidade Federal de Lavras (Ufla), elaboraram-se as Tabelas 1 e 2 com as principais características botânicas, morfológicas, fenológicas e agrônômicas das cultivares de arroz lançadas e recomendadas para o Estado, no período de 2001 a 2017.

Cultivares para arroz de terras altas (sequeiro tradicional e irrigado por aspersão)

‘BRSMG Curinga’

A ‘Curinga’ foi originada inicialmente de uma família selecionada na geração F₃, pelo Centro Internacional de Agricultura

Tropical (Ciat), na Colômbia, descendente do seguinte cruzamento: CT9978-12-2-2P-4/CT10037-56-4-M-4-1-p-1//P5589-1-1-3P-1-1P/CT9356. Foi introduzida, em 1994, pela Embrapa Arroz e Feijão, que continuou o processo de melhoramento em Goiânia. Em 1995/1996, a referida família, já na geração F₅, foi submetida à seleção individual de plantas e, dentre as selecionadas, uma deu origem à linhagem CT11251-7-2-M-M-BR1, na geração F₆, a qual foi registrada no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Arroz e Feijão com o número CNAs 8812. Em Minas Gerais, essa linhagem foi introduzida em 1997/1998 por meio do ensaio de observação e, após ter sido selecionada, participou no ano seguinte do ensaio comparativo preliminar. Destacou-se mais uma vez, a partir de 1999/2000, e passou a integrar os ensaios comparativos avançados em diversas regiões do Estado, nas condições de terras altas e de várzea úmida ou drenada. O excelente desempenho dessa linhagem nas diversas condições edafoclimáticas de Minas Gerais possibilitou o seu lançamento em 2004 como nova cultivar (Fig. 1).

Produtividade de grãos

O desempenho produtivo da ‘Curinga’, em relação às testemunhas ‘Carisma’, ‘Caiapó’ e ‘Canastra’ em condições de sequeiro, é mostrado na Tabela 2. Esta cultivar foi ligeiramente inferior à ‘Carisma’ (-1,14%), que é mais precoce e superior à ‘Caiapó’ (8,63%) e à ‘Canastra’ (12,82%), que são de ciclos semelhantes. Assim, a ‘Curinga’, apesar de possuir arquitetura com folhas eretas, semelhantes à de arroz irrigado por inundação, tem boa resistência à seca e alto potencial de produção, mesmo no cultivo de terras altas.

No sistema de cultivo de várzea úmida ou drenada, a ‘Curinga’ apresentou produtividade média de grãos próxima de 4,5 t/ha, superando as cultivares testemunhas Carisma, Canastra e Caiapó em 9,65%, 11,76% e 19,71%, respectivamente (Tabela 2). Assim, a ‘Curinga’ veio preen-

cher essa lacuna de cultivares melhoradas para as condições de várzea úmida ou drenada, em Minas Gerais.

Qualidade dos grãos

A ‘Curinga’ apresenta boa qualidade culinária, os grãos ficam soltos e macios após o cozimento. Essa característica é conferida, principalmente, pelo teor de amilose (26,6%) e temperatura de gelatinização (nota 3,7) intermediários.

‘BRSMG Caravera’

A ‘BRSMG Caravera’ é proveniente do cruzamento realizado pela Embrapa Arroz e Feijão, em 1998, entre as cultivares Carajás e BRS Primavera, de onde se originou o nome Caravera. Procurou-se, com esse cruzamento, reunir em uma única cultivar as características de qualidade de grãos da ‘BRS Primavera’ com a rusticidade e resistência ao acamamento e às doenças da ‘Carajás’. As sementes F₂ obtidas do referido cruzamento foram enviadas a Minas Gerais, em 1999, quando, então, se iniciou o processo de seleção, utilizando-se o método de melhoramento de bulk modificado e o bulk convencional, obtendo-se um grande número de linhagens. Aquela que deu origem à ‘BRSMG Caravera’ apresenta a seguinte genealogia: CNAX 7393-MG-BM-B-P-6. Em 2002/2003, a referida linhagem recebeu o código de MG 1096, sendo avaliada pela primeira vez no ensaio preliminar (EP). Seu desempenho foi tão bom que, a partir de 2003/2004, passou a participar da rede de ensaios de valor de cultivo e uso (VCUs) em diversas localidades de Minas Gerais. Seu bom desempenho possibilitou o lançamento como cultivar para todas as regiões do Estado, à exceção do Norte e Nordeste de Minas, onde é frequente a deficiência hídrica.

Produtividade de grãos

Os resultados de produtividade de grãos da ‘BRSMG Caravera’ e das testemunhas ‘BRSMG Conai’, ‘Canastra’ e ‘Caiapó’ são apresentados na Tabela 2. Como se observa, a nova cultivar é muito



Tabela 1 - Principais características das cultivares recomendadas para Minas Gerais, de 2001 a 2017

Cultivar	Origem	Altura de plantas (cm)	Perfilhamento	Floração (dias)	Maturação (dias)	Glumelas			Dimensões dos grãos descascados				Tipo de grão	Peso de 100 grãos (g)	Rendimento de grãos inteiros (%)	Resistência			
						Cor	Ápice	Arista	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Relação C/L				Acamamento	Seca	Brusone	Mancha-de-grãos
Curinga	CT9978-12-2-2P-4/ CT10037-56-4-M-4- 1-p-1//P5589-1-1-3P-1- 1P/CT9356.	93	Ótimo	97	132	Amarelo- palha	Claro	Ausente	7,20	2,22	1,80	3,24	Longo-fino	2,68	54	R	R	MR	MS
Caravera	Carajás/BRS Primavera (linhagem: CNAX 7393-MG-BM-B-P-6)	93	Bom	83	113	Palha	Branco	Ausente	8,50	2,22	1,87	3,63	Longo-fino	2,69	50,3	R	R	MR	MR
Relâmpago	Carajás/BRS Primavera (linhagem: CNAX 7393-MG-BM-B-P-3)	102	Médio	79	109	Palha	Branco	Ausente, às vezes com microaristas	7,91	2,13	1,77	3,71	Longo-fino	2,68	44,3	MS	R	MR	MR
Caçula	CG3-422-6BMG29, codificada como CMG 1152	98	Bom	74	105	Palha	Branco	Ausente	7,60	2,15	1,83	3,53	Longo-fino	2,91	58,8	MR	R	MR	MR
Ourominas	17719//5738/IR 21015- 72-3-3-3-1	90	Ótimo	100	135	Amarelo- palha	Amarelo	Ausente, às vezes com alguma microarista	7,50	2,20	1,70	3,40	Longo-fino	2,72	60	R	S	R	R
Seleta	CT 7415/P 4743//CT 8154	95	Ótimo	100	140	Amarelo- palha	Marrom	Ausente	7,52	2,01	1,77	3,72	Longo-fino	2,58	55	R	S	R	R
Predileta	CNAX 4267/CNA 6080	96	Ótimo	105	137	Dourada	Marrom	Presente	7,45	2,12	1,79	3,51	Longo-fino	2,59	60	R	S	MR	MR
Rubelita	CNA 4990/CNA 7882	97	Ótimo	107	100 a 135	Amarelo- palha	Amarelo	Ausente, às vezes com microaristas	7,57	2,07	1,80	3,65	Longo-fino	2,76	55	R	S	MR	MR
Alterosa	P 3299F4-33/CNAX 7852F4-1-2-B	97	Ótimo	109	130 a 140	Palha/ Dourada	Amarelo	Ausente ou muito curta	7,53	2,10	1,75	3,58	Longo-fino	2,60	55	R	S	MR	MR

Fonte: Soares, A.A. et al. (2005ab, 2008, 2010, 2013) e Soares, P.C. et al. (2002, 2004, 2005ab, 2008, 2017ab).

Nota: R - Resistente; MR - Moderadamente resistente; MS - Moderadamente suscetível; S - Suscetível.

C/L - Comprimento/Largura.

Tabela 2 - Produtividade das cultivares de arroz recomendadas para Minas Gerais de 2001 a 2017, por ocasião do seu lançamento

Cultivar	Tipo de cultura	Ano de lançamento	Instituições responsáveis pelo lançamento	Ensaio (nº)	Produção de grãos (kg/ha)			Incremento em relação às testemunhas (%)	
					Cultivar lançada	Cultivares (testemunhas)			
						1	2		3
Curinga	TA, V	2004	EPAMIG EMBRAPA UFLA	19	3687	3268 (Canastra)	3394 (Caiapó)	3729 (Carisma)	9,65 a 19,7
Caravera	TA	2007	EPAMIG EMBRAPA UFLA	24	4655	3562 (Caiapó)	3875 (Canastra)	4105 (Conai)	13,4 a 30,8
Relâmpago	TA	2007	EPAMIG EMBRAPA UFLA	24	4232	3562 (Caiapó)	3875 (Canastra)	4012 (Carisma)	5,5 a 18,8
Caçula	TA	2012	EPAMIG EMBRAPA UFLA	22	3620	2851 (Canastra)	3302 (Conai)	3467 (Curinga)	18,08 a 32,6
Ourominas	I, V	2001	EPAMIG EMBRAPA	18	6488	5531 (BR-IRGA 409)	5881 (Jequitibá)	6056 (Urucuia)	7 a 15
Seleta	I, V	2004	EPAMIG EMBRAPA	14	6821	5560 (BR-IRGA 409)	5836 (Jequitibá)	6447 (Urucuia)	5 a 18
Predileta	I, V	2007	EPAMIG EMBRAPA	16	6818	5777 (BR-IRGA 409)	6040 (Jequitibá)	6401 (Rio Grande)	6 a 15
Rubelita	I, V	2012	EPAMIG EMBRAPA	10	6533	6158 (Jequitibá)	6387 (Ourominas)	6434 (Rio Grande)	1 a 5
Alterosa	I, V	2017	EPAMIG EMBRAPA	21	6544	5835 (Rubelita)	5941 (Ourominas)	6069 (Predileta)	7 a 11

Fonte: Soares, A.A. et al. (2005ab, 2008, 2010, 2013) e Soares, P.C. et al. (2002, 2004, 2005ab, 2008, 2017ab).

Nota: TA - Sequeiro tradicional ou irrigado por aspersão (terras altas); V - Várzeas úmidas; I - Irrigado por inundação contínua.



Antônio Alves Soares

Figura 1 - Cultivar Curinga

Nota: Dupla aptidão, ou seja, pode ser cultivada tanto em terras altas quanto em várzeas úmidas.

mais produtiva do que as três cultivares usadas para comparação, superando a melhor testemunha ('BRSMG Conai') em 13,4%. Em relação à 'Canastra' e 'Caiopó', foi superior em 20,1% e 30,7%, respectivamente. Dessa forma, a 'BRSMG Caravera', pelo alto potencial de produção de grãos, associado à resistência ao acamamento, possibilitou ao agricultor a adoção de altas tecnologias, tornando o arroz de terras altas uma cultura mais competitiva, sobretudo, sob condições irrigadas por aspersão ou pivô central. A 'BRSMG Caravera' mostrou também alta estabilidade de produção de grãos.

Características da planta

A cultivar BRSMG Caravera é do grupo moderno, ou seja, tem folhas eretas, é perfilhadora, de porte baixo e resistente ao acamamento. Possui resistência moderada à brusone-da-folha, mas é moderadamente suscetível à brusone-da-panícula e moderadamente resistente à mancha-parda, à mancha-de-grãos e à escaldadura-da-folha. As glumelas são de coloração palha, a cor do ápice na maturação é branca ou marrom,

e as aristas são praticamente ausentes, às vezes observam-se microaristas. O degrane natural é fácil. O ciclo, que é de aproximadamente 113 dias, pode ser caracterizado como semiprecoce. Em virtude da moderada suscetibilidade da 'BRSMG Caravera' à brusone-da-panícula, em ambientes de alta pressão dessa enfermidade, poderá ser necessário efetuar o controle químico.

Qualidade de grãos

A análise química dos grãos da 'BRSMG Caravera' revelou teor de amilose de 22,9% e temperatura de gelatinização intermediária (nota 5,0), conferindo-lhe boa qualidade culinária, próxima à dos grãos da 'BRS Primavera', um de seus pais, que é padrão nacional nesse quesito para o arroz de terras altas. Para maximizar o rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, recomenda-se proceder à colheita, quando os grãos apresentarem 20%-23% de umidade.

'BRSMG Relâmpago'

A 'BRSMG Relâmpago' foi obtida por meio do cruzamento entre as cultivares

Carajás e BRS Primavera, realizado pela Embrapa Arroz e Feijão, em 1998. A 'BRS Primavera' destaca-se pela qualidade de grãos e pela produtividade, e a 'Carajás' pela rusticidade, precocidade e tolerância às doenças. Portanto, o referido cruzamento objetivou selecionar linhagens com boas características dos pais. As sementes F_2 obtidas desse cruzamento foram enviadas a Minas Gerais, em 1999, quando se iniciou o processo de seleção, utilizando-se os métodos de melhoramento de bulk modificado e bulk convencional. Entre as diversas linhagens selecionadas, a que deu origem à 'BRSMG Relâmpago' tem a seguinte genealogia: CNAx 7393-MG-B-P-3. Em 2002/2003, a referida linhagem recebeu o código de MG 1094, sendo avaliada inicialmente no EP e, a partir de 2003/2004, na rede de ensaios de VCUs, em diversos ambientes do Estado. O bom desempenho em diferentes condições climáticas de Minas Gerais permitiu o seu lançamento como cultivar para o plantio em condições de terras altas, sobretudo por pequenos produtores.

Produtividade de grãos

As médias de produtividade de grãos obtidas pela 'BRSMG Relâmpago' e as testemunhas comparativas ('Carisma', 'Canastra' e 'Caiopó') constam na Tabela 2. Nota-se que a 'BRSMG Relâmpago' superou ligeiramente a 'Carisma' (5,5%) e em maior magnitude a 'Canastra' (9,2%) e a 'Caiopó' (18,8%) na média de 24 ensaios. O bom potencial de produção de grãos da 'BRSMG Relâmpago', associado à excelente qualidade de grãos, tolerância à brusone e superprecocidade, fez com que essa cultivar se tornasse excelente alternativa para os agricultores de terras altas de Minas Gerais.

Características da planta

A cultivar BRSMG Relâmpago é do grupo moderno, ou seja, tem folhas eretas, é perfilhadora, tem porte médio, porém possui suscetibilidade média ao acamamento. Possui resistência moderada

à brusone-da-folha, mas é moderadamente suscetível à brusone-da-panícula; mostrou-se moderadamente resistente a mancha-parda, mancha-de-grãos e escaldadura-da-folha. As glumelas são de coloração palha, a cor do ápice na maturação é branca ou marrom e as aristas são praticamente ausentes, às vezes observam-se microaristas. O degrane natural é fácil. O ciclo, que é de aproximadamente 109 dias, pode ser caracterizado como superprecoce. Em virtude da moderada suscetibilidade da 'BRSMG Relâmpago' à brusone-da-panícula, em ambientes de alta pressão dessa enfermidade, poderá ser necessário efetuar o controle químico.

Qualidade dos grãos

A análise da qualidade culinária dos grãos da 'BRSMG Relâmpago' foi realizada no laboratório da Embrapa Arroz e Feijão, em Goiânia. Os resultados indicaram teor de amilose de 22,8% e temperatura de gelatinização intermediária (nota 5,0), conferindo-lhe excelente qualidade de panela, semelhante aos grãos da 'BRS Primavera' (um de seus pais), que é padrão nacional de qualidade de grãos para o arroz de terras altas. A 'BRSMG Relâmpago', à semelhança da 'BRS Primavera', não tolera atraso na colheita, após os grãos atingirem maturação. Ou seja, para obter maior rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, recomenda-se colher os grãos quando estiverem com 20%-23% de umidade (Fig. 2).

'BRSMG Caçula'

A 'BRSMG Caçula' foi obtida por seleção dentro da população de Seleção Recorrente CG3, enviada a Minas Gerais em 1999, pela Embrapa Arroz e Feijão, para avaliação, avanço de geração e seleção de linhagens. Em 2000, foram selecionadas várias famílias $S_{0,2}$, que avançaram pelo método de bulk até a homozigose ($S_{0,6}$), para extração de linhagens. Dentro da família 422, foram selecionadas várias linhagens e uma recebeu o código CMG 1152, cuja genealogia é CG3-422-6B-20,



Figura 2 - Cultivar Relâmpago

Nota: Destaca-se pela superprecoceidade, ciclo de 110 dias, bom potencial genético para produção de grãos e excelente qualidade de panela.

e que, após ser avaliada nos ensaios de observação preliminar e VCU, deu origem à cultivar BRSMG Caçula.

Nas avaliações de campo, o trabalho constou de 22 ensaios VCUs conduzidos em condições de terras altas em diversos ambientes de Minas Gerais, no período de 2007/2008 a 2010/2011. O número de ensaios variou por local nos diferentes anos agrícolas. Em 2007/2008, os ensaios foram conduzidos nos municípios de Lambari (2), (Lat. 21°58', Long. 45°23' e altitude 845 m); Lavras (2), (Lat. 45°00', Long. 21°14' e altitude 919 m); Patos de Minas (Lat. 18°46', Long. 46°31' e altitude 856 m); Patrocínio (Lat. 18°57'S, Long. 47°00'W e Alt. 972 m); Piumhi (Lat. 20°28', Long. 45°56' e altitude 760 m) e São Sebastião do Paraíso (Lat. 20°54', Long. 46°59' e altitude 940 m). Nos anos agrícolas 2008/2009 e de 2009/2010, os ensaios foram conduzidos em Lambari (2), Lavras, Patos de Minas e Piumhi. No

último ano agrícola 2010/2011, os ensaios foram implantados em Lambari, Lavras, Patos de Minas e São Sebastião do Paraíso. Os tratamentos foram constituídos por linhagens e cultivares testemunhas, totalizando 20 entradas por ano. Em cada ano agrícola, as linhagens de desempenho inferior foram substituídas por outras, supostamente melhores, contudo, mantiveram-se as testemunhas em todo período de avaliação.

As características avaliadas foram: cor das folhas, pubescência, ângulo da folha bandeira, perfilhamento, floração média, ciclo de maturação completa, altura de planta, acamamento, resistência a doenças, coloração das glumelas, cor do ápice na maturação, presença de aristas, degranação, comprimento médio das panículas, produtividade de grãos, dimensões dos grãos descascados, peso de 1.000 grãos, classe de grãos, rendimento de grãos inteiros e de quebrados, renda de benefício

Antônio Alves Soares



de grãos, temperatura de gelatinização e teor de amilose. Essas avaliações foram feitas segundo o Manual de Métodos de Pesquisa em Arroz da Embrapa Arroz e Feijão (EMBRAPA, 1977).

Características da planta e dos grãos

As folhas da 'BRSMG Caçula' têm coloração verde, ausência de pubescência (glabra) e a folha bandeira forma um ângulo ereto em relação ao caule; o perfilhamento é bom, apesar de ser uma cultivar extraordinariamente precoce, pois floresce com 72 a 76 dias após a semeadura, e completa o ciclo com 100-110 dias, dependendo da temperatura média local. A altura de planta varia bastante em função da fertilidade do solo, espaçamento, densidade de semeadura, manejo da cultura e condições climáticas. Mas, na média dos ensaios, ficou em 98 cm. Portanto, muito próxima de 1 m, considerada, hoje, como desejável, pois contribui para boa tolerância ao acamamento, permitindo a utilização de alta tecnologia, sobretudo, a aplicação de doses mais elevadas de fertilizantes e utilização de espaçamentos mais estreitos. Outra característica importante dessa cultivar é a tolerância moderada às principais enfermidades, a qual proporciona segurança aos agricultores, contudo nos ambientes de alta pressão de brusone na panícula é recomendável o controle preventivo com fungicidas específicos.

As glumelas possuem coloração palha e a cor do ápice é verde na floração e branca na maturação; os grãos são múticos, ou seja, não apresentam aristas, e a degranação natural é intermediária. O comprimento médio das panículas, na média dos ensaios, foi de 18,8 cm, todavia, no arroz de terras altas, essa é uma característica bastante variável entre os ambientes, dependendo principalmente da fertilidade do solo, da distribuição de chuvas e do espaçamento e densidade de semeadura.

A cultivar BRSMG Caçula possui grãos da classe longo-fino (agulhinha), os mais valorizados no mercado brasileiro. Para

os grãos serem classificados como longos-finos, têm de conter, no mínimo, 80% dos grãos inteiros medindo 6,00 mm, ou mais, no comprimento; 1,90 mm, no máximo na espessura e cuja relação comprimento/largura seja superior a 2,75 mm após o polimento. Pelas dimensões dos grãos apresentadas por esta cultivar, verifica-se que são agulhinhas. Uma das características marcantes da 'BRSMG Caçula' é a boa qualidade culinária, como pode ser confirmado pelos resultados de laboratório: teor de amilose (24,60%) e temperatura de gelatinização (4,2) intermediários. O índice de centro branco recebeu nota de 2,6, portanto, nesse quesito, a cultivar recebeu avaliação situada entre boa a regular. Outro destaque que distingue a 'BRSMG Caçula' da maioria das cultivares de arroz de terras altas é o alto rendimento de grãos inteiros no beneficiamento (59%), característica rara entre as cultivares plantadas nesse ambiente, onde os frequentes estresses hídricos, associados à maior incidência de doenças (brusone-da-panícula e mancha-de-grãos), favorecem maior porcentual de grãos quebrados. Nesse quesito, a 'BRSMG Caçula' sobressai bastante sobre a 'BRSMG Curinga' (54%), 'BRSMG Conai' (54%), 'BRSMG Relâmpago' (44%) e 'BRSMG Caravera' (50%) (SOARES, A.A. et al., 2005ab, 2008, 2010). Foi ainda 5,8% superior à 'Canastra', no rendimento de grãos inteiros, no período de 2007/2008 a 2010/2011. A maior resistência à quebra de grãos no beneficiamento possibilita maior atraso na colheita, sem grandes prejuízos aos orizicultores, pois, trabalhos de campo nem sempre são possíveis de ser realizados no momento mais adequado.

Produtividade de grãos

Os resultados de produtividade de grãos da 'BRSMG Caçula' e das testemunhas 'BRSMG Curinga', 'BRSMG Conai' e 'Canastra' são apresentados na Tabela 2. Apesar da superprecocidade, que geralmente diminui a produtividade, a cultivar BRSMG Caçula possui alto potencial genético para produção de grãos, pois

foi estatisticamente ($p \leq 0,05$) semelhante à 'BRSMG Curinga' e superior às duas cultivares BRSMG Conai e Canastra, já bastante conhecidas pelos orizicultores. Isso demonstra que é uma cultivar eficiente na conversão de energia solar e nutrientes em grãos de arroz, em um curto espaço de tempo.

A questão que se coloca é por que lançar a 'BRSMG Caçula'? E em que condições deve ser a preferida pelos produtores? O cultivo do arroz de sequeiro sempre foi considerado uma exploração de alto risco pelos agricultores, pelos frequentes veranicos que ocorrem nos meses de janeiro e, sobretudo, em fevereiro e março, os quais causam perdas parciais ou até totais das lavouras. A redução desse risco sempre foi uma preocupação da pesquisa que vem procurando atenuar os danos dos possíveis veranicos (VIEIRA; SANTOS; SANT'ANA, 1999). Dentre as alternativas possíveis estão o aumento da resistência genética à seca, a adoção de práticas culturais como aração profunda e a redução do ciclo das cultivares. A primeira opção é mais complexa e a pesquisa ainda vai levar algum tempo para obter cultivares resistentes à seca. A segunda alternativa é fácil de ser aplicada, mas, com o advento do plantio direto, os produtores não estão mais dispostos a revolver o solo, assim, resta a opção de utilizar cultivares de ciclo mais curto. Como essa alternativa reduz os riscos de veranicos? Pelo escape, já que, o maior risco é quando ocorre estresse hídrico nos estádios de emborrachamento, exsurgência da panícula e floração, que causa esterilidade parcial ou total das espiguetas. Portanto, quanto mais cedo ocorrer esses estádios no campo, coincidindo com períodos de maior ocorrência de chuvas, menor será o risco de ocorrer esterilidade, com a consequente redução da produtividade de grãos. Menor risco implica na adoção de melhores tecnologias, maior produtividade e melhor retorno econômico.

Nas condições irrigadas por aspersão, não há risco de estresse hídrico. Contudo, pelo alto custo do investimento, os produtores têm que maximizar o uso da área.



Para tanto, devem-se cultivar duas a três safras por ano e isso só é possível se forem utilizadas cultivares precoces das espécies a ser plantadas. A superprecocidade da 'BRSMG Caçula' a coloca em posição singular para plantio da safra principal ou da segunda safra (conhecida como safrinha), sobretudo sob condições irrigadas por pivô central. Seu cultivo na safrinha é possível, graças à insensibilidade ao fotoperíodo.

Em síntese, a 'BRSMG Caçula' associa características muito valorizadas pelos orizicultores, que são: potencial produtivo, precocidade, resistência ao acamamento, tolerância moderada às principais doenças, grão agulhinha, boa qualidade culinária, insensibilidade ao fotoperíodo e alto rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, característica das mais valorizadas pelos proprietários de engenhos. Portanto, essa nova cultivar dará uma grande contribuição à orizicultura mineira.

A cultivar BRSMG Caçula, pelo potencial de produção de grãos, pela precocidade, pela qualidade química e física de grãos e pela tolerância ao acamamento e às principais doenças do arroz, foi lançada para cultivo em terras altas, em todo o estado de Minas Gerais.

Cultivares para várzeas (irrigada por inundação ou em baixada úmida)

'BRS Ourominas'

A 'BRS Ourominas' originou-se do cruzamento das linhagens '17.719', '5.738' e 'IR21015-72-3-3-1', realizado pelo Ciat, e foi introduzida no Brasil em geração F₄, pela Embrapa Arroz e Feijão, que efetuou vários ciclos de seleção obtendo a linhagem 'CNA 7556'. Por meio das Comissões Técnicas Regionais de Arroz, esta linhagem foi colocada à disposição da Rede Nacional de Avaliação de Arroz Irrigado (Renai). Começou a ser avaliada em Minas Gerais, pela EPAMIG, a partir de 1993. Constituiu a 13ª cultivar de arroz irrigado lançada no Estado, pelo Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Várzeas, executado pelo consórcio EPAMIG e Embrapa Arroz e Feijão.

Características da planta

A 'BRS Ourominas' é de ciclo médio, floresce aos 100-105 dias, aproximadamente e atinge a maturação próximo de 135-140 dias, dependendo da região, época e método de plantio. Esta cultivar apresenta folha bandeira ereta, ótima capacidade de perfilhamento e porte médio em torno de 90 cm, adequado para lavouras irrigadas. A colheita é processada manualmente ou por meio de colhedoras. A cultivar BRS Ourominas é resistente ao acamamento e apresenta degrane normal na maturação. Foi avaliada em Minas Gerais, no período de 1995 a 2000, nos ensaios comparativos avançados de arroz irrigado, totalizando 18 diferentes ambientes.

Produtividade de grãos

Nessas pesquisas a 'BRS Ourominas' produziu em média 6.488 kg/ha, contra 6.056, 5.881 e 5.531 kg/ha das cultivares testemunhas 'Urucuia', 'Jequitibá' e 'BR-IRGA 409', respectivamente. Os índices de aumento de produtividade em relação às testemunhas variaram de 9% a 16%. Tal desempenho produtivo, aliado a outros caracteres agrônômicos de interesse, permitiu sua recomendação para plantios comerciais em todas as regiões do Estado, a partir de 2001 (Tabela 2).

Esta nova cultivar mostrou-se mais resistente às principais doenças fúngicas do arroz (brusone e mancha-de-grãos), que as cultivares testemunhas 'Urucuia' e 'BR-IRGA 409'. Porém, ela apresentou comportamento semelhante à Jequitibá, quanto à reação a doenças no campo.

Qualidade de grãos

A 'BRS Ourominas' está enquadrada na classe longo-fino (tipo agulhinha), seus grãos têm endosperma vítreo, alto rendimento de grãos inteiros no beneficiamento (em torno de 60%), boa massa e excelente qualidade de panela, pois ficam soltos, macios e saborosos após o cozimento, além da boa expansão de volume. Assim, a ótima qualidade industrial e culinária dos

grãos, aliada ao alto potencial genético para produção e outros caracteres agrônômicos de interesse, torna a 'BRS Ourominas' uma das melhores cultivares de arroz de várzeas lançadas, até então, no estado de Minas Gerais.

'BRSMG Seleta'

A 'BRSMG Seleta' é originária do cruzamento triplo CT 7415 / P4743 // CT 8154, realizado pelo Ciat, Colômbia, em 1988, e foi introduzida no Brasil em 1990, pela Embrapa Arroz e Feijão. No período de 1990/1991 a 1994/1995, as populações segregantes foram conduzidas utilizando-se os métodos genealógicos e massal, selecionando-se uma linhagem que foi registrada no BAG da Unidade, com o código de CNA 8479. A partir de 1995/1996 a linhagem passou a integrar a rede nacional de avaliação de linhagens de arroz irrigado por meio do ensaio de observação.

Avaliações subsequentes realizadas em Minas Gerais, no Ensaio Comparativo Preliminar no ano agrícola 1996/1997 e nos Ensaios Comparativos Avançados ou VCUs, durante cinco anos agrícolas (1997/1998 a 2001/2002), totalizando 14 ensaios, evidenciaram o comportamento superior às cultivares testemunhas, levando à recomendação para cultivo sob irrigação por inundação contínua em todas as regiões de Minas Gerais a partir de 2004.

Características da planta

A 'BRSMG Seleta' atinge o ponto de colheita aos 140-145 dias, enquadrando-se na categoria de ciclo médio. É de porte intermediário, com altura média de planta oscilando entre 95 e 100 cm. Comporta-se como resistente ao acamamento e tem-se mostrado resistente à brusone e à mancha-de-grãos.

Produtividade de grãos

Em um total de 14 ensaios de VCUs, conduzidos sob irrigação por inundação contínua em várzeas mineiras, no período de 1997/1998 a 2001/2002, a 'BRSMG



Seleta' apresentou médias de produtividade mais elevadas que as da melhor testemunha, 'Urucuia' ou 'Jequitibá', demonstrando seu alto potencial genético para produção de grãos.

Qualidade de grãos

Em média, superou em 5,8%, 16,8% e 22,7% as cultivares testemunhas BR-IRGA 409, Jequitibá e Urucuia, respectivamente (Tabela 2). Seu rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, quando colhidos no ponto ideal de colheita (20%-22% umidade), situa-se entre 55% e 60%, com baixa intensidade de centro branco. Seus grãos são da classe longo-fino, com dimensões similares aos da cultivar Ourominas (comprimento 7,52 mm; largura 2,01 mm; espessura 1,77 mm; e relação comprimento/largura de 3,72 mm, após beneficiados). Com relação à temperatura de gelatinização e teor de amilose, os grãos da 'BRSMG Seleta' são similares aos da 'Ourominas', apresentando-se soltos, macios e enxutos, com boa expansão de volume após cozidos (Fig. 3).



Plínio César Soares

Figura 3 - Cultivar Seleta

Nota: Possui elevado potencial genético para produção de grãos e excelente desempenho industrial e culinário.

'BRSMG Predileta'

A cultivar BRSMG Predileta originou-se do cruzamento das linhagens CNAX 4267 e CNA 6080 efetuado pela Embrapa Arroz e Feijão, em 1988. Foi registrada no BAG com o número CNA 8575. Essa cultivar começou a ser avaliada em Minas Gerais, pela EPAMIG, a partir de 1996.

Produtividade de grãos

As médias de produtividade de grãos obtidas em 13 a 16 ensaios VCUs, realizados em Minas Gerais, durante oito anos agrícolas (1998/1999 a 2005/2006), pela 'BRSMG Predileta' e cultivares testemunhas ('Rio Grande', 'Jequitibá', e 'BR-IRGA 409') encontram-se na Tabela 2. Verifica-se que a nova cultivar BRSMG Predileta, com 6.818 kg/ha de grãos, superou ligeiramente a 'Rio Grande' (6,12%) e em maior magnitude a 'Jequitibá' (11,41%) e a 'BR-IRGA 409' (15,27%), nas médias dos ensaios. Entretanto, foi estatisticamente ($p=0,05$) semelhante às cultivares Rio Grande e Jequitibá, diferindo apenas da 'BR-IRGA 409'.

Características da planta

A cultivar BRSMG Predileta enquadrada no grupo moderno de planta, apresentando folhas eretas, alto perfilhamento, porte médio com resistência ao acamamento. Apresenta resistência moderada à brusone-foliar e à brusone-da-panícula; mostrou ser também moderadamente resistente à mancha-parda e à mancha-de-grãos. Porém, é suscetível à escaldadura-foliar. Na maturação, as glumelas exibem coloração dourada, sendo a cor do ápice marrom, às vezes branca, com presença de aristas de tamanho variado. O ciclo de maturação gira em torno de 137 dias.

Qualidade de grãos

Os resultados de análises de algumas características de grãos da 'BRSMG Predileta' apontaram que seus grãos são longo-finos (agulhinha), os preferidos dos consumidores e industriais. Esta cultivar apresentou excelente desempenho em relação ao rendimento de benefício de grãos (67%) e de grãos inteiros (60%).

Análises de qualidade culinária dos grãos da 'Predileta', realizadas nos laboratórios da Embrapa Arroz e Feijão, acusaram alto teor de amilose (30%) e temperatura de gelatinização intermediária (nota 4), conferindo-lhe boa qualidade de panela. Seus grãos cozidos são soltos e macios.

'BRSMG Rubelita'

A 'BRSMG Rubelita' originou-se do cruzamento simples, envolvendo as linhagens CNA 4990 e CNA 7882, o qual visava reunir maior resistência à brusone, rusticidade, potencial produtivo e qualidade de grãos. O cruzamento foi realizado pela Embrapa Arroz e Feijão, em 1996, e, após multiplicação das sementes F_1 , a geração F_2 foi semeada no primeiro semestre de 1997, em Goianira, GO. Após seleção massal de plantas de boa aceitação fenotípica, a geração F_3 foi semeada na safra 1997/1998, também em Goianira, quando toda a população foi colhida em



bulk. A geração F_4 foi submetida à seleção de plantas individuais, em 1998/1999, e, no ano seguinte, procedeu-se à nova seleção de plantas dentro das melhores populações $F_{4,5}$. As linhagens F_6 foram incorporadas no ensaio de observação de famílias de arroz irrigado de 2001/2002, Goianira, GO. Em 2002/2003, a linhagem F4-2-6-B, identificada como BRA 02697, participou do EP de rendimento de arroz irrigado, semeado em Goianira, GO; Formoso do Araguaia, TO; Boa Vista, RR e em Leopoldina, MG. Com a análise dos EPs, a linhagem BRA 02697 foi selecionada para continuar em avaliação em Minas Gerais, no âmbito do Convênio Minas Gerais. Na safra 2004/2005 foi incluída nos ensaios de VCU de Minas Gerais, tendo permanecido nesta modalidade de ensaios por cinco anos, ou seja, de 2004/2005 a 2009/2010.

Além disso, foi avaliada nos ensaios de Teste de Distingibilidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE), em Goianira-GO, no ano agrícola 2012/2013. Foi também avaliada quanto à qualidade culinária dos grãos pela Embrapa Arroz e Feijão, apresentando temperatura de gelatinização e de teor aparente de amilose classificados como intermediários.

Produtividade de grãos

As médias de produtividade de grãos obtidas em dez ensaios VCUs, conduzidos em Minas Gerais, durante cinco anos agrícolas (2004/2005 a 2009/2010), pela 'BRSMG Rubelita' e cultivares testemunhas ('Jequitibá', 'Rio Grande' e 'Ourominas') encontram-se na Tabela 2. Verifica-se que a nova cultivar BRSMG Rubelita, com média geral na análise conjunta de 6.178 kg/ha, superou ligeiramente a 'Ourominas' (0,83%) e, em maior magnitude a 'Jequitibá' (5,31%).

Características da planta

A cultivar BRSMG Rubelita enquadra-se no grupo moderno de planta, apresentando folhas eretas de coloração verde-escura, alto perfilhamento, porte médio

com resistência ao acamamento. Apresenta resistência moderada às principais doenças que atacam o arroz (brusone-foliar e brusone-da-panícula, mancha-parda, manha-de-grãos e escaldadura-foliar). Na maturação, as glumelas exibem coloração palha, sendo a cor do ápice amarela, com ausência ou, às vezes, presença de aristas de tamanho curto. O ciclo de maturação varia entre 110 e 135 dias dependendo das condições edafoclimáticas locais.

Qualidade dos grãos

Os resultados de análises mostraram que os grãos da 'BRSMG Rubelita' são translúcidos, soltos e macios após o cozimento, graças ao teor de amilose e à temperatura de gelatinização intermediários, o que atende às exigências do mercado consumidor. Esta cultivar possui excelente desempenho em relação ao rendimento de grãos inteiros no beneficiamento (acima de 55%). A cultivar BRSMG Rubelita apresenta grãos da classe longo-fino (agulhinha), os mais valorizados no mercado brasileiro. Para os grãos serem classificados/enquadrados como longo-finos têm de conter, no mínimo, 80% de grãos inteiros, medindo 6,00 mm, ou mais no comprimento; 1,90 mm, no máximo, na espessura e cuja relação comprimento/largura seja superior a 2,75 mm após o polimento.

'BRSMG Alterosa'

A 'BRSMG Alterosa' originou-se do cruzamento entre os genótipos P 3299F4-33/CNA x 7852F4-1-2-B. Este último tem em sua árvore genealógica 25 genótipos, dos quais seis são apropriados ao cultivo em terras altas. Daí, pode-se inferir que este genótipo possui genes para tolerância ao déficit hídrico. O cruzamento para obtenção do F_1 foi realizado pela Embrapa Arroz e Feijão, em 1996. No período de 1997/1998 a 2001/2002, as populações segregantes foram conduzidas empregando-se os métodos genealógico e massal, selecionando-se uma linhagem que foi registrada no BAG da Unidade, com o código de BRA 02691. A partir de

2002/2003 a linhagem passou a fazer parte da Rede Nacional de Avaliação de Linhagens por meio do Ensaio de Observação de Linhagens de Arroz Irrigado Tropical.

Avaliações subsequentes realizadas em Minas Gerais, no Ensaio Comparativo Preliminar, no ano agrícola 2003/2004, e nos Ensaios Comparativos Avançados ou VCUs, durante dez anos agrícolas (2004/2005 a 2015/2016), totalizando 21 ensaios, evidenciaram o comportamento/desempenho superior às cultivares testemunhas, levando à recomendação para cultivo sob irrigação por inundação contínua em todas as regiões de Minas Gerais a partir de 2017. Constitui a 18ª cultivar de arroz de várzeas lançada pelo Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado, conduzido em Minas Gerais pelo Consórcio entre EPAMIG e Embrapa Arroz e Feijão.

A 'BRSMG Alterosa' atinge o ponto de colheita aos 130-140 dias, enquadrando-se na categoria de ciclo médio. É de porte intermediário, com altura média de planta que oscila entre 95 e 100 cm. Comporta-se como resistente ao acamamento e tem-se mostrado moderadamente resistente à brusone, à mancha-parda e à mancha-de-grãos.

Em um total de 21 ensaios de VCUs, conduzidos sob irrigação por inundação contínua em várzeas mineiras, no período de 2004/2005 a 2015/2016, a 'BRSMG Alterosa' apresentou médias de produtividade mais elevadas que as das melhores testemunhas, 'Seleta' e 'Rio Grande', demonstrando alto potencial genético para produção de grãos.

Em média, a 'Alterosa' superou em 7,26%, 9,21% e 10,83% às cultivares testemunhas Predileta, Ourominas e Rubelita, respectivamente (Tabela 2). Seu rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, quando colhidos no ponto ideal de colheita (20%-22% umidade), situa-se entre 55% e 60%, com nota intermediária para índice de centro branco. Seus grãos são da classe longo-fino, com dimensões similares aos da cultivar Ourominas (comprimento 7,53 mm; largura 2,10 mm; espessura



1,75 mm e relação comprimento/largura de 3,58) após beneficiados. A ‘BRSMG Alterosa’ possui grãos com teor de amilose em torno de 19,94% (intermediário/baixo) e temperatura de gelatinização ao redor de 6,40 °C (Fig. 4).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cabe salientar que a partir da década de 1990 priorizou-se o quesito qualidade de grãos. É notória a ênfase dada a este caráter por todos os Programas de Melhoramento de Arroz e de outros grãos, tanto

em nível estadual, como em nível nacional ou mundial. Como resultado desse esforço, as cultivares lançadas mais recentemente possuem grãos de melhor qualidade, em seus diferentes fins, beneficiando a todos: produtores, industriais e consumidores.

Os Programas de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas e de Várzeas, desenvolvidos em Minas Gerais pela EPAMIG, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Ufla, mostraram-se eficientes no período analisado (2004 a 2017). Foram lançadas nove cultivares de arroz, sendo cinco para as lavouras irrigadas em várzeas e quatro para as de terras altas (sequeiro tradicional ou irrigadas por aspersão). Destas, atualmente, as mais cultivadas em terras altas em Minas Gerais são: ‘Caravera’, ‘Caçula’ e ‘Relâmpago’ e em várzeas (irrigadas por inundação contínua ou em várzeas úmidas) são: ‘Seleta’, ‘Predileta’ e ‘Rubelita’.

REFERÊNCIAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos - safra 2015/16 - quarto levantamento. Brasília: CONAB, v.3, n.4, jan. 2016. 147p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=30>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

EMBRAPA-CNPAF. **Manual de métodos de pesquisa de arroz**: 1ª aproximação. Goiânia: EMBRAPA- CNPAF, 1977. 106p.

NAVES, M.M.V. Características químicas e nutricionais do arroz. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.25, n.1, p.51-60, jan./jun. 2007.

SOARES, A.A. et al. BRSMG Caravera: cultivar de arroz para terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.7, p.937-940, jul. 2008.

SOARES, A.A. et al. BRSMG Conai: cultivar de arroz superprecoce para terras altas. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.52, n.303, p.721-727, 2005a.

SOARES, A.A. et al. BRSMG Curinga: cultivar de arroz para plantio em terras altas e várzeas. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.52, n.304, p.967-974, 2005b.

SOARES, A.A. et al. BRSMG Relâmpago: an early upland rice cultivar with high grain



Fotos: Plínio César Soares

Figuras 4 - Cultivar Alterosa

Nota: Lançada mais recentemente (2017), promete conquistar lavouras de arroz de várzea em Minas Gerais.

quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.10, n.2, p.176-179, June 2010.

SOARES, P.C. et al. **BRSMG Alterosa**: cultivar de arroz para várzeas mineiras. EPAMIG: Belo Horizonte, 2017a. 2p. Folder provisório.

SOARES, P.C. et al. BRSMG Ouro Minas: cultivar de arroz para cultivo irrigado por inundação contínua. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.49, n.281, p.89-95, jan./fev. 2002.

SOARES, P.C. et al. BRSMG Predileta: irri-

gated rice cultivar for lowlands in Minas Gerais, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.8, n.3, p.219-222, 2008.

SOARES, P.C. et al. BRSMG Rubelita: irrigated rice cultivar for lowlands in the state of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17, n.2, p.180-183, 2017b.

SOARES, P.C. et al. BRSMG Seleta: cultivar de arroz irrigado para cultivo nas várzeas mineiras. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.52, n.302, p.509-516, 2005a.

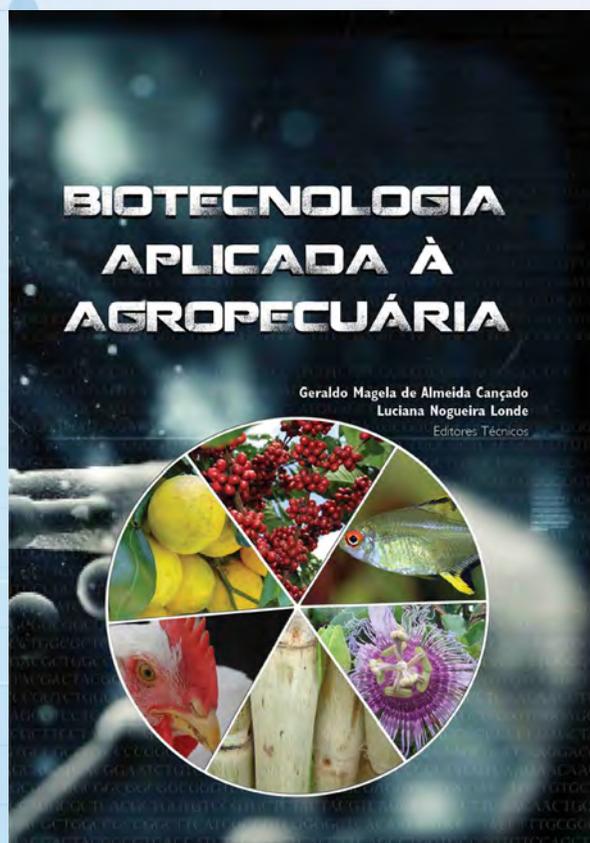
SOARES, P.C. et al. Cultivares de arroz de terras altas e de várzeas recomendadas para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**. Arroz: avanços tecnológicos, Belo Horizonte, n.25, n.222, p.25-34, 2004.

SOARES, P.C. et al. Genetic gain in improvement program of irrigated rice in Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, n.5, p.142-148, 2005b.

VIEIRA, N.R. de A.; SANTOS, A.B. dos; SANT'ANA, E.P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1999. 633p.

Biotechnologia na agropecuária

eucalipto
 arroz
 café
 batata
 cacau
 feijão
 cana
 aves
 sorgo
 milho
 oliveira
 soja
 maracujá
 uva
 suínos
 bovinos



Informações:

publicacao@epamig.br

(31) 3489-5002

www.informeagropecuario.com.br



Controle integrado de doenças, pragas e plantas invasoras no arroz

Aurinelza Batista Teixeira Condé¹, Vanda Maria de Oliveira Cornélio², Júlio César de Souza³, Fábio Aurélio Dias Martins⁴, Elifas Nunes de Alcântara⁵, Rogério Antônio Silva⁶, Erika Carla da Silveira⁷

Resumo - O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo. A produção deste cereal busca técnicas de manejos integrados de doenças, bem como de pragas e de plantas invasoras, de modo que sua incorporação ao sistema produtivo contribua para preservar o meio ambiente e resulte em benefício para o orizicultor e também para o consumidor. Para tanto, são utilizados controles culturais, mecânicos e químicos. Também como alternativas, com resultados muito promissores, têm-se utilizado a rotação de culturas e de cultivares e o silício, o que favorece a resistência induzida nas plantas.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Sustentabilidade. Manejo integrado. Rotação de culturas. Silício.

Integrated control of diseases, pests and weeds in rice

Abstract - Rice is one of the most produced and consumed cereals in the world. The production of this cereal seeks techniques of integrated management of diseases, as well as pest and weeds so that its incorporation into the production system contributes to preserving the environment and results in the benefit to the rice farmer and to the consumer. In order to do so, cultural, mechanical and chemical control techniques are used. In addition, as an alternative and with promising results, crop rotation and cultivar rotation has been used, also, fertilization with silicon has been used favoring induced resistance in rice plants.

Keywords: *Oryza sativa*. Sustainability. Integrated management. Rotation of cultures. Silicon.

INTRODUÇÃO

A orizicultura fornece um alimento básico, fonte de energia para 50% da população mundial, com vital importância para os países em desenvolvimento (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006). É um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, principal alimento para metade da população mundial (AOKI; AKAI; UJIE, 2017). Cabe, portanto, aos envolvidos na cadeia produtiva adequá-la aos conceitos que elevam a produção a um novo patamar,

que não se ocupa apenas do resultado imediato da produção, mas busca um equilíbrio visando a sustentabilidade da atividade.

O relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991), apresentou o primeiro conceito conhecido de sustentabilidade:

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades.

A partir desse conceito simples, mas de complexa realização, surgiram correntes na academia que encaminharam a pesquisa na busca por otimizar os processos produtivos em função da adoção das tecnologias desenvolvidas em todas as áreas do conhecimento, não diferente na agricultura. Destacam-se nesse sentido, na atividade agrícola, o Manejo Integrado de Pragas (MIP), doenças e plantas invasoras.

Os manejos integrados de doenças, bem como os de pragas e de plantas invasoras em arroz, devem ser considerados como

¹Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, aurinelza@epamig.br

²Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul, Lavras, MG, vanda.cornelio@epamig.ufla.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul-EcoCentro/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, jcepamig@gmail.com

⁴Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul, Lavras, MG, fabio.aurelio@epamig.br

⁵Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul, Lavras, MG, elifas@epamig.ufla.br

⁶Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul-EcoCentro/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, rogeriosilva@epamig.ufla.br

⁷Bióloga, D.Sc., Bolsista EPAMIG Sul, Lavras, MG, erika.silveira@yahoo.com.br



parte do manejo geral da cultura, de modo que sua incorporação ao sistema produtivo contribua para preservar o meio ambiente e resulte em benefício para o orizicultor.

Segundo Mattos et al. (2008), o conceito de MIP enfoca processos de mitigação de efeitos negativos de poluição ambiental pelo uso inadequado de agrotóxicos. Para esses autores, o princípio do MIP propõe reduzir a quantidade usada de agrotóxicos a um mínimo necessário para o controle eficiente das pragas, mantendo a qualidade dos alimentos consumidos, a saúde humana, a qualidade ambiental e uma população efetiva de inimigos naturais. Este mesmo conceito deve ser aplicado no caso de doenças e plantas invasoras.

A rotação de culturas tem sido uma saída inteligente para o agricultor de arroz de terras altas. A monocultura tem acelerado o processo de degradação física, química e biológica dos solos e aumentado a pressão de doenças, pragas e plantas invasoras e, como consequência, a queda de produtividade e o incremento nos custos de produ-

ção. A rotação de culturas surge como uma estratégia eficiente no manejo integrado de doenças, pragas e plantas invasoras.

Uma alternativa que tem demonstrado eficácia no controle de doenças e pragas do arroz é o uso de fertilização silicatada. O silício apresenta-se como efetivo na proteção contra doenças, pelo acúmulo na epiderme foliar que leva ao desenvolvimento de uma barreira mecânica e bioquímica (RODRIGUES et al., 2003; NAKATA et al., 2008; SANTOS et al., 2011). A formação dessas barreiras resulta em maior resistência aos patógenos e/ou pragas e pode ser utilizada como estratégia de manejo integrado.

MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS

É fato que doenças em arrozais ocorram em todo o território brasileiro. Prejuízos são variáveis, sendo maiores em arroz de terras altas, com perdas na produtividade, por causa da brusone, a mais expressiva doença que afeta a cultura do arroz no Brasil e no mundo (Fig. 1).

O manejo integrado da brusone, bem como o de outras doenças, requer um conjunto de medidas preventivas, cujos componentes são a resistência genética da cultivar, as práticas culturais e o controle químico, tendo por objetivo aumentar a quantidade e a qualidade do produto, por meio da redução da população do patógeno a níveis toleráveis.

Para o manejo integrado de doenças é necessário conhecer algumas características ideais para o desenvolvimento do patógeno, tais como: temperatura, umidade, intervalo de molhamento foliar (formação de água livre sob a folha acima de 10 horas, umidade relativa (UR) >90%); capacidade de o patógeno sobreviver no solo e/ou restos culturais; sua transmissão por sementes; se possui hospedeiros alternativos; se a suscetibilidade das plantas à doença aumenta ou diminui, dependendo da fertilidade do solo; se o uso de água de irrigação e/ou máquinas contribuem para disseminação dos propágulos do patógeno; se o patógeno é disseminado pelo vento;



Figura 1 - Brusone na panícula

Fotos: Valécia Lemes da Silva Lobo

se existem produtos químicos eficientes para o controle da doença, dentre outras características (NUNES, 2014).

Durante todo o ciclo da cultura, o arroz pode ser afetado por doenças que comprometem sua produção e também a qualidade dos grãos. As principais doenças causadas por fungos são: brusone (*Pyricularia grisea*), mancha-parda (*Drechslera oryzae*), escaldadura-da-folha (*Gerlachia oryzae*) e manchas-de-grãos, que estão associadas a vários patógenos, incluindo *Drechslera oryzae*, *Phoma sorghina*, *Alternaria padwickii*, *Pyricularia grisea*, *Gerlachia oryzae*, *Curvularia* sp. e *Nigrospora* sp.:

- a) brusone: a brusone ocorre durante todo o ciclo da cultura, do estágio de plântula até a fase de maturação, e as principais fontes do inóculo são as sementes infectadas e os restos culturais. No início do ciclo da cultura, os sintomas aparecem nas folhas com a formação de pequenas lesões necróticas de coloração marrom. Nos nós, as lesões são de cor marrom e podem atingir as regiões do colmo. A infecção do nó da base da panícula é conhecida como brusone-do-pescoço, o que provoca o estrangulamento desta, podendo causar chochamento total dos grãos;
- b) mancha-parda: as sementes infectadas e os restos culturais constituem o inóculo inicial da mancha-parda. Na fase da emergência das plântulas, o fungo causa lesões no coleóptilo. Nos grãos, as glumas apresentam manchas marrons-escuras que, muitas vezes, coalescem, cobrindo o grão inteiro. Quando se manifesta logo após a emissão das panículas, a infecção provoca a esterilidade das espiguetas;
- c) escaldadura-da-folha: as fontes de inóculo primário são as sementes infectadas e os restos culturais. A doença escaldadura-da-folha manifesta-se a partir do pleno perfilhamento até a fase final do ciclo da cultura;

d) mancha-de-grãos: a mancha-de-grãos é a segunda principal doença de final de ciclo em arroz de terras altas e está associada a vários patógenos (SILVA-LOBO et al., 2011). As manchas aparecem desde o início da emissão das panículas até seu amadurecimento.

O uso de sementes com boa qualidade fisiológica e sanitária de procedência é um fator determinante no sucesso do plantio. O tratamento de sementes com fungicidas reduz o inóculo inicial e pode ser indicado para a erradicação da infestação das sementes (CORNÉLIO et al., 2010).

O controle requer medidas varietais, culturais e químicas. A escolha de cultivares resistentes ou tolerantes pode evitar e/ou diminuir a severidade de doenças nas áreas. A rotação de cultivares de safra para safra contribui para manter a sanidade da área de plantio.

Algumas medidas de controle cultural contribuem para a sanidade da lavoura, tais como: maior espaçamento e menor densidade de semeadura; plantio antecipado, assim que iniciarem as chuvas; uso de cultivares precoces (CORNÉLIO et al., 2007).

MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

Assim como acontece com as plantas da família das poáceas, no arroz existe uma diversidade de insetos-pragas, no campo e no local de armazenamento, promovendo perda de até 35% na produção (COSTA et al., 2006).

As pragas da parte aérea, associadas à cultura, geralmente são as mesmas no cultivo do arroz de terras altas e irrigado. As mais comuns são as lagartas (Lepidoptera) *Mocis latipes* (GUEN., 1852) (curuquerê-dos-capinzais); *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (lagarta-do-cartucho-do-milho); *Diatraea saccharalis* (brocada-cana-de-açúcar); *Leucania humidicola* (GUEN., 1852) e *Pseudaletia* spp. são insetos vorazes que se alimentam das folhas, colmos e panículas; os percevejos *Oebalus* spp. (percevejo-da-panícula) que sugam as panículas e afetam a qualidade e a quantidade de grão, e o *Tibraca limbativentris* (STAL, 1860) (percevejo-do-colmo) (Fig. 2), responsável pelo sintoma do “coração morto”; *Deois flavopicta* (STAL, 1854) (cigarrinha-das-pastagens) sugadoras da seiva, inserem toxinas que resultam no



Figura 2 - Percevejo-do-colmo

José Alexandre F. Barrigossi

aparecimento de folhas amarelas e faixas brancas, cujos adultos vivem na parte aérea dos capins; e formigas-cortadeiras.

No solo, o cultivo de terras altas sofre ataques dos insetos-pragas subterrâneos como os cupins *Syntermes molestus* (BURM., 1839), *Procornitermes* spp. e *Cornitermes* spp., que constituem uma das pragas mais prejudiciais, podendo reduzir a quantidade de plantas, com reflexos na produção, pois alimentam-se do arroz semeado e do sistema radicular das plantas jovens, destruindo-as totalmente. As larvas do bicho-bolo ou cascudo ou pão-de-galinha atacam as raízes e provocam definhamento e amarelecimento das plantas. *Conoderus scalaris* (larva-aramé); *Elasmopalpus lignosellus* (ZELLER, 1848) (lagarta-elasma), constroem galerias mistas de terra e de teia, como consequência, ocorre secamento da folha central, que se desprende com facilidade, quando puxada. *Rhopalosiphum rufiabdominale* (SASAKI, 1899) (pulgão-da-raiz) e paquinhas. No arroz irrigado são os gorgulhos-aquáticos ou bicheiras-do-arroz, insetos que causam danos à cultura, principalmente por danificar as raízes (GALLO et al., 2002).

Ainda são relatados os insetos que atacam grãos armazenados, como os gorgulhos e a traça-dos-cereais.

A realidade da baixa adoção do MIP Arroz, pelos orizicultores, deve-se principalmente, pelo desconhecimento das diferentes estratégias de controle, pela falta de assistência técnica e também pela facilidade do uso do controle químico.

Na cultura do arroz, que envolve plantios de terras altas (sequeiro), em várzeas úmidas e irrigado por inundação, nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, os gorgulhos aquáticos, principal praga nesses Estados, podem causar grandes prejuízos, sendo que a adoção do monitoramento desses insetos, importante ferramenta para o MIP, não é unanimidade entre os produtores. A preocupação com possíveis prejuízos causados por essas pragas tem levado a maioria dos orizicultores a lançar mão do controle químico, antes

de utilizar importantes ferramentas como o monitoramento, onde se pode verificar se o inseto já atingiu um determinado nível populacional que cause prejuízos e, então, decidir pelo uso ou não do controle químico. Assim, apesar do grande esforço empreendido pelas instituições de pesquisa de introduzir o MIP Arroz nas diferentes regiões produtoras do Brasil, existem obstáculos culturais, financeiros dentre outros, que dificultam atingir este objetivo.

Persiste uma situação que tem desqualificado os atuais sistemas de MIP Arroz, no âmbito técnico, econômico, social e ambiental (MARTINS et al., 2009), como o uso inadequado de inseticidas associados ao baixo índice de monitoramento das populações de insetos. Essa situação está relacionada com a deficiência do sistema de assistência técnica oficial, pela escassez de inseticidas, menos tóxicos, registrados para o controle de alguns insetos-pragas, que têm provocado a aplicação preventiva e muitas vezes desnecessária, por calendário, utilizando produtos sem registros para a cultura, isoladamente ou em mistura com herbicidas, não raramente com doses excessivas. Alguns inseticidas registrados para uso no Brasil enfrentam restrições na cultura do arroz em outros países e até mesmo encontram-se em vias de ser banidos do mercado, por segurança ambiental.

MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS INVASORAS

Com relação às plantas invasoras, o manejo integrado pressupõe uma sinergia entre métodos de controle culturais e químicos. Busca minimizar as aplicações de produtos químicos, favorecendo o equilíbrio ambiental e financeiro, além de proteger a saúde do produtor.

O convívio do mato ou plantas invasoras com as lavouras de modo geral promove uma redução na produção, principalmente quando isso ocorre durante a fase inicial de desenvolvimento e crescimento das lavouras. Normalmente, essa perda em produção, nas lavouras de ciclo anual, é elevada, e chega a zerar a produção.

Na cultura do arroz de sequeiro, o controle das invasoras é imprescindível, pois a competição por nutrientes, luz e, principalmente, água ocorre em alta intensidade, pois são mais eficientes que o arroz nesta competição. Em lavouras irrigadas por inundação, além de as invasoras afetarem a produção, pela concorrência por nutrientes e luz, obstruem os canais de irrigação e, também, prejudicam a colheita, quando esta ocorre na presença de mato, contribuindo para depreciar o produto, pela presença de sementes de invasoras e de ramos dessa vegetação.

Estudos anteriores demonstraram que o arroz é mais sensível à concorrência do mato por esses fatores já citados, nos períodos iniciais de desenvolvimento (ISHIYT; LOVATO, 1974).

Diversos fatores contribuem para uma competição acirrada entre a lavoura e as plantas invasoras, dentre estes pode-se relacionar, a diversidade das espécies à densidade populacional e, principalmente, do tempo que as espécies permanecem competindo com a lavoura (BLANCO, 1977; ZIMDAHL, 1980; PITELLI, 1981).

Esses fatores podem ser modificados por práticas culturais, adubações adequadas em épocas certas, pelas condições físicas e de fertilidade do solo, além das condições climáticas durante o ciclo da cultura.

Quando se abre uma nova área para o plantio do arroz, com limpeza, aração, gradagem e correção da acidez do solo, eliminam-se as plantas nativas e suas sementes são enterradas, onde permanecem dormentes à espera de condições e oportunidades para germinar. Essa operação auxilia, no início da exploração, no controle do mato infestante, pois as invasoras praticamente inexistem no solo. Mas, com o plantio, muitas destas são trazidas com as sementes de arroz e também por pássaros, roedores e animais silvestres, quando as invasoras surgem e as plantas nativas desaparecem. Este fato explica o porquê de a maioria das plantas invasoras se repetirem em regiões agrícolas diversas.

As invasoras de arroz que ocorrem na Zona da Mata, em Minas Gerais, foram re-



lacionadas por Carvalho e Alcântara (1990). Dentre as famílias mais frequentes, encontram-se Poaceae (gramíneas), Fabaceae, Commelinaceae, Asteraceae (compostas), Euphorbiaceae, Labiateae, Lythraceae, Malvaceae, Onagraceae e Polygonaceae, além das espécies, *Ischaemum rugosum* (capim-pelego), *Hymenachne* sp., *Eriochloa polystachia* e *Ludwigia suffruticosa* do capim-arroz *Echinochloa colonum* (L.) Link, *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., e as Cyperaceae *Fimbristylis miliacea* (grama-de-sapo), *Cyperus* iria L. e *Cyperus ferax* L.C. Rich. que ocorreram em grande abundância nas áreas levantadas. Segundo Holm et al. (1977), as invasoras que ocorrem em uma determinada cultura são comuns em todo o mundo.

As invasoras precisam ser controladas, e no caso da cultura do arroz deve ser mantida livre de competição por pelo menos 30 a 50 dias após a germinação, de acordo com Burga e Tozani (1980).

As operações de controle das invasoras podem ser feitas de diversas formas, ou seja, manual, cultural, mecânico, químico e, em alguns casos, os métodos alternativos. A escolha do processo a utilizar irá depender de condições, tais como: tamanho da área cultivada, se a lavoura é irrigada

ou de sequeiro, disponibilidade de equipamentos, mão de obra, o que normalmente é escassa.

O processo manual, geralmente utilizado em pequenas áreas, é tradicionalmente feito por meio do uso de enxadas, tanto em lavouras irrigadas como em lavouras de sequeiro. Na eliminação do arroz vermelho, nessas áreas, também se utiliza a monda, que é o arranquio manual, o que constitui uma operação complementar no processo. Nesse sistema, realizam-se, normalmente, três capinas durante todo o ciclo na cultura de sequeiro, ao passo que na cultura irrigada (inundada) apenas duas capinas são suficientes. A primeira capina deve ser feita entre 10 e 15 dias após a germinação e a segunda até 30 dias, também após a germinação.

No processo cultural, inclui-se a utilização de sementes fiscalizadas, livres de sementes de invasoras, rotação de culturas, evitando a introdução de sementes de outras áreas. Em arroz inundado, deve ser feito o manejo adequado da água com um nível certo de lâmina d'água, para a correta submersão do arroz, de, aproximadamente, 10 cm, preferencialmente com a eliminação das plantas invasoras antes da colocação da água.

No controle mecânico, utilizam-se as carpideiras (tipo bico de pato) tracionadas por trator mais apropriado para arroz de sequeiro, ao contrário do arroz inundado que exige a retirada da água, onde se espera que o solo possa suportar o peso dos implementos.

O método químico é o processo em que se aplicam herbicidas seletivos para a cultura do arroz. É o mais utilizado, principalmente pela escassez de mão de obra e por ser mais eficiente e econômico. Este processo exige mão de obra treinada e a assistência de um técnico com conhecimento de aplicação e manuseio dos produtos. Os aplicadores devem seguir estritamente as recomendações, e utilizar equipamentos de proteção individuais (EPIs). Deve-se ter o cuidado de separar os vasilhames vazios, perfurá-los e proceder à tríplice lavagem para posterior descarte em sítios específicos de recolhimento. Os herbicidas para aplicação em pré-emergência (Pré) são indicados para logo após o plantio, em pós-emergência (Pós E) e em pós-emergência inicial (Pós i), que deve ocorrer no período de 20 a 25 dias após o plantio. Na Tabela 1, estão relacionados alguns dos principais produtos utilizados e recomendados (LORENZI, 2014).

Tabela 1 - Herbicidas recomendados para uso em lavouras de arroz

(continua)

Nome comercial	Princípio ativo	Concentração	Formulação	Dosagem	Época de aplicação
Guliver	Azimsulfuron	500 g/kg	GRDA	10-12 g/ha	Pós E
Bazagran	Bentazon	480 g/L	SA	1,5-2,5 L/ha	Pós E
Nominee 400 SC	Bispyribac-sodium	400 g/L	SA	100-125 mL/ha	Pós E
Gamit 360 CS	Clomazone	360 g/L	CS	1,1-1,7 L/ha	Pré
U 46 BR	2-4-Damine	670 g/L	SA	0,5-1,5 L/ha	Pós
Gladium	Ethoxysulfuron	600 g/kg	GRDA	100-133 g/ha	Pós
Starice	Fenoxaprop-ethyl	69 g/L	CE	0,8-1,0 L/ha	Pós
Ally	Metsulfuron-methyl	600 g/ha	GRDA	3,3-4,0 g/ha	Pós
Goal BR	Oxyfluorfen	240 g/L	CE	1,0-4,0 L/ha	Pré e Pós
Ronstar SC	Oxadiazon	400 g/L	SC	2,5 L/ha	Pré e Pós i



(conclusão)					
Nome comercial	Princípio ativo	Concentração	Formulação	Dosagem	Época de aplicação
Aura 200	Profoxydim	200 g/L	CE	0,6-0,85 L/ha	Pós
Herbadox 500	Pendimethalim	500 g/L	CE	3,0 L/ha	Pré
Grassaid	Propanil	360 g/L	CE	8,0-14,0 L/ha	Pós
SatanilEC	Propanil+thiobencarb	200+400 g/L	CE	60-8,0 L/ha	Pós
Sirius 250 SC	Pyrazosulfuron-ethyl	250 g/L	SC	60-80 mL/ha	Pós
Facet	Quinclorac	500 g/L	PM	0,75 kg/ha	Pós
Saturn 500 CE	Thiobencarb	500 g/L	CE	8,0-10,0 L/ha	Pré

Fonte: Lorenzi (2014).

Nota: GRDA - Grânulos dispersíveis em água; SA - Suspensão aquosa; CS - Concentração solúvel; CE - Concentrado emulsionável; SC - Solução concentrada; PM - Pó molhável.

Pós E - Pós-emergência; Pré - Pré-emergência; Pós i - Pós-emergência inicial.

Dentro dos métodos alternativos de controle, lista-se o processo de redução das sementes de plantas invasoras da área de arroz a ser cultivada. Nesse processo, faz-se o preparo antecipado do solo e, em seguida, a inundação das taipas. Um dia depois, faz-se a retirada da água, com o objetivo de acelerar a germinação de todo o tipo de planta, estimulando seu crescimento, e, após duas semanas, aplica-se um herbicida de pós-emergência não seletivo, reduzindo-se a quantidade de plantas invasoras na área a ser cultivada. Esse processo deve ser realizado pelo menos uns 45 dias antes do plantio da lavoura. Se a área de plantio estiver muito infestada, o processo deve ser iniciado antes, podendo ser repetido, desde que haja condições de germinação e de temperatura favorável. Uma vez concluído esse processo, passa-se a semear a lavoura de arroz que se quer cultivar.

Em outro processo utilizam-se sementes de arroz pré-germinadas. Tais sementes são colocadas para pré-germinar e tão logo isto ocorra são semeadas a lanço dentro das taipas, com uma lâmina d'água revolvida. Em seguida, faz-se a distribuição, a lanço, de um herbicida granulado seletivo para o arroz, que evita a germinação das invasoras e drena-se a água das taipas. Nesse processo, o número de invasoras é reduzido e a lavoura cresce rápido. Quando o arroz

atingir a estatura de 10 cm, coloca-se a lâmina d'água novamente, que permite o desenvolvimento da lavoura livre de plantas invasoras.

ROTAÇÃO DE CULTURAS COMO OPÇÃO SUSTENTÁVEL NA CULTURA DO ARROZ

Uma estratégia do manejo que contribui positivamente para o cultivo sustentável do arroz é a rotação de culturas. São enumerados os seguintes benefícios:

- melhoria das condições químicas do solo, reduzindo a toxidez por alumínio (SILVEIRA; STONE, 2001), ampliando os níveis de potássio na camada superficial do solo (MARCELO et al., 2009);
- a presença do arroz no sistema de rotação propicia melhoria nas condições físicas do solo, com ampliação da macroporosidade (STONE; SILVEIRA, 2001);
- comparado ao monocultivo propicia redução significativa do banco de sementes de plantas invasoras (ANDRES et al., 2001), contribui na manutenção das populações de plantas invasoras em níveis mais baixos, porque introduz culturas mais competitivas no sistema e

permite a rotação de herbicidas (GUIMARÃES et al., 2001);

- rotação de culturas, aliada ao cultivo consorciado, propicia maior produtividade e diminuição de mancha-de-grãos (TREVISAN et al., 2017); após leguminosas, resulta em maior área foliar, fitomassa de folha, colmo e total, e maior teor de nitrogênio foliar (JESUS et al., 2007).

A rotação de culturas, além de diminuir a população de pragas e de inóculos de patógenos presentes no solo, interfere em outras propriedades do solo que promovem a melhoria de sua sustentabilidade. Consequentemente, mantém a produtividade das culturas, principalmente quando se trata de sistemas de produção de arroz de terras altas (GUIMARÃES et al., 2001). Há muitas combinações possíveis, é importante salientar que a pesquisa deve buscar sempre arranjos de rotação e sucessão que possibilitem ganhos econômicos, aliados às funções benéficas do manejo.

Pacheco et al. (2013) verificaram que na rotação arroz-soja, o capim *Urochloa ruziziensis* consiste na melhor opção de planta de cobertura para cultivo prévio à semeadura do arroz de terras altas, em plantio direto, embora nenhuma espécie



tenha alterado significativamente a produtividade de grãos de soja. Um cultivo sustentável e com maior capacidade de competição com os estresses bióticos (doenças, pragas e plantas invasoras) e abióticos (baixa fertilidade, estresse hídrico, salino e térmico) inicia-se sempre com adoção de um sistema de rotação de culturas, bem planejado e estabelecido.

A rotação varietal entra como uma ótima opção de MIP Arroz, podendo optar por cultivares de maior desenvolvimento inicial, variando com as de ciclo mais curto, para fugir do período que ocorre as principais pragas e patógenos. Cultivares de maior volume radicular podem reduzir o dano causado por cupim rizópago, uma das principais pragas do arroz. Já cultivares mais afilhadoras podem diminuir os danos causados pelas brocas, assim como o uso de cultivares resistentes às principais pragas e/ou patógenos presentes na área de plantio.

SILÍCIO COMO OPÇÃO DE CONTROLE INTEGRADO DE PRAGAS E DOENÇAS NO ARROZ

Mesmo não sendo considerado um elemento essencial para as plantas, a adição de silício (Si) pode favorecer a resistência induzida em muitas plantas, principalmente, nas acumuladoras. O Si nas folhas é maior que 1%, como é o caso das plantas de arroz. Isto atribui-se a alguns fatores, como melhoria na capacidade fotossintética, na arquitetura da planta – mais ereta, redução na transpiração, aumento tanto na resistência mecânica das células quanto na resistência das plantas a insetos e doenças (NASCIMENTO et al., 2014).

O Si tem demonstrado efeito no controle de algumas pragas de arroz. O comportamento dos insetos é afetado pela presença de altos níveis de Si na planta. A infestação da broca-do-colmo ou da lagarta-elasma foi reduzida consideravelmente com a adição de Si, contudo não foi observada diferença na infestação em solos não deficientes (NAKANO et al.

1961). De acordo com Nascimento et al. (2014), plantas da cultivar BRSMG Caravera tratadas com Si (independentemente do modo de aplicação – drench ou foliar) apresentaram maior proteção contra o inseto-praga, sendo cinco vezes menos preferidas para a alimentação, quando comparadas com a testemunha sem aplicação do Si, causando, conseqüentemente, uma redução no consumo foliar.

Como acontece com todos os organismos vivos, uma planta bem nutrida, com bom desenvolvimento vegetativo, suporta perdas provocadas por insetos-pragas, sendo importante tática no Manejo Integrado de Insetos. Assim, o Si, ao promover melhorias no metabolismo das plantas, pode ativar enzimas ligadas aos mecanismos de defesa contra insetos, tornando-se uma alternativa promissora para o MIP Arroz (MONTES; MONTES; RAGA, 2015).

Pesquisas demonstram que o Si aumenta a resistência da planta a pragas e doenças pelo estímulo das reações naturais de defesa da planta, pela produção de metabólitos que incluem fitoalexinas e flavonoides (MEYER; KEEPING, 2000). Barbosa Filho et al. (2000), Barbosa Filho e Prabhu (2002), Santos et al. (2009) e Santos et al. (2014) têm sugerido a incorporação de adubo à base de Si, cerca de dez dias antes do plantio, quando se observou menor incidência de brusone e outras doenças, aliadas à melhor qualidade e produtividade do arroz.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo integrado de doenças, pragas e plantas invasoras na cultura do arroz, principalmente de terras altas, requer ainda muitos estudos para implementação das normas e regras que auxiliem o agricultor na tomada de decisão. A divulgação das regras do manejo integrado entre os agricultores e a conscientização destes, demonstrando a importância da preservação da própria saúde, do ambiente agrícola e do consumidor, vão resultar na sustentabilidade de todo o processo produtivo.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento de projetos e bolsas.

REFERÊNCIAS

ANDRES, A. et al. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do Banco de Sementes de Arroz Vermelho em solo de várzea. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.2, p.85-88, maio/ago. 2001.

AOKI, K.; AKAI, K.; UJIE, K. A choice experiment to compare preferences for rice in Thailand and Japan: the impact of origin, sustainability, and taste. **Food Quality and Preference**, v.56, p.274-284, Mar. 2017.

BARBOSA FILHO, M.P.; PRABHU, A.S. **Aplicação de silicato de cálcio na cultura do arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 4p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 51).

BARBOSA FILHO, M.P. et al. Importância do silício para a cultura do arroz: uma revisão de literatura. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.89, p.1-8, mar. 2000. Encarte técnico.

BLANCO, H.G. Plantas daninhas e matocompetição. **Boletim informativo Especial**, Piracicaba, v.5, n.15, p.3-63, 1977. Curso de Atualização: Herbicidas em Florestas, v.1.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430p. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

BURGA, C.A.; TOZANI, R. Competição de plantas daninhas com a cultura de arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.). **Agronomia**, v.33, p.23-32, 1980.

CARVALHO, D.A.; ALCÂNTARA, E.N. Plantas invasoras da cultura do arroz na Zona da Mata, Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p.25-28, jan. 1990.



- CORNÉLIO, V.M. de O. et al. A cultura do arroz e a agricultura familiar. **Informe Agropecuário**. Tecnologias para a agricultura familiar: produção vegetal, Belo Horizonte, v.31, n.254, p.28-34, jan./fev. 2010.
- CORNÉLIO, V.M. de O. et al. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na incidência de doenças, produção e qualidade sanitária das sementes de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p.47-52, jan./fev. 2007.
- COSTA, E.C. et al. Eficiência de neonicotinoides no controle de larvas de *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) em arroz irrigado via tratamento de sementes. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.13, n.1, p.33-40, 2006.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p. (FEALQ. Biblioteca de Ciências Agrárias, 10).
- GUIMARÃES, C.M. et al. **Cultivo do arroz em rotação com soja**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 8p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 41).
- HOLM, L.G. et al. **The world's worst weeds: distribution and biology**. Honolulu: The University Press Hawaii, 1977. 609p.
- ISHIY, T.; LOVATO, L.A. Influências das ervas daninhas na produção de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.27, n.278, p.48-50, 1974.
- JESUS, R.P. de et al. Plantas de cobertura de solo e seus efeitos no desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas em cultivo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.4, p.214-220, dez. 2007.
- LORENZI, H. (Org.). **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 379p.
- MARCELO, A.V. et al. Crop sequences in no-tillage system: effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.2, p.417-428, Mar./Apr. 2009.
- MARTINS, J.F.S. da et al. **Situação do manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. p.40. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 290).
- MATTOS, M.L.T. et al. **Produção Integrada de Arroz**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 36p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 243).
- MEYER, J.H.; KEEPING, M.G. Review of research into the role of silicon for sugarcane production. In: ANNUAL CONGRESS SOUTH OF THE AFRICAN SUGAR TECHNOLOGISTS' ASSOCIATION, 74., 2000, Durban, South Africa. **Proceedings...** Kwa-Zulu-Natal: South Africa Sugar Technologists' Association, 2000. p.29-40.
- MONTES, R.M.; MONTES, S.M.N.M.; RAGA, A. **O uso do silício no manejo integrado de pragas**. Jaboticabal: Instituto Biológico, 2015. 13p. (Instituto Biológico. Documento Técnico, 17).
- NAKANO, K. et al. Silicon as an insect-resistance component of host plant, found in relation between the rice stem borer and rice plant. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v.5, n.1, p.17-27, 1961.
- NAKATA, Y. et al. Rice blast disease and susceptibility to pests in a silicon uptake-deficient mutant Isi1 of rice. **Crop Protection**, Lincoln, v.27, n.3/5, p.865-868, Mar./May 2008.
- NASCIMENTO, A.M. et al. Não preferência a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) induzida em arroz pela aplicação de silício. **Agrária: Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.9, n.2, p.215-218, abr./jun. 2014.
- NUNES, C.D.M. **Doenças em arroz irrigado: processo da Produção Integrada**. Brasília: EMBRAPA, 2014. 32p.
- PACHECO, L.P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.9, p.1228-1236, set. 2013.
- PITELLI, R.A. Competição e manejo em culturas anuais. **A Granja**, Porto Alegre, v.37, n.399, p.111-113, 1981.
- RODRIGUES, F.A. et al. Effect of rice growth stages and silicon on sheath blight development. **Phytopathology**, Washington, v.93, n.3, p.256-261, Mar. 2003.
- SANTOS, A.B. dos; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2.ed.rev.ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000p.
- SANTOS, A.B. dos et al. Fertilização silicatada na severidade de brusone e na incidência de insetos-praga em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.5, p.537-543, set./out. 2009.
- SANTOS, G.R. dos et al. Effect of silicon sources on rice diseases and yield in the state of Tocantins, Brazil. **Acta Scientiarum: agronomy**, Maringá, v.33, n.3, p.451-456, 2011.
- SANTOS, G.R. dos et al. Fertilização silicatada e nitrogenada no controle da brusone do arroz em sistema irrigado. **Revista Caaatinga**, Mossoró, v.27, n.4, p.103-108, out./dez. 2014.
- SILVA-LOBO, V.L. da et al. Influência da adubação nitrogenada, época de plantio e aerossolos sobre a severidade da mancha de grãos em arroz de terras altas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.3, p.110-115, jul./set. 2011.
- SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.2, p.387-394, abr./jun. 2001.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.2, p.395-401, abr./jun. 2001.
- TREVISAN, R.G. et al. Variabilidade de atributos físicos do solo e do arroz cultivado sob plantas de cobertura em sistema de Integração Lavoura-Pecuária. **Bragantia**, Campinas, v.76, n.1, p.145-154, jan./mar. 2017.
- ZIMDAHL, R.L. **Weed-crop competition: a review**. Corvallis: Oregon Station University, 1980. 197p.



Tolerância à deficiência hídrica na cultura de arroz de terras altas

Cleber Morais Guimarães¹, Adriano Pereira de Castro², Claudio Brondani³,
Alexandre Bryan Heinemann⁴, Luís Fernando Stone⁵

Resumo - A deficiência hídrica causa considerável redução na produtividade do arroz de terras altas, mesmo em regiões com clima favorável, por serem comuns períodos em que o suprimento de água pelas chuvas não atende à demanda dessa cultura. É necessária a caracterização da área de produção de arroz de terras altas quanto aos ambientes de ocorrência da deficiência hídrica, perfis desse estresse e seus impactos na produtividade. Além disso, são pertinentes para o desenvolvimento de cultivares tolerantes à deficiência hídrica, a fenotipagem, as características morfológicas e fenológicas relacionadas com esse estresse, bem como o melhoramento genético.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. Estiagem. Fenotipagem. Características morfológicas. Características fisiológicas.

Tolerance to water deficiency in upland rice crop

Abstract - Water deficit causes considerable reduction in upland rice yields even in regions with favorable climate, since the occurrence of periods when rainfall is not enough to meet the crop demands is common. The characterization of the production area of upland rice regarding the occurrence of water deficit environments, profiles of this stress and their impacts on productivity is necessary. Moreover, the phenotyping and the morphological and physiological traits related to this stress are important information for the development of cultivars resistant to water deficit.

Keywords: *Oryza sativa* L. Dry spell. Phenotyping. Morphological traits. Physiological traits.

INTRODUÇÃO

Os estados do Mato Grosso, Maranhão, Pará, Rondônia, Tocantins, Piauí, Goiás e Minas Gerais, nessa ordem, são os maiores produtores de arroz de terras altas. Em 2015 foram responsáveis pela produção de 1.405.137 t, em uma área de 664.747 ha, representando 97% da produção e 95% da área cultivada com esse cereal no País (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2016).

Nesses Estados predominam Latossolos com baixa capacidade de água disponível. Durante a estação chuvosa (outubro-abril), quando é feito o cultivo do arroz, a distribuição das chuvas é irre-

gular, podendo ocorrer estiagens de duas a três semanas (veranicos). A alta demanda evapotranspiratória, aliada à característica dos solos, faz com que essas estiagens causem consideráveis decréscimos na produtividade do arroz. A elevada suscetibilidade do arroz à deficiência hídrica também tem sido responsável pela redução da área cultivada com esse cereal. Assim, para reduzir o risco para a cultura, além de práticas agronômicas mais adequadas, que permitam às plantas usar melhor a água do solo, é recomendável que as novas cultivares tenham maior capacidade de adaptação à distribuição irregular de chuvas.

A variabilidade para tolerância à deficiência hídrica em arroz de terras altas é um fato bem conhecido, e isso ocorre por causa das diferenças na eficácia de mecanismos relacionados com a absorção e a contenção das perdas de água (GUIMARÃES et al., 2010). Dessa maneira, é necessário conhecer a performance das linhagens de arroz de terras altas diante desses mecanismos, para o desenvolvimento de cultivares que apresentem tolerância ao estresse hídrico.

A tolerância à deficiência hídrica é um fenômeno complexo que compreende uma série de processos fisiobioquímicos nos níveis celular e orgânico, em diferentes

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, cleber.guimaraes@embrapa.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, adriano.castro@embrapa.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, claudio.brondani@embrapa.br

⁴Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, alexandre.heinemann@embrapa.br

⁵Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, luis.stone@embrapa.br



estádios do desenvolvimento da planta. Inclui o escape da deficiência por meio de ciclo de vida curto ou de plasticidade do desenvolvimento, prevenir a deficiência mediante melhor absorção de água e perda de água reduzida, e tolerância por meio de ajuste osmótico, capacidade antioxidante e tolerância à dessecação (YUE et al., 2006).

Ganhos na melhoria do arroz para tolerância à deficiência hídrica têm sido modestos. Os melhoristas de plantas têm como base a seleção direta para a produtividade de grãos como critério principal para seleção. Esse processo pode-se tornar mais eficiente pelo uso de características indiretas associadas à deficiência hídrica (JONGDEE et al., 2006). A incorporação de componentes secundários na fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica, nos critérios de seleção adotados por Programas de Melhoramento Convencionais, conduzidos em ambientes adequadamente preparados, do ponto de vista da água, para que tais características sejam expressas, pode con-

tribuir para a seleção de plantas para áreas com ocorrência de distribuição irregular de chuvas (MANICKAVELU et al., 2006).

Este trabalho teve por objetivo apresentar informações sobre caracterização da área de produção de arroz de terras altas quanto aos ambientes de ocorrência da deficiência hídrica, perfis desse estresse e seus impactos na produtividade. Adicionalmente, discorreu-se sobre a importância da fenotipagem para deficiência hídrica, as características morfológicas e fisiológicas relacionadas com esse estresse e como o melhoramento genético pode contribuir para minimizá-lo.

CARACTERIZAÇÃO E IMPACTO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Heinemann et al. (2015) estratificaram a região composta pelos estados do Mato Grosso, Rondônia, Goiás e Tocantins, como responsável por 59% da produção de arroz de terras altas no País (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2016), em três grupos

ambientais, classificados como altamente favorável (AF), favorável (F) e pouco favorável (PF), de acordo com a sua capacidade produtiva. Nesses ambientes ocorrem diferentes perfis de deficiência hídrica, com impactos diversos na produtividade do arroz. Na Figura 1A é ilustrada a distribuição dos grupos ambientais AF, F e PF naqueles Estados e, na Figura 1B, a respectiva estabilidade desses grupos ambientais. A estabilidade dos grupos ambientais está relacionada com a sua frequência de ocorrência em um determinado local. Quando a frequência é menor ou igual a 60%, foi considerado que a estabilidade é baixa. Para frequência de ocorrências entre 61% e 87%, considerou-se como média estabilidade e, acima de 87%, alta estabilidade.

As maiores produtividades de arroz de terras altas ocorrem no grupo ambiental altamente favorável, que responde por 19% da área da região de produção. Nesse grupo, a produtividade média é de 3.168 kg/ha.

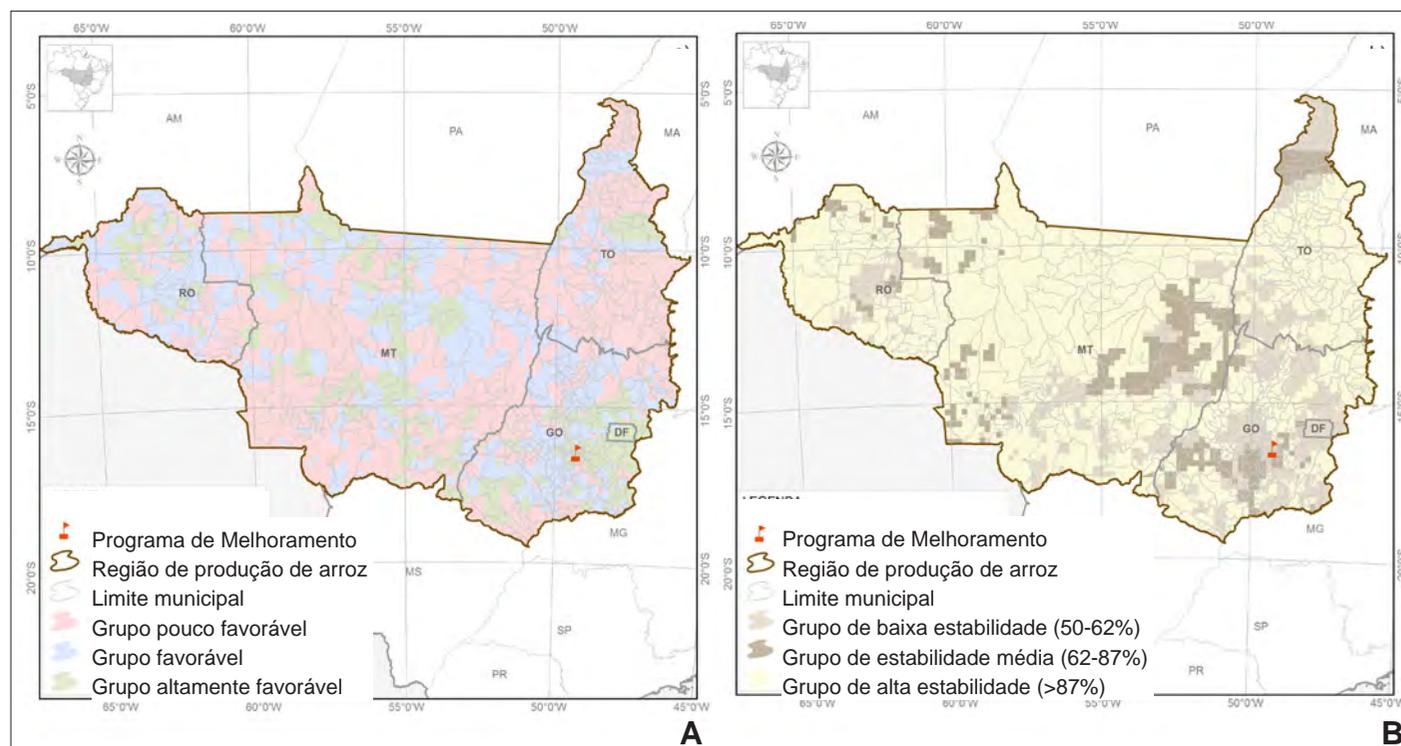


Figura 1 - Regiões produtoras de arroz de terras altas e a classificação dos grupos ambientais

Fonte: Adaptado de Heinemann et al. (2015).

Nota: A - Distribuição geográfica dos grupos ambientais altamente favorável (AF), favorável (F) e pouco favorável (PF) nos estados do Tocantins, Mato Grosso, Goiás e Rondônia; B - Estabilidade desses grupos ambientais de acordo com a frequência de ocorrência dos grupos nesses Estados.

A precipitação anual é maior (1.581 mm x 1.505 mm) que a média geral da região produtora e a radiação global acumulada, a amplitude térmica anual e as temperaturas média e mínima são menores. Uma característica desse grupo ambiental é a predominância de solos argilosos e datas de semeadura concentradas no início da janela de semeadura (01-10/11), indicando que práticas de manejo têm impacto significativo na frequência da ocorrência desse grupo ambiental no espaço e tempo.

Nesse grupo ambiental, dois perfis de deficiência hídrica, denominados sem deficiência hídrica (SDH) e deficiência hídrica reprodutiva e terminal (DHRT) foram predominantes (Gráfico 1A). O perfil SDH apresenta a maior probabilidade de ocorrência, com 69% dos casos. A produtividade média e o desvio-padrão para esse perfil de deficiência hídrica foram 3.323 e 893 kg/ha, respectivamente. Na comparação com esse perfil, a ocorrência do perfil DHRT causa perda na produtividade de 34% (Gráfico 2A).

A produtividade média no grupo ambiental F foi 2.610 kg/ha, maior que a do ambiente PF, mas menor que a do AF. Uma característica desse grupo é a predominância de solos franco-argilo-arenosos (28% de ocorrência) e franco-argilosos (24% de ocorrência). Este solo ocorre em 44% da área da região de produção do arroz de terras altas e é caracterizado por três perfis predominantes de deficiência hídrica, denominados deficiência hídrica reprodutiva (DHR); DHRT e deficiência hídrica reprodutiva severa (DHRS) (Gráfico 1B). Os perfis DHR e DHRT apresentaram as maiores probabilidades de ocorrência, com 40% e 41% dos casos, respectivamente. Esses perfis apresentaram produtividades médias e desvios-padrão de 2.031 e 818 kg/ha e de 2.535 e 722 kg/ha, respectivamente (Gráfico 2B). Em relação ao perfil SDH do ambiente AF, isso representa redução na produtividade de 38% e 23%, respectivamente.

No grupo ambiental pouco favorável ocorreu a menor produtividade média,

1.661 kg/ha. Nesse ambiente, a precipitação total anual é menor (1.465 mm x 1.505 mm), e a radiação global anual, a amplitude térmica anual e as temperaturas média anual, máxima e mínima são maiores que a média regional. Uma característica desse grupo ambiental é a predominância de solos arenosos e franco-arenosos (33% e 41%, respectivamente), com data de semeadura concentrada no fim da janela de semeadura (30/12 e 10/01). Esse grupo ocorre em 37% da área da região de produção do arroz de terras altas e é caracterizado por três perfis de deficiência hídrica, denominados DHR; deficiência hídrica reprodutiva e terminal 1 (DHRT1) e deficiência hídrica reprodutiva e terminal 2 (DHRT2) (Gráfico 1C). Nesse ambiente predomina o perfil DHR, com 69% das ocorrências. A produtividade média e o desvio-padrão para esse perfil de deficiência hídrica foram 1.460 e 587 kg/ha, respectivamente. Em relação ao perfil SDH do ambiente altamente favorável, isso representa redução na produtividade de 56% (Gráfico 2C).

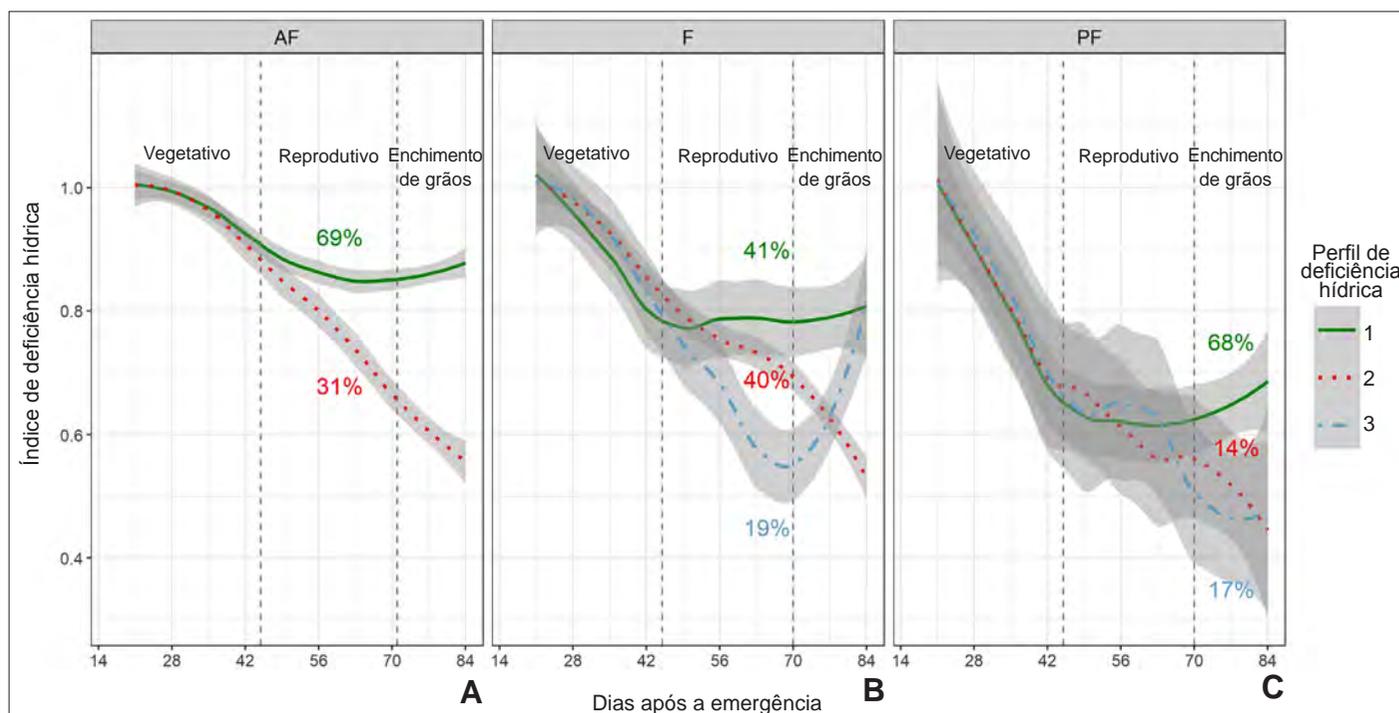


Gráfico 1 - Perfis de deficiência hídrica para os grupos ambientais altamente favorável (AF), favorável (F) e pouco favorável (PF)

Fonte: Adaptado de Heinemann et al. (2015).

Nota: A - 1: Sem deficiência hídrica (SDH) e 2: Deficiência hídrica reprodutiva e terminal (DHRT); B - 1: Deficiência hídrica reprodutiva (DHR), 2: Deficiência hídrica reprodutiva e terminal (DHRT) e 3: Deficiência hídrica reprodutiva severa (DHRS); C - 1: Deficiência hídrica reprodutiva (DHR), 2: Deficiência hídrica reprodutiva e terminal (DHRT1) e 3: Deficiência hídrica reprodutiva e terminal (DHRT2). A porcentagem nos Gráficos representa a probabilidade de ocorrência do perfil de deficiência hídrica.

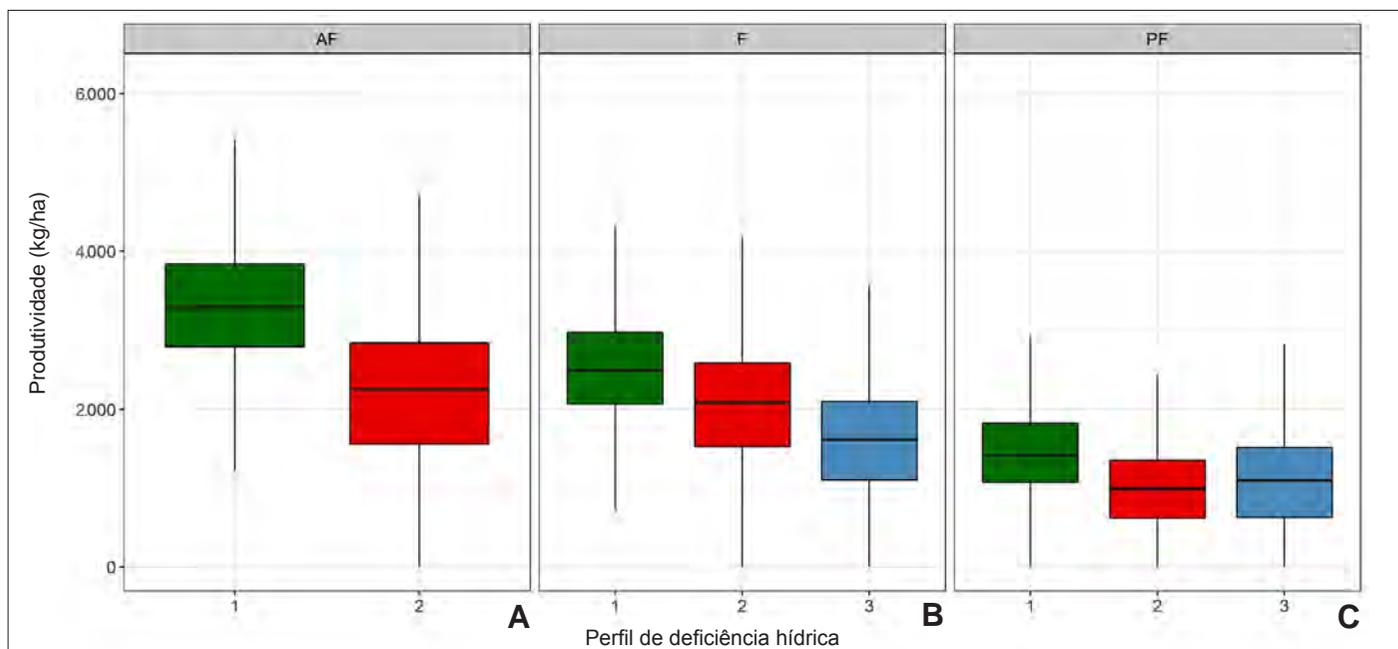


Gráfico 2 - Impacto dos perfis de deficiência hídrica na produtividade do arroz de terras altas para os grupos ambientais altamente favorável (AF), favorável (F) e pouco favorável (PF)

Fonte: Adaptado de Heinemann et al. (2015).

Nota: A - 1: Sem deficiência hídrica (SDH) e 2: Deficiência hídrica reprodutiva e terminal (DHRT); B - 1: Deficiência hídrica reprodutiva (DHR), 2: Deficiência hídrica reprodutiva e terminal (DHRT) e 3: Deficiência hídrica reprodutiva severa (DHRS); C - 1: Deficiência hídrica reprodutiva (DHR), 2: Deficiência hídrica reprodutiva e terminal (DHRT1) e 3: Deficiência hídrica reprodutiva e terminal (DHRT2).

SENSIBILIDADE DO ARROZ À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

A resposta da planta de arroz aos efeitos da deficiência hídrica está relacionada com a duração, a intensidade e o estágio de desenvolvimento em que ocorre. Guimarães, Stone e Silva (2016) verificaram que a evapotranspiração do arroz no estágio R3 (emissão das panículas) foi mais alta comparada à observada no estágio R5 (início do enchimento de grãos), quando submetida a período similar de supressão da irrigação em ambos os estádios. Observaram, também, que a produtividade do arroz foi mais sensível à supressão da irrigação imposta a partir do estágio R5 do que do estágio R3 (Gráfico 3).

A maior evapotranspiração em R3 sugere que as plantas, mesmo submetidas a períodos semelhantes de deficiência hídrica em ambos os estádios de crescimento, mantêm melhores condições de água em R3 do que em R5. Isso pode ser explicado pela redução na eficácia do sistema radicular durante o estágio de enchimento de

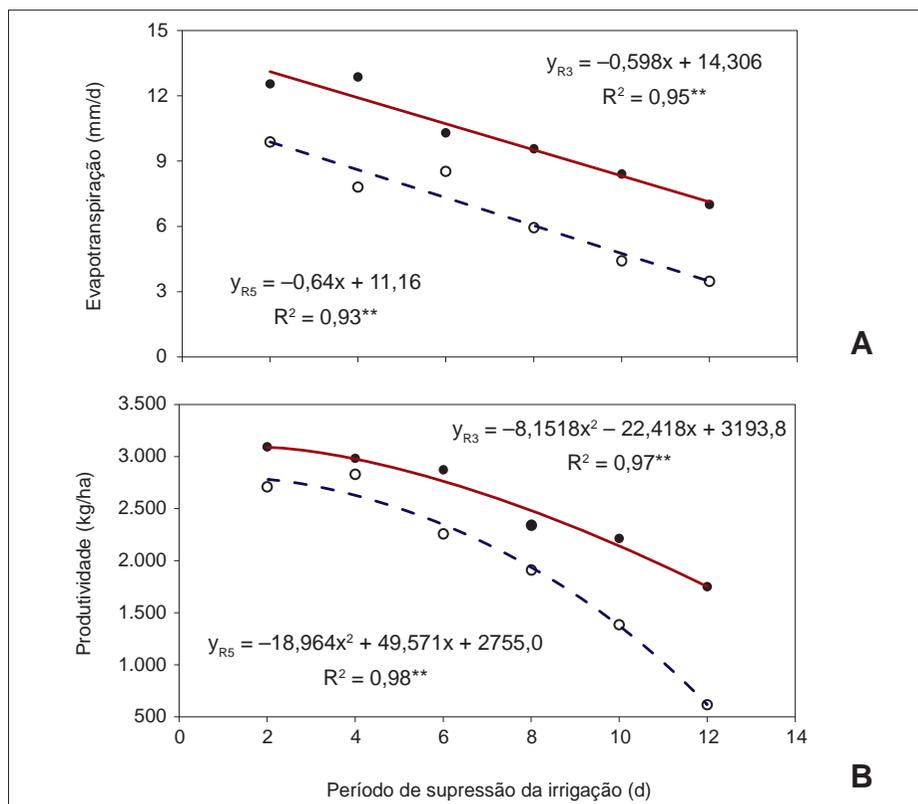


Gráfico 3 - Evapotranspiração e produtividade do arroz em função da duração da supressão da irrigação nos estádios R3 (emissão das panículas) e R5 (início do enchimento de grãos)

Fonte: Guimarães, Stone e Silva (2016).

grãos, que ocorre em R5 (KATO; OKAMI, 2010), quando a competição entre os órgãos das plantas por carboidratos favorece os grãos em relação aos outros locais de armazenamento, como o sistema radicular. Além disso, a remobilização de carboidratos para os grãos, embora pouco intensa em arroz, compromete o sistema radicular. Nesse caso, a renovação das raízes finas e dos pelos radiculares diminui, o sistema radicular envelhece e sua eficiência na absorção de água é reduzida.

A deficiência hídrica durante o período de enchimento de grãos reduz a fotossíntese, induz a senescência precoce e encurta o período de enchimento de grãos, mas aumenta a remobilização de assimilados da palha para os grãos (BARNABÁS; JÄGER; FEHÉR, 2008).

FENOTIPAGEM PARA DEFICIÊNCIA HÍDRICA

A deficiência hídrica causa considerável redução na produtividade do arroz de terras altas, mesmo nas regiões de clima favorável. Assim, é recomendável que as novas cultivares de arroz de terras altas apresentem tolerância a esse estresse. Essa capacidade de adaptação é determinada pelo acúmulo de alelos favoráveis à produtividade nas condições de deficiência hídrica. Isso é possível graças à variabilidade para tolerância à deficiência hídrica entre genótipos de arroz de terras altas (GUIMARÃES et al., 2016) (Fig. 2).

Nesse contexto, na busca por tolerância à deficiência hídrica, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Arroz e Feijão prioriza-se o desenvolvimento de linhagens precoces, que se adaptam a janelas de semeadura, antes ou após períodos de veranicos. Adicionalmente, buscam-se plantas com melhor distribuição do sistema radicular, maior eficiência na absorção de água e com capacidade de ajuste osmótico (GUIMARÃES et al., 2011), para que sejam capazes de suportar melhor a distribuição irregular de chuvas, preservando, assim, os processos fisiológicos, fotossintetização, mobilização e armazenagem de carboidratos.



Figura 2 - Variabilidade fenotípica para tolerância à deficiência hídrica

Nota: O genótipo “T” é mais tolerante e “S” mais suscetível à deficiência hídrica.

A fenotipagem para deficiência hídrica na Embrapa Arroz e Feijão é conduzida em dois sítios de fenotipagem. Um em condições de campo, na Estação Experimental de Porangatu da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (Emater-GO) (Fig. 3A), onde os experimentos são conduzidos no período de entressafra, quando a ocorrência de chuvas é praticamente nula, portanto, é possível ter o total controle da água do solo. As demais condições climáticas durante o período são propícias para o desenvolvimento normal do arroz de terras altas. Em condições de casa de vegetação, é conduzida a fenotipagem complementar, na Plataforma SITIS de Fenotipagem Automatizada para Tolerância à Deficiência Hídrica, que fornece informações adicionais e específicas para o mapeamento das características fenotípicas associadas à tolerância à deficiência hídrica (Fig. 3B). A Plataforma SITIS permite também a determinação da quantidade de água absorvida e a determinação da efetividade do sistema radicular na absorção de água. Essas informações são muito importantes, pois quanto maior em profundidade for o

sistema radicular, maior a capacidade das plantas em absorver água das camadas mais profundas do solo e manter boas condições hídricas durante os períodos de veranicos.

A fenotipagem para deficiência hídrica, tanto em campo como em condições controladas, é importante para o conhecimento de características secundárias associadas à essa deficiência, o que pode tornar mais eficiente a seleção para tolerância a esse estresse do que somente a seleção direta para produtividade de grãos.

Guimarães et al. (2010), ao avaliarem linhagens interespecíficas (*Oryza glaberrima* x *Oryza sativa* cv. Caiapó) e intraespecíficas de arroz para tolerância à deficiência hídrica moderada, verificaram que as linhagens mais produtivas, quando submetidas a esse estresse, apresentaram plantas mais altas, com grãos mais bem formados e com menor esterilidade de espiguetas. A esterilidade de espiguetas, o número de grãos por panícula, a massa de 100 grãos e a altura das plantas correlacionaram-se com a produtividade de grãos, sendo que com a esterilidade de espiguetas a correlação foi negativa. Esses

Cleber Morais Guimarães



Fotos: Cleber Moraes Guimarães

Figura 3 - Fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica na Embrapa Arroz e Feijão
 Nota: A - Sítio na Estação Experimental da Emater-GO, em Porangatu; B - Plataforma SITIS.

autores concluíram que a *O. glaberrima* confere às suas progêneses maior tolerância à deficiência hídrica.

Na mesma direção, Guimarães et al. (2013), ao avaliarem, durante dois anos, genótipos de arroz, em duas condições hídricas, com e sem deficiência, observaram que os genótipos diferiram quanto à produtividade e foram influenciados diferentemente pela deficiência hídrica, tanto pela moderada como pela severa. O comportamento produtivo dos genótipos sob deficiência hídrica correlacionou-se, positiva e significativamente, com a fertilidade de perfilhos, número de panículas/m², massa de 100 grãos e altura da planta; e negativamente, com a esterilidade de espiguetas e o número de dias para a ocorrência de 50% da emissão das panículas. Guimarães et al. (2016) também constataram que, na seleção para tolerância à deficiência hídrica, devem-se priorizar genótipos que apresentem, sob essa condição, precocidade, baixa esterilidade de espiguetas e maior massa de 100 grãos.

De acordo com Serraj et al. (2009), os fortes efeitos da deficiência hídrica sobre a produtividade do arroz são, em grande parte, por causa da redução da fertilidade das espiguetas e da exsêção das panículas. O desenvolvimento reprodutivo a partir da meiose das células-mãe dos esporos até a

fertilização e o estabelecimento inicial de sementes são extremamente sensíveis à deficiência hídrica. Esse estresse provoca várias rupturas estruturais e funcionais nos órgãos reprodutivos, levando ao fracasso da fertilização ou ao aborto prematuro das sementes. A deficiência hídrica também inibe o alongamento do pedúnculo e causa a esterilidade das espiguetas. A reidratação restaura parcialmente o alongamento, enquanto os danos ocasionados nas espiguetas são irreversíveis, indicando que o alongamento do pedúnculo desempenha um papel importante na fertilidade e exsêção das panículas sob deficiência hídrica (SERRAJ et al., 2009).

Segundo Fukai e Cooper (1995), os genótipos de arroz mais adaptados ao ecossistema de terras altas tiveram menos perfilhos, porém mais altos, bem como poucas raízes, mas mais robustas e profundas, com melhor distribuição de raízes secundárias e terciárias ao longo do perfil do solo. Essas raízes apresentaram maior diâmetro externo e também de seus vasos de xilema, e menor resistência ao fluxo de água. Essas características refletiram no melhor estado hídrico das plantas. Por outro lado, as plantas com mais perfilhos tenderam a ter mais raízes, porém mais curtas, particularmente nos perfilhos secundários e terciários, que se desenvolvem

mais tarde. Um sistema radicular profundo, com maior densidade radicular, provavelmente será útil sob deficiência hídrica intermitente, se as condições de crescimento permitirem o desenvolvimento das raízes em profundidade.

Um sistema radicular profundo pode melhorar a adaptação do arroz durante a deficiência hídrica, mediante maior capacidade de extração de água, mantendo, assim, o alto estado hídrico das folhas da planta (YUE et al., 2006). Guimarães et al. (2011), ao avaliarem a densidade radicular de cultivares de arroz em tubos de PVC (25 cm de diâmetro e 80 cm de altura) com solo, submetidas, após a emissão das panículas, a dois regimes hídricos: sem e com deficiência hídrica (reposição de, aproximadamente, 50% da água evapotranspirada), verificaram que algumas cultivares apresentaram alta densidade radicular, tanto sob deficiência, quanto sob adequada disponibilidade hídrica. A densidade radicular avaliada em colunas de solo relacionou-se, positivamente, com a tolerância à deficiência hídrica dessas cultivares, em condições de campo. Essa metodologia constitui importante ferramenta de fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica em arroz.

A adaptação à deficiência hídrica, dentre outros fatores, resulta da manutenção do

bom estado hídrico nos tecidos vegetais, que pode ser avaliado pelo enrolamento das folhas, murcha, mudança de cor, espessura das folhas, diâmetro dos colmos, potencial de água nas folhas, resistência difusiva estomática e temperatura foliar.

Guimarães et al. (2015), ao avaliarem o uso de parâmetros fisiológicos de tolerância à deficiência hídrica como método auxiliar na seleção de genótipos de arroz de terras altas em dois experimentos – um sem e outro com deficiência hídrica (metade da irrigação que foi aplicada ao tratamento plenamente irrigado), constataram que os genótipos com maior produtividade em condições de deficiência hídrica apresentavam melhores condições hídricas, medidas pelo potencial de água nas folhas (Gráfico 4) e inferidas pela sua temperatura foliar (Gráfico 5). Verifica-se que a variação do potencial de água nas folhas ao longo do dia, nos genótipos mais tolerantes à deficiência hídrica, IRR1 33, IRR1 2 e IRR1 36, e no mais suscetível, BRS Soberana, foi semelhante sob condições de irrigação adequadas (Gráfico 4B). Contudo, sob condições de deficiência hídrica, os genótipos mais tolerantes apresentaram potenciais de água na planta mais altos que a cultivar BRS Soberana (Gráfico 4A).

Observa-se que a temperatura das folhas variou linearmente com o decréscimo do potencial de água nas folhas em todos os genótipos, tanto no tratamento com deficiência hídrica (Gráfico 5A), quanto no sem deficiência hídrica (Gráfico 5B).

A temperatura do dossel não mede o estado hídrico das plantas, mas é um indicador sensível do nível de estresse hídrico das plantas e relaciona-se com o potencial de água nas folhas. A temperatura da folha está, assim, correlacionada com o nível de deficiência hídrica da planta (SERRAJ et al., 2009). É de fácil leitura e viável para selecionar genótipos de arroz quanto à tolerância à deficiência hídrica, corroborando os resultados de Guimarães et al. (2010). Esses autores, ao trabalharem com linhagens interespecíficas e não interespecíficas,

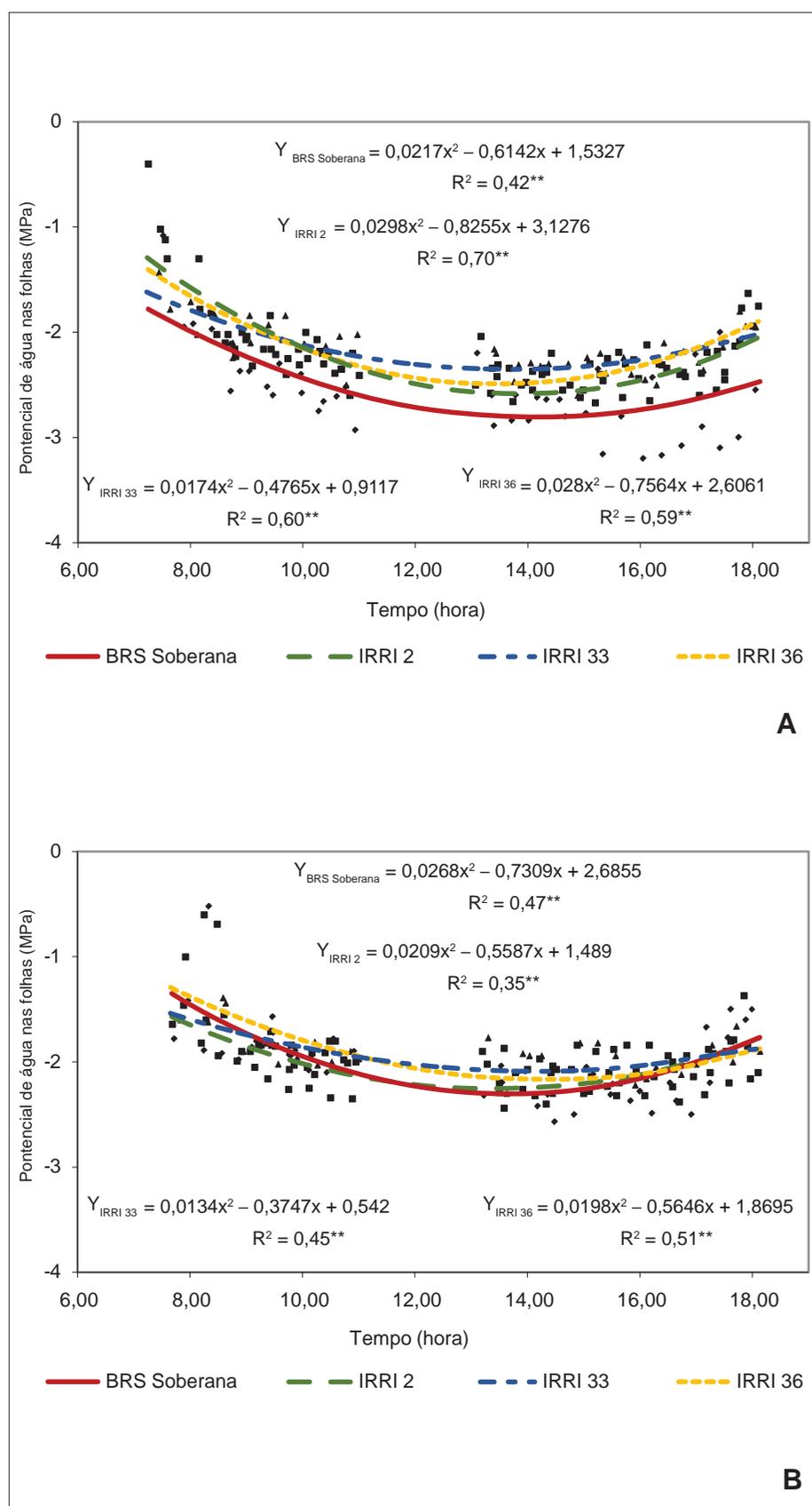


Gráfico 4 - Variação diurna do potencial de água nas folhas na cultivar BRS Soberana e nas linhagens IRR1 2, IRR1 33 e IRR1 36

Fonte: Guimarães et al. (2015).

Nota: A - Com deficiência hídrica; B - Sem deficiência hídrica.

verificaram que as mais produtivas sob deficiência hídrica apresentaram temperaturas das folhas mais baixas no período reprodutivo (Gráfico 6), e, também, tanto

uma quanto a outra mostraram redução linear da produtividade com o aumento da temperatura das folhas, porém com diferentes intensidades.

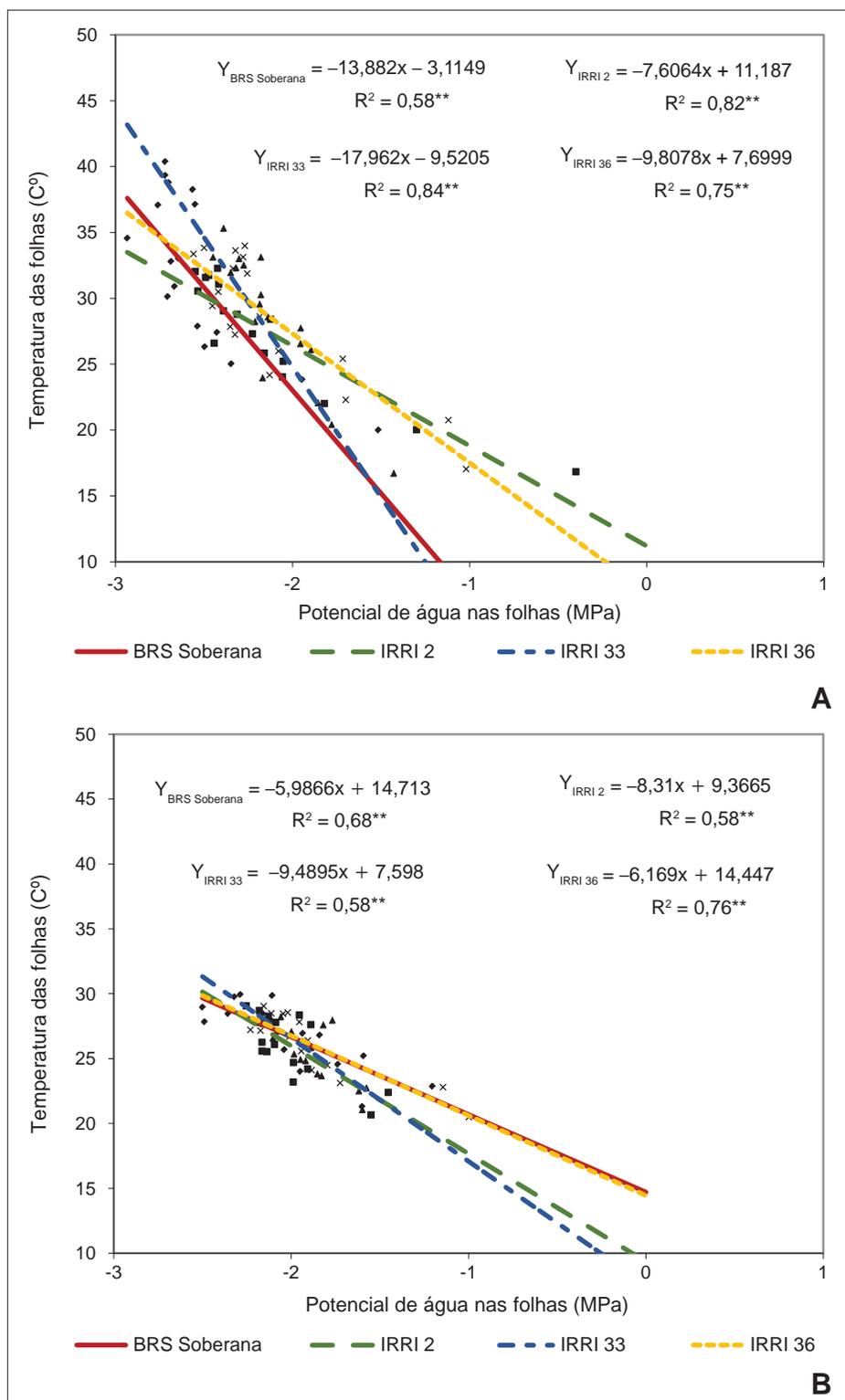


Gráfico 5 - Variação da temperatura das folhas com o potencial de água nas folhas
Fonte: Guimarães et al. (2015).

Nota: A - Tratamento com deficiência hídrica; B - Tratamento sem deficiência hídrica.

A população interespecífica apresentou redução da produtividade de 475 kg/°C, enquanto nas linhagens não interespecíficas a redução foi de 645 kg/°C; os dados sugerem que *O. glaberrima* transfere, às suas progêneses, maior tolerância à deficiência hídrica, pois suas produtividades foram menos influenciadas pela temperatura do dossel. Este fato deve-se, provavelmente, à maior imobilização de carboidratos no crescimento do sistema radicular, em detrimento da produção de grãos. Essas plantas são menos produtivas, mas suportam melhor os períodos de deficiência hídrica, em virtude de apresentarem maior capacidade de exploração da água armazenada nas camadas mais profundas do solo. Observou-se, também, que a temperatura das folhas correlacionou-se positivamente com a esterilidade de espiguetas, porém negativamente, com a massa de 100 grãos, altura das plantas e fertilidade de perfilhos. Guimarães et al. (2015) constataram que a temperatura das folhas de genótipos tolerantes à deficiência hídrica, IIRRI 33, IIRRI 2 e IIRRI 36, e não tolerante, BRS Soberana, variou ao longo do dia, segundo modelos matemáticos quadráticos (Gráfico 7).

As plantas irrigadas de forma adequada apresentaram menor aumento da temperatura das folhas por causa da maior perda de energia térmica ocorrida com a maior transpiração. Nesse tratamento, verificou-se que os genótipos apresentaram temperaturas das folhas similares durante todo o dia. Sob condições de deficiência hídrica, o incremento das temperaturas das folhas dos genótipos, com o aumento da radiação solar, foi mais intenso. A cultivar BRS Soberana aqueceu-se mais intensamente, e sua máxima foi de 38,2 °C observada às 13h 42min. Os demais genótipos também se aqueceram, porém com intensidades inferiores. Foram observadas temperaturas de 33,8 °C, 32,4 °C e 33,7 °C para as linhagens IIRRI 33, IIRRI 2 e IIRRI 36, respectivamente. Às 18 horas, quando se encerraram as observações, o genótipo BRS Soberana manteve a temperatura das folhas alta, inferindo que o estado

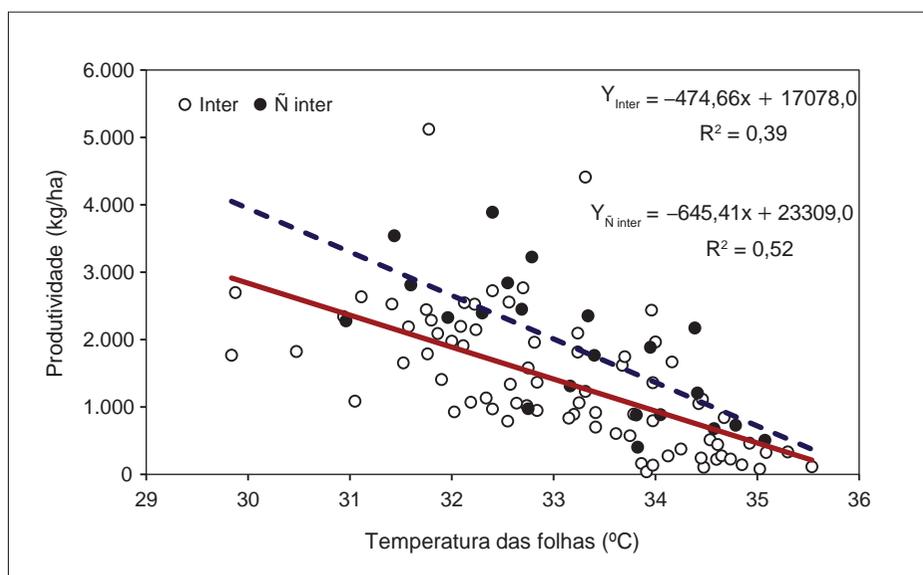


Gráfico 6 - Relação da produtividade das linhagens interespecíficas (Inter) e não interespecíficas (Ñ inter), em condições de deficiência hídrica, com a temperatura das folhas

Fonte: Guimarães et al. (2010).

hídrico das plantas não tinha recuperado plenamente, o que confirma as observações apresentadas no Gráfico 4A para esse genótipo, quando o potencial de água nas folhas não se recuperou plenamente no tratamento com deficiência hídrica.

MELHORAMENTO GENÉTICO PARA TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

O melhoramento genético do arroz de terras altas pode contribuir no incremento da tolerância à deficiência hídrica e minimizar os impactos dos veranicos sobre essa cultura. Um dos maiores objetivos do melhoramento do arroz é aumentar a estabilidade de produção sob ocorrência de estresses. Diferenças significativas de produtividade entre genótipos de arroz têm sido observadas em experimentos de campo sob diferentes regimes hídricos (GUIMARÃES et al., 2015; PANTALIÃO et al., 2016).

A tolerância à deficiência hídrica é uma característica quantitativa controlada por muitos genes, com baixa herdabilidade e alta interação genótipo x ambiente (CARNEIRO, 2011). Embora o arroz seja altamente exigente no suprimento de água, a variabilidade genética já observada para

esse caráter, torna possível a obtenção de cultivares mais tolerantes.

O grande desafio em Programas de Melhoramento Vegetal que visam tolerância à deficiência hídrica é a identificação e a caracterização de genitores tolerantes, objetivando sucesso nos cruzamentos. O Programa de Melhoramento do Arroz de Terras Altas da Embrapa e parceiros tem avaliado germoplasma quanto à tolerância à deficiência hídrica desde 2004. Para isso, tem acessado o seu Banco de Germoplasma e testado quanto à tolerância variedades tradicionais brasileiras, coleções internacionais, populações de referência, espécies selvagens do gênero *Oryza*, dentre outros.

Pantalião et al. (2016) caracterizaram 175 acessos da coleção nuclear de arroz de terras altas da Embrapa Arroz e Feijão quanto à tolerância à deficiência hídrica em condições de campo e constataram grande variabilidade para esse caráter. Além disso, identificaram 50 genes, dos quais 30 estavam anotados e 10 já haviam sido relatados anteriormente associados à tolerância à deficiência hídrica. Guimarães (2017) fenotipou o grupo japônica tropical de um painel de referência internacional quanto à tolerância à deficiência hídrica,

identificando novos doadores para uso no Programa de Melhoramento Genético.

O Programa de Melhoramento da Embrapa tem utilizado diversas estratégias na busca do incremento da tolerância à deficiência hídrica nas novas linhagens. Os métodos de melhoramento genealógico e a seleção recorrente são empregados rotineiramente com esse objetivo. A partir da identificação dos doadores de tolerância, cruzamentos são realizados com linhagens elite e/ou cultivares de alto potencial agrônomico. O método genealógico é utilizado para condução das populações segregantes, porém com uma fundamental diferença, todas as etapas são sob estresse no sítio de fenotipagem de Porangatu, GO. Na safra de 2016, por exemplo, em um ensaio composto por 60 famílias $F_{2,4}$, 22 famílias foram 25% superiores a uma reconhecida testemunha com alta tolerância à deficiência hídrica (Gráfico 8). As melhores famílias foram semeadas novamente em Porangatu no ano de 2017, para a extração de linhagens com tolerância à deficiência hídrica.

Outra metodologia base do Programa da Embrapa é a seleção recorrente. Ao utilizar esta seleção espera-se um aumento na média do caráter, mantendo a variabilidade genética para progressos futuros com a seleção. Essa metodologia pode ser considerada a estratégia de melhoramento mais indicada para caracteres quantitativos. Como vantagem, a seleção recorrente inclui o acúmulo de alelos favoráveis de diferentes genitores em um único genótipo superior. As populações de seleção recorrentes CNA 6 e CNA13 foram concebidas a partir de parentais com comprovada tolerância à deficiência hídrica e são conduzidas sob déficit hídrico em Porangatu. Genitores com tolerância a esse estresse são extraídos dessas populações para ser utilizados como genitores no método genealógico de melhoramento para tolerância à deficiência hídrica.

O uso de análises genéticas e genômicas para identificar marcadores moleculares associados à tolerância ao estresse pode aumentar a eficiência das estratégias de melhoramento genético. Essa abordagem é

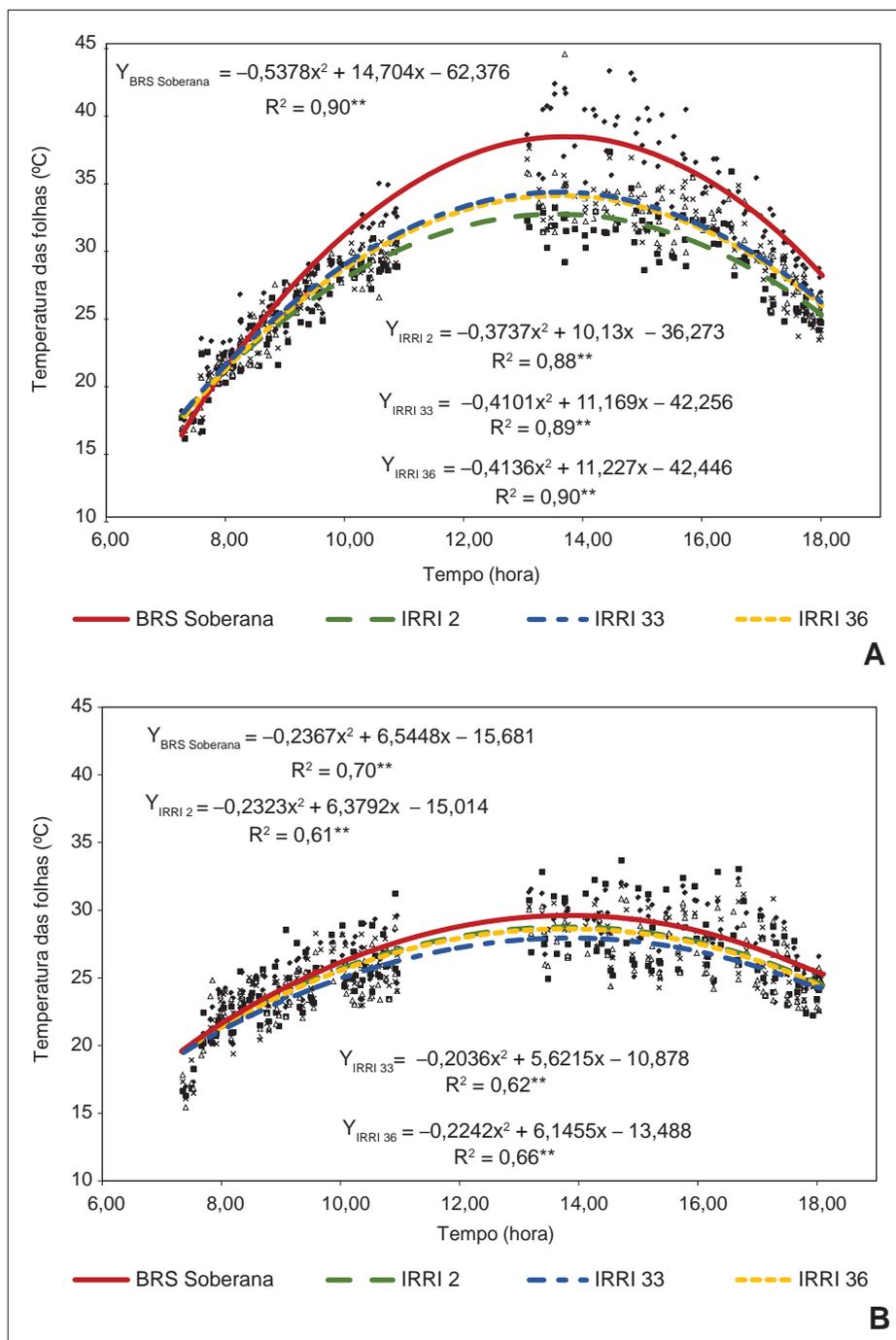


Gráfico 7 - Variação diurna da temperatura das folhas nos genótipos BRS Soberana, IRR1 2, IRR1 33 e IRR1 36

Fonte: Guimarães et al. (2015).

Nota: A - Com deficiência hídrica; B - Sem deficiência hídrica.

particularmente útil, quando os caracteres-alvo são controlados por vários genes, como é o caso da tolerância a estresses abióticos. O potencial para mapear diferentes marcadores que contribuem para dada característica agrônômica proporciona possibilidades de transferir simultaneamente

vários Quantitative Trait Locus (QTLs), assim como a sua piramidização em uma cultivar melhorada. O melhoramento assistido por marcadores permite o rápido desenvolvimento de indivíduos superiores, com economia de tempo e esforço (KUMAR et al., 2014).

Uma metodologia que tem ganhado enfoque é o estudo de associação genômica ampla – genome wide association studies (GWAS). O GWAS analisa variações na sequência do DNA de todo o genoma, tirando vantagem da alta densidade de marcadores single-nucleotide polymorphism (SNPs), associando o polimorfismo molecular com o fenótipo (PANTALIÃO et al., 2016). A acurácia esperada na predição dos valores genotípicos torna possível a seleção assistida por marcadores em Programas de Melhoramento de Plantas. Esse tipo de estudo pode ser um eficiente caminho para dissecar a arquitetura de características complexas e uma poderosa ferramenta para o melhoramento genético de plantas (REBOLLEDO et al., 2015). A Embrapa e o Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) desenvolveram uma população de seleção recorrente para tolerância à deficiência hídrica, denominada PCT29, que será conduzida segundo a metodologia descrita, garantindo maior eficácia na seleção das progênes tolerantes ao longo dos ciclos de seleção.

A deficiência hídrica é responsável por uma série de respostas na planta, incluindo mudanças na expressão gênica, acúmulo de metabólitos ou componentes osmoticamente ativos e a síntese de proteínas específicas (UMEZAWA et al., 2004). Genes envolvidos em alguns desses processos e rotas metabólicas têm sido identificados e utilizados para obtenção de plantas tolerantes via transgenia. A partir da clonagem desses genes, eventos de transformação resultaram no aumento da tolerância à deficiência hídrica em arroz, como por exemplo, o gene LEA (XIAO et al., 2007) e o fator de transcrição OsWRKY1 (WU et al., 2009).

Na Embrapa, estão sendo conduzidos estudos com arroz geneticamente modificado (GM), que superexpressam os genes CPK e PLD do próprio arroz. Os genes da família CPK são traduzidos em uma classe de proteínas dependentes de cálcio, resultando em uma série de eventos em cascata com implicações na divisão e alongação celular, movimento estomático

e uma variedade de respostas a estresses (HAMEL; SHEEN; SEGUIN, 2014). Em *Arabidopsis*, o CPK foi relacionado com o movimento estomatal, ou seja, na presença de deficiência hídrica o fechamento dos estômatos preveniu maior perda de água (MORI et al., 2006). A família de genes PLD (são traduzidos em enzimas fosfolipase D) tem sido relacionada com as respostas a diversos estresses, como alta salinidade, deficiência hídrica e danos mecânicos (PENG et al., 2010). O PLD atua na síntese do ácido fosfatídico (AF), que, juntamente com o ácido abscísico (ABA), são reguladores positivos para o fechamento de estômatos, quando da ocorrência de deficiência hídrica (GUO; WANG, 2012). Os estudos conduzidos em casa de vegetação na Embrapa identificaram dois eventos da cultivar 'BRSMG Curinga' GM, um para o gene CPK e outro para o gene PLD, em que sob intensa deficiência hídrica durante a fase reprodutiva (19 dias) reduziram a produtividade em apenas 35% em relação ao tratamento irrigado, enquanto que a planta controle de BRSMG Curinga não modificada geneticamente reduziu a produtividade em 90% (Fig. 4). Esse estudo está em andamento, com novas avaliações em condições controladas e, posteriormente, no campo. Se os resultados obtidos até o momento forem confirmados, cultivares de arroz geneticamente modificadas com maior tolerância à deficiência hídrica poderão ser desenvolvidas a partir desses eventos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há necessidade de caracterizar precisamente os padrões de deficiência hídrica nos ambientes propensos a esse estresse. Essa informação pode direcionar os Programas de Melhoramento para incrementar a tolerância à deficiência hídrica nas cultivares modernas de arroz de terras altas.

Em boa parte da região produtora dessa cultura ocorre deficiência hídrica na sua fase reprodutiva, causando reduções na produtividade que variam de 23% a 56%. Nessa fase, a produtividade do arroz é mais sensí-

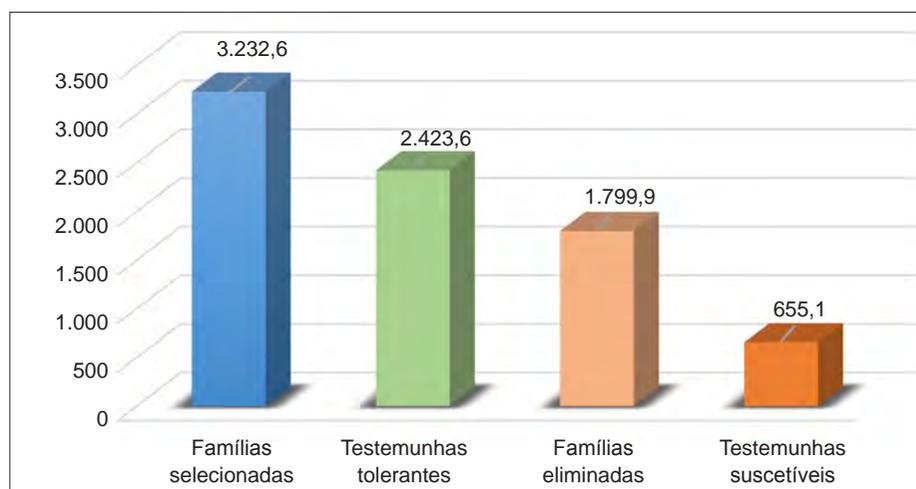


Gráfico 8 - Produtividade (kg/ha) de famílias $F_{2,4}$ e testemunhas submetidas à deficiência hídrica em ensaio conduzido em Porangatu, GO - 2016



Figura 4 - Tratamento de deficiência hídrica nas cultivares BRSMG

Nota: A - BRSMG Curinga geneticamente modificada PLD α 1-E2; B - BRSMG Curinga convencional.

vel à deficiência hídrica imposta a partir do estágio R5 (início do enchimento de grãos) do que a partir do estágio R3 (emissão das panículas). É importante realizar a fenotipagem para deficiência hídrica, tanto em campo como em condições controladas, para o conhecimento de características secundárias associadas à essa deficiência. Isso pode tornar mais eficiente a seleção para tolerância à deficiência hídrica do que somente a seleção direta para produtividade de grãos.

A termometria a infravermelho pode ser usada nessa seleção, pois é rápida e não invasiva e correlacionada com o estado hídrico das plantas.

Na seleção para tolerância à deficiência hídrica, deve-se priorizar genótipos que apresentem, sob essa condição, precocidade, baixa esterilidade de espiguetas, maior massa de 100 grãos, melhor distribuição do sistema radicular, maior eficiência na absorção de água e capacidade de ajuste osmótico.

A evolução das técnicas de fenotipagem, aliadas a dados genotípicos cada vez mais acurados, permitirá que num futuro próximo esteja disponível aos melhoristas um banco de genes de tolerância à deficiência hídrica devidamente marcados e disponíveis para transferência e piramidização em linhagens elite de maneira rotineira, gerando maior eficiência aos Programas de Melhoramento.

O sucesso do melhoramento no desenvolvimento de cultivares tolerantes à deficiência hídrica depende da integração de áreas do conhecimento, tais como: melhoramento genético de plantas, modelagem, fisiologia vegetal, biologia molecular e genética.

REFERÊNCIAS

- BARNABÁS, B.; JÄGER, K.; FEHÉR, A. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.31, n.1, p.11-38, Jan. 2008.
- CARNEIRO, N.P. Abordagens genômicas para tolerância a seca em cereais. In: SIMPÓSIO SOBRE TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS: ADAPTANDO AS CULTURAS AO CLIMA DO FUTURO, 2011, Goiânia. [Trabalhos...] Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. p.89-99. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 265).
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados de conjuntura da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1985-2015)**: área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 4 jul. 2017.
- FUKAI, S.; COOPER, M. Development of drought-resistant cultivars using physiological traits in rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.40, n.2, p.67-86, Feb. 1995.
- GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; SILVA, A.C. de L. Evapotranspiration and grain yield of upland rice as affected by water deficit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.5, p.441-446, May 2016.
- GUIMARÃES, C.M. et al. Drought tolerance in upland rice: identification of genotypes and agronomic characteristics. **Acta Scientiarum: agronomy**, Maringá, v.38, n.2, p.201-206, Apr./Jun. 2016.
- GUIMARÃES, C.M. et al. Infrared thermometry for drought phenotyping of inter and intra specific upland rice lines. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.2, p.148-154, Feb. 2010.
- GUIMARÃES, C.M. et al. Physiological parameters to select upland rice genotypes for tolerance to water deficit. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.7, p.534-540, July 2015.
- GUIMARÃES, C.M. et al. Sistema radicular do arroz de terras altas sob deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.1, p.126-134, jan./mar. 2011.
- GUIMARÃES, C.M. et al. Tolerance of upland rice genotypes to water deficit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.8, p.805-810, Aug. 2013.
- GUIMARÃES, P.H.R. **Método para fenotipagem de raiz e mapeamento associativo para tolerância à deficiência hídrica em arroz**. 2017. 129f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- GUO, L.; WANG, X. Crosstalk between phospholipase D and sphingosine kinase in plant stress signaling. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.3, p.51, Mar. 2012.
- HAMEL, L.P.; SHEEN, J.; SEGUIN, A. Ancient signals: comparative genomics of green plants CDPKs. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.19, n.2, p.79-89, Feb. 2014.
- HEINEMANN, A.B. et al. Variation and impact of drought-stress patterns across upland rice target population of environments in Brazil. **Journal of Experimental Botany**, London, v.66, n.12, p.3625-3638, June 2015.
- JONGDEE, B. et al. Improving drought tolerance in rainfed lowland rice: an example from Thailand. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.80, n.1/3, p.225-240, Feb. 2006.
- KATO, Y.; OKAMI, M. Root growth dynamics and stomatal behaviour of rice (*Oryza sativa* L.) grown under aerobic and flooded conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.117, n.1, p.9-17, May 2010.
- KUMAR, A. et al. Breeding high-yielding drought-tolerant rice: genetic variations and conventional and molecular approaches. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.65, n.21, p.6265-6278, Nov. 2014.
- MANICKAVELU, A. et al. Drought tolerance in rice: morphological and molecular genetic consideration. **Plant Growth Regulation**, Amsterdam, v.50, n.2/3, p.121-138, Nov. 2006.
- MORI, I.C. et al. CDPKs CPK6 and CPK3 function in ABA regulation of guard cell S-type anion- and Ca²⁺-permeable channels and stomatal closure. **Plos Biology**, Cambridge, v.4, n.10, p.327, Oct. 2006.
- PANTALIÃO, G.F. et al. Genome wide association study (GWAS) for grain yield in rice cultivated under water deficit. **Genetica**, Dordrecht, v.144, n.6, p.651-664, Dec. 2016.
- PENG, Y. et al. Overexpression of a PLDα1 gene from *Setaria italica* enhances the sensitivity of *Arabidopsis* to abscisic acid and improves its drought tolerance. **Plant Cell Reports**, Berlin, v.29, n.7, p.793-802, July 2010.
- REBOLLEDO, M.C. et al. Phenotypic and genetic dissection of component traits for early vigour in rice using plant growth modelling, sugar content analyses and association mapping. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.66, n.18, p.5555-5566, Sep. 2015.
- SERRAJ, R. et al. Improvement of drought resistance in rice. **Advances in Agronomy**, New York, v.103, p.41-99, 2009.
- UMEZAWA, T. et al. SRK2C, a SNF1-related protein kinase 2, improves drought tolerance by controlling stress-responsive gene expression in *Arabidopsis thaliana*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.101, n.49, p.17306-17311, Dec. 2004.
- WU, X. et al. Enhanced heat and drought tolerance in transgenic rice seedlings overexpressing OsWRKY11 under the control of HSP101 promoter. **Plant Cell Reports**, Berlin, v.28, n.1, p.21-30, Jan. 2009.
- XIAO, B. et al. Over-expression of a LEA gene in rice improves drought resistance under field conditions. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.115, n.1, p.35-46, June 2007.
- YUE, B. et al. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance. **Genetics**, Austin, v.172, n.2, p.1213-1228, Feb. 2006.



Qualidade de grãos de arroz: generalidades e particularidades que influenciam a aceitação do mercado consumidor

Priscila Zaczuk Bassinello¹, Nathan Levien Vanier², Johana Katherine Loaiza de la Pava³

Resumo - O papel relevante da busca pela qualidade do arroz envolve seus diferentes aspectos genéticos, físicos, físico-químicos, industriais, tecnológicos, sensoriais, nutricionais e funcionais e a influência da interação genótipo-ambiente nos atributos de qualidade de grãos. Para que conservem as propriedades do grão que lhe conferem boa qualidade de mercado, além da escolha da cultivar (potencial genético), as boas práticas pré e pós-colheita são fundamentais. Avanços no conhecimento científico sobre o amido e no desenvolvimento de ferramentas auxiliares para avaliação da qualidade do arroz têm trazido mais confiabilidade e precisão nas análises de laboratório para seleção de materiais genéticos promissores. A qualidade é relativa ao mercado consumidor que a demanda, e que, apesar de preferências regionais, há padrões comuns de alguns parâmetros para a maioria dos mercados nacional e internacional.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Amido. Atributos sensoriais.

Rice grain quality: generalities and particularities that influence the acceptance of consumer market

Abstract - In this article, we highlight the importance to search for rice quality in its different aspects (genetics, physics, physicochemical, industrial, technological, sensory, nutritional and functional) and the influence of genotype-environment interaction on grain quality traits. In order to preserve the quality properties of the grain that make it accepted by the market, it is necessary not only to make the right choice of the cultivar (genetic potential), but fundamentally, to adopt good pre- and post-harvest practices. In parallel, advances in scientific knowledge on starch and the development of auxiliary tools for assessing the rice quality have brought more reliability and precision to laboratory analyzes for selection of promising genetic materials. It has shown that quality is relative to the consumer market that demand it and despite some regional preferences; we can find common patterns of some parameters for most national and international markets.

Keywords: *Oryza sativa*. Starch. Sensory attributes.

INTRODUÇÃO

Arroz longo-fino ou italiano? Arroz preto ou japonês? A preferência dos consumidores define padrões de qualidade para grupo de variedades de arroz. No Brasil, sabe-se que 90% dos brasileiros consomem arroz pelo menos uma vez ao dia, seja no almoço seja no jantar, e, preferencialmente, grãos tradicionais, agulhinha, dos subgrupos integral, polido, parboilizado integral ou parboilizado polido. Seguramente, o

subgrupo polido corresponde à maior parte da fatia do mercado.

Os consumidores de alimentos, no País, estão agrupados em cinco categorias, conforme estudo realizado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) e pelo Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (Ibope) (FIESP; ITAL, 2010).

- a) conveniência e praticidade;
- b) confiabilidade e qualidade;

- c) sensorialidade e prazer;
- d) saudabilidade e bem-estar;
- e) sustentabilidade e ética.

No entanto, o mesmo estudo revelou que os grupos estão associados. A maior fatia é daqueles consumidores que buscam o alimento por conveniência e praticidade, o que corresponde a 32% do total. Outros três grupos (a, b e c) respondem por 21% a 23% cada.

¹Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, priscila.bassinello@embrapa.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Adj. UFPel - Depto. Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Pelotas, RS, nathan.faem@ufpel.edu.br

³Eng. Alimentos, M.Sc., Coord. Laboratório de Qualidade de Arroz do CIAT - FLAR, Cali, Colômbia, j.k.loaiza@cgiar.org



O arroz tem suas particularidades. Talvez seja este o alimento para o qual o consumidor é mais fiel à marca e aos padrões de qualidade, estabelecidos ao longo dos anos. A mesma pesquisa citada, de 2010, revelou que 44% dos consumidores de arroz são fiéis à marca no momento da compra.

Em décadas anteriores, as melhorias na produção global de arroz, em grande parte, focaram a obtenção de maiores rendimentos produtivos. As recentes demandas globais de arroz foram alcançadas e os consumidores têm exigido melhor qualidade de grão, a qual tem sido um parâmetro-chave no mercado de arroz.

Os atributos para a qualidade do grão de arroz, em termos de propriedades de grãos, variam muito entre os diferentes elos da cadeia produtiva, do campo à mesa do consumidor. Para os produtores importa a qualidade da semente, a umidade baixa dos grãos e menor deterioração das sementes. Os beneficiadores e industriais do arroz preferem grãos com baixa umidade e com alta renda de benefício e de grãos inteiros, enquanto que para os consumidores, as qualidades culinária, sensorial e nutricional são atributos importantes (JULIANO; DUFF, 1989).

A preferência por certos atributos de qualidade, como por exemplo os sensoriais (textura, aroma, viscosidade), varia entre regiões e países, conforme o uso a que o produto será destinado. Porém, outras características do grão são bem comuns mesmo em diferentes partes do mundo, como, por exemplo, o rendimento de grãos inteiros e a aparência translúcida dos grãos.

Neste artigo, ressaltam-se a importância da busca pela qualidade do arroz em seus diferentes aspectos (genéticos, físicos, físico-químicos, industrial, tecnológicos, sensoriais, nutricionais e funcionais) e a influência das práticas pré e pós-colheita na conservação da qualidade, a fim de atender a diferentes demandas de mercado. Por fim, destacam-se as contribuições e peculiaridades do arroz para os diferentes elos da cadeia produtiva em diferentes versões de consumo e usos.

CARACTERÍSTICAS E MEDIDAS DE QUALIDADE DO ARROZ

Teor de umidade e pureza do grão, danos físicos ou causados por pragas, os grãos imaturos, procedimentos de beneficiamento e o centro branco ou gessamento de grãos são largamente influenciados pelas condições de cultivo do arroz. Portanto, pode-se avaliar a qualidade do arroz separadamente, ou seja, do arroz em casca e do arroz beneficiado.

Qualidade do arroz em casca

O arroz em casca (não beneficiado) possui vários atributos de qualidade que determinarão a qualidade do arroz beneficiado, como o teor de umidade, o grau de pureza da semente, a pureza varietal, as dimensões dos grãos, grãos rachados, grãos imaturos, grãos danificados e com defeitos. Esses atributos são amplamente influenciados pelo genótipo, pela temperatura durante as fases vegetativa e de enchimento do grão, pela disponibilidade de água e pela adubação da cultura.

Conteúdo de umidade

O arroz deve ser beneficiado contendo um teor de umidade apropriado para obter o maior rendimento de inteiros. O teor de umidade inicial do arroz em casca na colheita e no beneficiamento impacta significativamente a qualidade do grão. A umidade ideal do arroz para beneficiamento é de 14% (peso úmido). Se o teor de umidade for maior, os grãos de arroz resistem à pressão do descascador e sofrem ruptura, enquanto que, com baixa umidade, os grãos ficam secos e frágeis, suscetíveis à quebra. O teor de umidade adequado para a colheita e trilha é de 20%-25%, para secagem e beneficiamento é de 13%-14% e para armazenamento 9%-12% (BELL et al., 2000).

Grau de pureza

A extensão da presença de outros materiais estranhos junto aos grãos de arroz determina o grau de pureza. As sujidades

dos grãos incluem a palha de arroz, espiqueta, plantas daninhas, presença de solo, pedras e quaisquer outros materiais estranhos. Tais materiais podem afetar negativamente o rendimento, a qualidade do grão propriamente dita, bem como a operação de máquinas.

Impureza varietal

As impurezas varietais no lote podem significar uma desvantagem no beneficiamento com comprometimento da qualidade do arroz, especialmente se a mistura tiver grãos com tamanho heterogêneo. Esse problema pode levar à redução da capacidade do engenho de provas, maior quebra, baixa recuperação (renda) e redução da porcentagem de arroz inteiro causada por baixa eficiência do descasque, problemas de brancura desuniforme e aumento de grãos mal polidos.

Dimensões de grão/forma de grão

A dimensão do grão de arroz em casca é, em grande parte, dependente da variedade. O arroz de grão longo em geral é mais suscetível à quebra em comparação com o arroz de grãos curtos e médios, resultando em uma menor recuperação de arroz polido (ROY; TUCKER; TESTER, 2011).

Grãos trincados

Os problemas de grãos rachados ou trincados geralmente ocorrem quando os grãos de arroz maduros são expostos a ambientes com temperatura e umidade extremas, contribuindo para a quebra de grãos durante o beneficiamento, e, consequentemente, reduzindo renda de benefício e rendimento de inteiros.

Grãos imaturos

Os grãos imaturos possuem dimensões abaixo do padrão, são gessados e, portanto, produzem farelo e quebrados excessivamente após beneficiamento, comprometendo o rendimento e a qualidade final da amostra.



Grãos danificados

Quando o arroz maduro, no campo ou armazenado, é exposto por longos períodos a condições de umidade excessiva, alta temperatura, pragas e patógenos, ocorre uma predisposição do grão aos ataques fúngicos e bacterianos, além de rápidas mudanças bioquímicas que favorecem o desenvolvimento de bolores, odores desagradáveis e alterações na aparência física.

Amarelecimento

Condições desfavoráveis de alta umidade na fase de maturação do arroz e na colheita promovem o crescimento microbológico nos grãos. Os grãos infectados geralmente gelatinizam os grânulos de amido, e, conseqüentemente, resistem à pressão durante o beneficiamento. Assim, o amarelecimento e a fermentação dos grãos não afetam a renda de benefício, diretamente, mas comprometem a comercialização do arroz pela mudança de cor. Esses grãos apresentam pontos pretos ao redor do embrião de arroz.

Qualidade do arroz beneficiado

A qualidade do arroz polido (o arroz branco) pode ser amplamente agrupada em cinco categorias principais, isto é, características físicas, químicas, culinárias, nutricionais e sensoriais. Em mercados de arroz altamente competitivos, o retorno aos produtores depende em grande parte da adesão à qualidade de engenho definida para um mercado específico.

O agrupamento de classes é parcialmente arbitrário, uma vez que várias dessas características dependem umas das outras. Os procedimentos para a medição da qualidade do arroz polido estão bem estabelecidos. A qualidade do grão é apresentada de forma objetiva, avaliando-se características mensuráveis químicas, físicas, culinárias e sensoriais, que, por sua vez, são controladas por fatores genéticos e ambientais durante e após a colheita até o armazenamento (FITZGERALD et al., 2009).

As medidas de renda de benefício e rendimento de inteiros fornecem a base para a avaliação da eficiência e da qualidade do processo de beneficiamento do arroz (BAO, 2014).

Características físicas

As qualidades físicas de grãos incluem a dimensão, translucidez e brancura do grão, sendo a aparência a principal propriedade do grão de arroz que influencia a aceitação do mercado (BAO, 2014).

Grau de polimento

O grau de polimento refere-se à quantidade de farelo removida do arroz integral durante o polimento, afeta o rendimento industrial, mas também influencia a percepção dos consumidores quanto à cor e ao comportamento culinário do arroz, ou seja, o polimento excessivo ou insuficiente poderá modificar a coloração final do grão (mais branco com aspecto gessado ou amarelado em função do farelo residual). Além disso, a presença de mais farelo residual no grão (grãos mal polidos) poderá diminuir a velocidade de cocção e a porcentagem de absorção de água do arroz, à semelhança do cozimento do arroz integral, comprometendo sua qualidade culinária. Grãos muito polidos poderão absorver mais água e cozinhar mais rapidamente, lixiviando a amilose para a água de cocção e alterando a textura final do arroz cozido. O grau de polimento ideal está entre 95 e 105.

Brancura

No processo de polimento do grão de arroz, em que se remove tanto a camada de farelo quanto a superfície mais escura do grão integral, espera-se alcançar uma brancura com uma aparência brilhante (ideal acima de 40). Além do fator genético do arroz, o grau de polimento afeta a brancura do grão, a qual pode ser expressa em termos de cor (brancura propriamente dita ou amarelamento), utilizando-se medidores de grau de polimento ou por meio de colorímetros (luminosidade/escurecimento).

Translucidez

Grãos polidos translúcidos são preferidos pela maioria dos mercados consumidores. A translucidez no grão de arroz é conferida pelo grau de cristalinidade do amido, que é função da estrutura e do empacotamento das moléculas de amilopectina. Isso impacta na capacidade da luz de ser refratada sem interferir com os corpos proteicos no grão de arroz. Lisle, Martin e Fitzgerald (2000) relataram que a forma, o tamanho e o empacotamento de amiloplastos nas células de arroz são marcadamente diferentes entre grãos gessados e grãos translúcidos, o que implica nas diferenças de comportamento culinário entre esses grãos.

Rendimento de inteiros

O rendimento de inteiros (RI) refere-se ao peso de grãos inteiros no lote da amostra beneficiada. Grãos quebrados > 75% do comprimento do grão são geralmente incluídos no peso de grãos inteiros. O RI é amplamente controlado por fatores genéticos e também de manejo (plantio, colheita, secagem e processamento). RI abaixo de 70% é considerado indesejável e as amostras assim classificadas perdem valor de mercado ou podem ser eliminadas no processo de seleção pelos melhoristas de arroz. Nossas indústrias toleram RI iguais a 55%, mas quanto maiores, mais valorizados na tipificação do produto e preço pago.

Variedades de tipo de grão médio e curto (Japônicas) produzem maior porcentagem de RI, enquanto que as variedades precoces tendem a produzir menores rendimentos do que as variedades tardias.

Gessados

O gesso é uma característica indesejável no grão de arroz, pois afeta a aparência (opacidade) e a qualidade industrial. A incidência de gessamento está associada a uma estrutura mais frágil do grão pelo acúmulo incompleto de amido e proteína, reduzindo o rendimento no beneficiamento do arroz. Variedades que levam mais tempo para en-



chimento produzem grãos uniformemente preenchidos e mais densos, o que resulta em menor gessamento. A floração não sincronizada, por outro lado, pode levar à maturação desigual de grãos e à alta incidência de gessamento. Os estresses biótico e abiótico (particularmente a alta temperatura), durante o estágio de enchimento de grãos, podem levar ao gessamento do grão de arroz (LISLE; MARTIN; FITZGERALD, 2000). O gesso desaparece durante o processo de cozimento e não tem efeito sobre o sabor ou o aroma.

Recentemente, em alguns programas internacionais de melhoramento de arroz, tem sido adotada uma escala de 1 a 9 para classificação da incidência de gessados ou da área gessada no grão: 1- <10%, 5- 10%-20% e 9- > 20%.

Para os industrialistas, grãos barriga branca e gessados são indesejados, uma vez que estão mais propensos à quebra na operação de polimento e apresentam menor aceitabilidade do que grãos vítreos, translúcidos. O defeito barriga branca não é normatizado pela Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009), que regulamenta a classificação de arroz no Brasil. É, portanto, um defeito de caráter industrial. Já o defeito gessado apresenta preceitos na referida Instrução Normativa. São considerados como barriga branca todo grão ou parte dos grãos com coloração opaca em 50% a 99% de sua constituição. Grãos gessados, por sua vez, são aqueles com 100% da área opaca, esbranquiçada. Têm uma matriz mais fraca, mais suscetível à fragmentação durante o polimento. Esse defeito é muito atribuído a cultivares híbridas. A correlação não é direta e ajustes no manejo pré e pós-colheita podem garantir boa produtividade no campo e na indústria.

Dimensão do grão

A dimensão do grão (expressa em função da relação comprimento/largura (C/L)) é uma medida relativamente estável para qualquer variedade de arroz. Em geral, os grãos de variedades de arroz do tipo Japonica são curtos e espessos ou médios,

preferidos na China, Japão, Coreia, Indonésia e muitos países do sudeste asiático; enquanto os do tipo Índica são longos e finos, consumidos preferencialmente na Índia, Bangladesh, Paquistão e muitos países da região do Oriente Médio. Variedades com grãos curtos ou redondos têm demanda específica, são mais gessadas e utilizadas no preparo de risotos e sushis.

A relação de medida do C/L é usada para classificação da dimensão do grão com base na Instrução Normativa nº 2, de 6 de fevereiro de 2012 (BRASIL, 2012), ou seja, grão com relação C/L maior ou igual a 2,75 é classificado como longo-fino; se a relação for menor que 2,75, o grão será considerado da classe longo. Porém, na prática, as indústrias brasileiras já preferem grãos com relação C/L acima de 3,0, conforme a cultivar padrão que esteja liderando o mercado. Já na classificação International Organization for Standardization (ISO) essa razão é definida para grãos longo-fino $\geq 3,0$; médio entre 2,1 e 3,0; curto entre 1,1 e 2,0 e redondo $\leq 1,0$.

Essa característica é fortemente valorizada pelas indústrias de arroz e define a aparência do grão, principalmente quanto à uniformidade padrão.

Características químicas

A qualidade culinária do grão de arroz depende em grande parte de suas características químicas. O amido constitui, aproximadamente, 90% de peso do arroz polido, e apresenta-se na forma de conjuntos de grânulos polidrais, compostos por polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina (Fig. 1). A amilose é formada por unidades de glicose majoritariamente unidas por ligações glicosídicas α -1,4, originando uma cadeia linear. Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em α -1,4 e α -1,6, formando uma estrutura ramificada. As proporções em que essas estruturas aparecem diferem em relação às fontes botânicas, variedades de uma mesma espécie e dentro da mesma variedade, de acordo com o grau de maturação da planta (ELIASSON, 2004; TESSER; KARKALAS, 2004). Alterações no

teor de amilose dos grãos de arroz podem ocorrer em função dos níveis utilizados de adubação nitrogenada, o que, logo, pode interferir na textura e no sabor do arroz cozido (XIONG et al. 2008; CHAMPAGNE et al. 2009).

O teor de amilose, a temperatura de gelatinização (TG) do amido e a consistência do gel juntos constituem as principais características químicas do grão de arroz, influenciando fortemente a qualidade culinária.

Conteúdo de amilose

O conteúdo de amilose no grão de arroz varia dentro de uma faixa ampla (entre 15% a 35%, aproximadamente). Grãos com alto teor de amilose (acima de 25% de acordo com as classificações mais usuais do setor) apresentam-se mais estruturados após cozidos, e essa faixa de amilose está associada à maior expansão do volume, ao grão cozido seco, mais solto e mais firme após o resfriamento. Isto se deve à chamada retrogradação da amilose. Com baixos teores de amilose, a amilopectina revela seu caráter pegajoso, adesivo, fazendo com que os grãos apresentem alta adesividade após o cozimento. Arroz com amilose intermediária é preferido na maioria dos mercados.

O arroz branco pode ser classificado com base no teor de amilose como: ceroso (1%-2%), amilose muito baixa (2%-9%), baixa amilose (10%-20%), amilose intermediária (20%-25%) e alta amilose (25%-33%). O teor de amilose de arroz tende a diminuir sob condições de estresse hídrico (PANDEY et al., 2014).

Os grãos com alto teor de amilose apresentam como vantagem menor índice glicêmico do que grãos com baixo teor de amilose. Isto ocorre porque alfa-amilases têm maior dificuldade em clivar a amilose do que a amilopectina. O amido é classificado de acordo com a sua velocidade de digestão e o local onde é metabolizado. Amido rapidamente digerível (ARD) é aquele digerido dentro de 20 minutos; o amido lentamente digerível (ALD) é aquele digerido entre 20 e 120 minutos; já



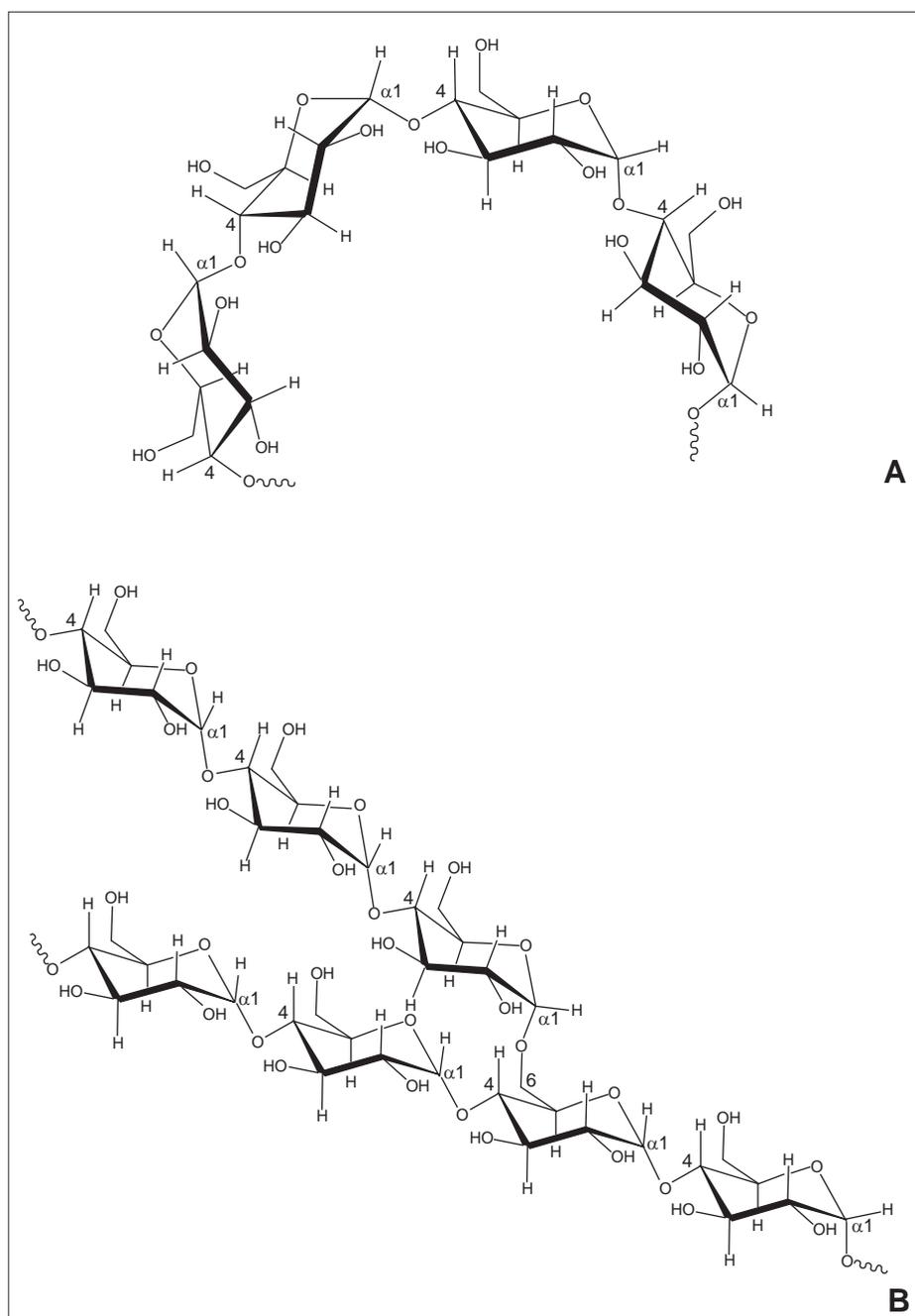


Figura 1 - Estrutura da amilose e da amilopectina

Fonte: Vanier (2012).

Nota: A - Estrutura da amilose [polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4)]; B - Estrutura da amilopectina [polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α -(1-4) e α -(1-6)].

o amido resistente (AR) é aquele que não é hidrolisado após 120 minutos (SHU; SUN; WU, 2014). Para apresentar bons níveis de AR não basta ter alto teor de amilose. Neste caso, a disposição de cadeias de amilopectina, que é o outro polímero de glicose que constitui o amido, também interfere. Quanto menores forem as cadeias laterais

de amilopectina, via de regra, melhores os níveis de AR (SHU et al., 2007).

O arroz considerado de melhor qualidade nutricional apresenta baixo índice glicêmico, altos teores de proteína, lisina e micronutrientes. A qualidade nutricional do arroz é amplamente controlada por fatores genéticos e ambientais.

Colorimétrico é o método químico mais utilizado na determinação da amilose em Programas de Melhoramento Genético de Arroz (JULIANO, 2003), e foi estabelecido inicialmente por Juliano, em 1971. Esse método consiste na medida da absorbância da cor azul gerada pelo complexo iodo e amilose (FITZGERALD et al., 2009).

A espectroscopia de infravermelho próximo – near-infrared spectroscopy (NIRS) é uma técnica rápida, limpa e ambientalmente amigável (JULIANO, 2003), utilizada como alternativa para avaliar o conteúdo de amilose pelos Programas de Melhoramento de Arroz, uma vez que permite otimizar o processo de seleção de cultivares desde gerações precoces, duplicar os resultados e minimizar o processo de preparação e manuseio da amostra (ALANDER et al., 2013). Além disso, pode ser considerada uma técnica econômica ao estabelecer uma boa relação custo-benefício. Esta tecnologia permite a avaliação de diferentes variáveis de interesse no arroz, como amilose, proteína, umidade, temperatura de gelatinização em diferentes cultivares e em diferentes gerações, em uma única análise, simultaneamente (ZHANG et al., 2007). Como exemplo de caso bem-sucedido, o Fundo Latino-Americano de Arroz Irrigado – Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (Flar) modernizou o laboratório de qualidade de grãos, recentemente, e adota esta metodologia para determinar o teor de amilose, avaliando, em média, 15 mil materiais por ano de gerações F3 a F7 com amostras de farinha de arroz polido. Dessa maneira, o número de análises por ano foi aumentado e a estabilidade genética foi obtida no padrão de amilose para o germoplasma Flar/Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat). O objetivo no futuro é reduzir tanto o tempo de entrega de resultados quanto o custo da análise, melhorar a rastreabilidade dos dados, utilizando diretamente o grão integral, e, com isso, preservar a amostra para outros usos e promover um alto impacto para os diferentes parceiros que se beneficiam da capacidade operacional da metodologia.

Temperatura de gelatinização

Em relação à TG, quando aquecido em excesso de água, o amido passa pela transição de uma fase ordenada para uma fase desordenada. Esta transição é denominada gelatinização. TG é a temperatura na qual 90% dos grânulos de amido de arroz incham irreversivelmente, sob fervura, pela desintegração da estrutura cristalina de amido (DANBABA et al., 2011), aumentando sua viscosidade. TG de 55-69 °C, de 70-74 °C, > 74 °C são classificadas como baixas, intermediárias e altas, respectivamente. Com base nesta classificação, as variedades de grãos longos são, em grande parte, de TG intermediária e alta, enquanto que o tipo de grão médio apresenta TG baixa.

A TG da pasta de arroz pode refletir o tempo necessário para cozinhamento do arroz (JULIANO, 1967). Alta TG indica que o arroz vai precisar de mais água e mais tempo para cozinhar, podendo ficar macio ou mesmo desintegrar-se, se cozido demais (GRAHAM, 2002). No entanto, não existe correlação similar entre TG e a textura do arroz cozido (IRRI, 1968). Em geral, valores de TG podem apresentar correlações úteis com o conteúdo de amilose (JENNINGS; COFFMAN; KAUFFMAN, 1979). Amostras com alta TG geralmente apresentam baixa amilose (JULIANO, 1967), mas há exceções.

Estresses ambientais, como temperaturas altas durante o desenvolvimento ou maturação do grão, podem influenciar a TG, aumentando-a. Nos Programas de Melhoramento, buscam-se materiais genéticos que tenham TG intermediária a baixa. Grãos denominados arroz premium, como é o caso da cultivar IRGA 417, que fora muito elogiada, por anos, pelos industrialistas, apresentam alto teor de amilose e baixa TG, ficando ao redor de 67 °C-70 °C. Isto significa que as duplas hélices da amilopectina são desalinhas antes da ocorrência de qualquer desnaturação proteica.

Consistência de gel

A consistência de gel (CG) é a propensão do arroz cozido endurecer após o

resfriamento. Para qualquer teor de amilose, são preferidas as variedades de arroz com uma CG mais suave, uma vez que o arroz cozido terá maior grau de maciez. CG mais firme, geralmente, é associada com arroz cozido mais duro, comum em variedades de alta amilose. CG macio é a classe mais desejada, pois indica grãos que permanecerão macios após o resfriamento (CHEMUTAI et al., 2016).

Elongação do grão durante o cozimento

As variedades de arroz são diferentes quanto a sua capacidade de expansão (em termos de tamanho) durante o cozimento. A elongação do grão é uma característica desejável em arroz de qualidade superior. A TG correlaciona-se positivamente com a elongação do grão (PEREZ et al., 1987) e é mais comumente avaliada em arroz tipo aromático.

Teste sensorial para determinar a qualidade culinária do arroz

Os testes sensoriais permitem medir a qualidade dos alimentos, em que atributos como aparência, cor, tamanho, forma, odor, conformação, rendimento e uniformidade estão envolvidos (LIRIA DOMÍNGUEZ, 2007). O arroz é consumido como grão inteiro, ao contrário da maioria dos cereais que são consumidos sob a forma de farinha, o que torna as propriedades físicas e sensoriais de grande importância (LIVORE, 2000).

Os laboratórios de qualidade de arroz, em geral, avaliam parâmetros em arroz para estabelecer características de qualidade de acordo com o gosto e as preferências do mercado, sendo que a avaliação sensorial do produto permite estabelecer os atributos de aceitação no arroz cozido.

Para caracterizar o perfil culinário do arroz e avaliar a intensidade dos atributos sensoriais do arroz cozido, o Flar, por exemplo, emprega um painel sensorial treinado e utiliza testes sensoriais descritivos nas linhagens elites. Nesta avaliação, podem-se identificar características relacionadas com a aparência e a textura como:

brilho e percepção de pegajosidade (visual, manual e ao paladar); as quais são variáveis passíveis de melhorias nos Programas de Melhoramento Genético.

Cada mercado consumidor possui suas preferências específicas pela qualidade culinária e sensorial do arroz. Os brasileiros são típicos apreciadores de arroz longo-fino ou tipo agulhinha, branquinho, que fica soltinho após a cocção. Grãos com alto teor de amilose, baixa TG e baixo porcentual de grãos barriga branca e gessados apresentam características que contemplam os seus anseios. Assim, cada Programa de Melhoramento Genético de Arroz estipula seus padrões de qualidade culinária e sensorial em função do mercado. Na Embrapa Arroz e Feijão, o teste de panela é realizado para avaliar o rendimento de panela (expansão de volume do arroz) e textura (pegajosidade e dureza) do grão cozido por painel de provadores treinados. Por outro lado, essa avaliação precisa estar fortemente alinhada ao que se preconiza nas indústrias de arroz quanto aos atributos de interesse e escalas de classificação.

FATORES DETERMINANTES DA QUALIDADE DO GRÃO DE ARROZ

Condições ambientais

O ambiente de cultivo do arroz, particularmente aonde ocorrem grandes extremos de temperatura durante o período de maturação, afeta severamente a qualidade dos grãos (ZHAO; FITZGERALD, 2013). Em ambientes tropicais amenos, as propriedades físico-químicas dos grãos são relativamente estáveis (KRISHNAN et al., 2011).

Os fatores ambientais, tais como temperatura, adubação e outros fatores edáficos, são grandemente influenciados pela irrigação (disponibilidade de água) (BARBOSA FILHO; FONSECA, 1994; NANDA; COFFMAN, 1979).

O estresse hídrico é uma ocorrência comum no sistema de arroz irrigado, e afeta o crescimento, o desenvolvimento e compromete o rendimento e a qualidade



de grãos (CRUSCIOL et al., 2008). O estresse hídrico no arroz também estimula a remobilização das reservas de carbono e, durante o enchimento de grãos, pode aumentar a senescência da planta e acelerar o enchimento de grãos. Geralmente, a senescência induzida por umidade reduz o período de enchimento de grãos e pode resultar em redução no peso de grãos e, conseqüentemente, comprometer a qualidade final do arroz (XIE et al., 2001).

O efeito do estresse hídrico sobre a qualidade do arroz pode ser bastante diferente entre cultivares de arroz irrigado e de terras altas. Cheng et al. (2003) relataram que as cultivares de terras altas apresentaram maior variação do que as cultivares irrigadas quanto à aparência e à qualidade nutricional, e as cultivares de terras baixas de boa qualidade apresentaram menor estabilidade no beneficiamento e menor qualidade culinária e sensorial.

Em sistema irrigado, Renmim e Yuashu (1989) observaram que, sob condições de baixa umidade, o teor de amilose no arroz branco geralmente diminui, assim como a porcentagem de grãos imaturos, enquanto a renda, o rendimento de inteiros e o teor de proteína aumentam.

Ishima et al. (1974) verificaram correlação negativa entre o teor de amilose e proteína em arroz cultivado sob condições de estresse hídrico. O teor de proteínas também pode ser associado às características de qualidade de grão, como proporção de arroz inteiro, dimensões de grão, aparência e viscosidade. Apesar de altos conteúdos proteicos serem considerados importantes em termos nutricionais, podem comprometer o sabor do arroz (FOFANA et al., 2010).

Os grãos de arroz que sofreram estresse hídrico geralmente apresentam menor TG e pico de viscosidade. Vidal et al. (2007) mostraram que existe uma correlação positiva entre TG e tempo de cozimento, sugerindo que o grão sob estresse hídrico poderia cozinhar mais rápido.

No Brasil, Crusciol et al. (2008) avaliaram IAC 201 e Carajás, duas cultivares de arroz de terras altas, sob condições irrigadas com chuva ou com irrigação suple-

mentar. Quando a irrigação é dependente de precipitação pluvial, a disponibilidade contínua de água fica comprometida, o que pode afetar significativamente o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento da cultura, bem como a qualidade do grão. A menor disponibilidade de água induziu aumentos nas concentrações de proteína, N, P, Ca, Mg, Fe e Zn, e reduções de S e Cu nos grãos polidos, independentemente das variedades. O rendimento de inteiros foi maior com irrigação suplementar por aspersão.

Guo (2007) observou, em cultivos na China, que os parâmetros da qualidade dos grãos, como o teor de amilose, a CG, a TG e o teor de proteína são significativamente maiores para o arroz de terras altas, e os parâmetros de qualidade culinária (dimensão dos grãos, alongação, absorção de água, expansão de volume, tempo de cozimento) não são significativamente alterados em sistema irrigado por chuvas.

Em relação à temperatura noturna ou durante a formação das panículas, quando alta, poderá prejudicar a qualidade do grão de arroz (MORITA et al., 2004). Cooper, Siebenmorgen e Counce (2008) observaram que o aumento da temperatura noturna de 18 °C a 30 °C, provocou redução do rendimento de inteiros, das dimensões de grãos e do teor de amilose. A alta temperatura interrompe o crescimento celular e o desenvolvimento durante o enchimento de grãos e promove gessamento excessivo (SIEBENMORGEN; NEHUS; ARCHER, 1998).

No armazenamento dos grãos de arroz, a exposição à temperatura mais alta pode resultar em mudanças notáveis nas propriedades químicas e físicas do arroz (JANG; LIM; KIM, 2009). Meullenet et al. (2000) relataram que a temperatura e o tempo de armazenamento dos grãos em casca afetaram os principais atributos de sabor e textura do arroz. Nessas condições, o perfil de textura do grão de arroz cozido muda rapidamente, observando-se aumento da dureza, redução da adesividade e menor lixiviação de componentes de amido, particularmente amilose. Patindol, Wang

e Jane (2005) sugeriram que a estrutura do amido e as propriedades físico-químicas são severamente afetadas pelo armazenamento prolongado do arroz em casca sob temperaturas mais elevadas.

A ocorrência de altas temperaturas no período de floração do arroz pode diminuir a viscosidade final e o teor de amilose em algumas variedades Japônicas, enquanto que para o arroz Índica, pode aumentar a viscosidade máxima e os valores de quebra – Rápido Analisador de Viscosidade (RVA) e a relação dureza versus pegajosidade do arroz cozido (TANAKA et al., 2004). Os efeitos da temperatura de armazenamento são evidentes nas propriedades culinárias e sensoriais de grãos de arroz. Esses efeitos são desencadeados sobre os componentes de amido e não amido do grão durante o armazenamento, impactando as propriedades térmicas da parede celular remanescente e das proteínas que são responsáveis pelas mudanças nas propriedades térmicas do arroz nesse período.

Controle genético

As características de qualidade de grãos possuem um complexo controle genético, o que torna um desafio transferir os atributos de interesse para cultivares adaptadas. A maior parte dessas características é de natureza altamente poligênica. Em populações segregantes, a seleção efetiva torna-se um desafio, quando se utilizam apenas ferramentas físico-químicas para fenotipagem da qualidade, que, além de relativamente onerosas, são subjetivas ou indiretamente relacionadas com os atributos estudados.

Determinar a qualidade do arroz é muito subjetivo e geralmente está relacionada com uma combinação de características físicas e químicas necessárias para um uso específico do grão. Os parâmetros de qualidade do arroz que são amplamente controlados pela genética da cultivar são características químicas (amilose, gessados etc.), propriedades físicas (forma, tamanho, cor etc.), propriedades de cozimento (condutividade térmica, teor de umidade de equilíbrio e capacidade de fluxo), bem como as propriedades nutricionais dos grãos.



O avanço recente das técnicas moleculares permite ao melhorista mapear por completo os locus de caracteres quantitativos – quantitative trait loci (QTLs)/genes para vários atributos de qualidade, o que possibilita o desenvolvimento de marcadores moleculares que auxiliam a seleção de tipos específicos de qualidade de grão, usando a ferramenta de seleção assistida por marcador (SAM). Recentemente, alguns marcadores moleculares funcionais foram desenvolvidos e mostraram-se altamente eficientes na seleção de materiais genéticos quanto a tamanho de grão, aroma, teor de amilose, TG e viscosidade da pasta. Esses marcadores são cada vez mais usados por melhoristas de arroz para as diferentes qualidades de grãos demandadas pelos consumidores. Um bom exemplo prático é do melhoramento para reduzir o gessamento dos grãos (característica complexa controlada por QTLs). Mais de 140 QTLs que contribuem para a formação de gesso nos grãos foram mapeados em todos os 12 cromossomos do genoma do arroz. Dentre esses, apenas alguns QTLs foram isolados e analisados funcionalmente, e alguns genes associados foram identificados. Ainda são necessárias mais pesquisas sobre o mecanismo complexo para ocorrência desse defeito em arroz (LIN et al., 2016).

Os atributos de qualidade do grão de arroz são em grande parte herdados geneticamente, no entanto, as condições ambientais em que o arroz é cultivado e armazenado, as práticas agrônômicas utilizadas para a produção, manuseio, armazenamento e processamento pós-colheita de grãos podem afetar significativamente a qualidade do produto final.

ARROZ PARBOILIZADO

Cerca de 20% do mercado brasileiro de arroz é do parboilizado. O processo de parboilização do arroz consiste em três fases adicionais ao processo de industrialização convencional, as quais são: encharcamento, autoclavagem e secagem anterior ao descascamento. A parboilização do arroz tem sido utilizada como alternativa para melhorar as propriedades nutricionais do

arroz polido, evitando perdas significativas de selênio, zinco e ácido fólico, por exemplo, na operação de polimento. Além disso, a parboilização também favorece algumas propriedades tecnológicas do arroz, como o rendimento de grãos inteiros, a conservabilidade no armazenamento e a solubilidade dos grãos após a cocção.

Os principais fenômenos que ocorrem na parboilização são (DEMONT et al., 2012):

- a) transferência de componentes do farelo para as camadas mais internas da cariopse do arroz durante a etapa de encharcamento;
- b) inativação das enzimas lipases, naturalmente distribuídas no farelo, durante o tratamento térmico;
- c) gelatinização total ou parcial do amido.

Embora a parboilização promova benefícios nutricionais e tecnológicos ao arroz, como maior teor de vitaminas, maior estabilidade durante o armazenamento e diminuição no percentual de grãos quebrados após o descascamento e polimento, comparado ao arroz branco polido, o produto parboilizado é escuro, amarelado, o que negativamente afeta a aceitabilidade no mercado.

O arroz parboilizado é excelente fonte de carboidratos complexos, possuindo teores significativos de vitaminas do complexo B, F e minerais. Os carboidratos presentes no arroz parboilizado, além de apresentar caráter energético, também têm complexas funções fisiológicas, inclusive em consequência da formação de substâncias com ação semelhante à das fibras, como o amido resistente, que atua na manutenção da glicemia. O arroz parboilizado apresenta menor índice glicêmico, quando comparado ao arroz branco polido.

UTILIZAÇÃO DE AMIDO DE ARROZ

O amido é o principal constituinte dos grãos de arroz. Estimativas apontam a produção mundial de amido em torno de 4 milhões de toneladas, sendo o milho a principal fonte utilizada para sua extração. No Brasil, a mandioca é utilizada como

fonte de amido no preparo de polvilhos e produtos de confeitaria. Métodos eficientes de extração de amido de arroz são conhecidos, mas o processo de extração úmida é mais aplicado.

Por que não utilizar o amido de arroz quebrado, quirera ou grãos com defeitos (que não comprometam a saúde) para elaboração de pães e produtos de confeitaria, por exemplo? Existem diversas aplicações para o amido nas indústrias alimentícias, como comida para bebê, maionese, aromatizantes, sopas, pudim, margarina, talharins, macarrões, pães, conservantes, espessantes e xarope de amido; e não alimentícias, como adesivos, aditivos para tintas, fitas, vestuário, engomagem, reagentes, pílulas, pó para aspersão e dextrinas para indústria de papel.

O comportamento do amido em água, durante o aquecimento, varia de acordo com a espécie botânica. Isso poderia ser um entrave para utilização de amido de arroz ao invés de amido de milho e de mandioca, com características viscoamilográficas conhecidas e trabalhadas. No entanto, muitas pesquisas apresentam possibilidades de modificação das propriedades do amido por meios químicos, físicos e enzimáticos, originando amidos com as mais variadas propriedades viscoamilográficas.

Os grânulos do amido de arroz são pequenos (Fig. 2) e apresentam-se retidos em matriz proteica bastante resistente, razões que determinam lentidão em sua liberação e consequente hidrólise, fazendo com que sejam reduzidos os picos glicêmicos, e essa é uma característica importante especialmente para consumidores com problemas relacionados com a hiperglicemia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atributos de qualidade dos grãos são fortes determinantes da adoção de cultivares do arroz pelos diferentes elos da cadeia produtiva. Os efeitos fenotípicos são evidenciados em parâmetros físicos, químicos, de composição e de qualidade culinária. Os efeitos genotípicos são manifestados em componentes estruturais do grão, que, por sua vez, determinam as



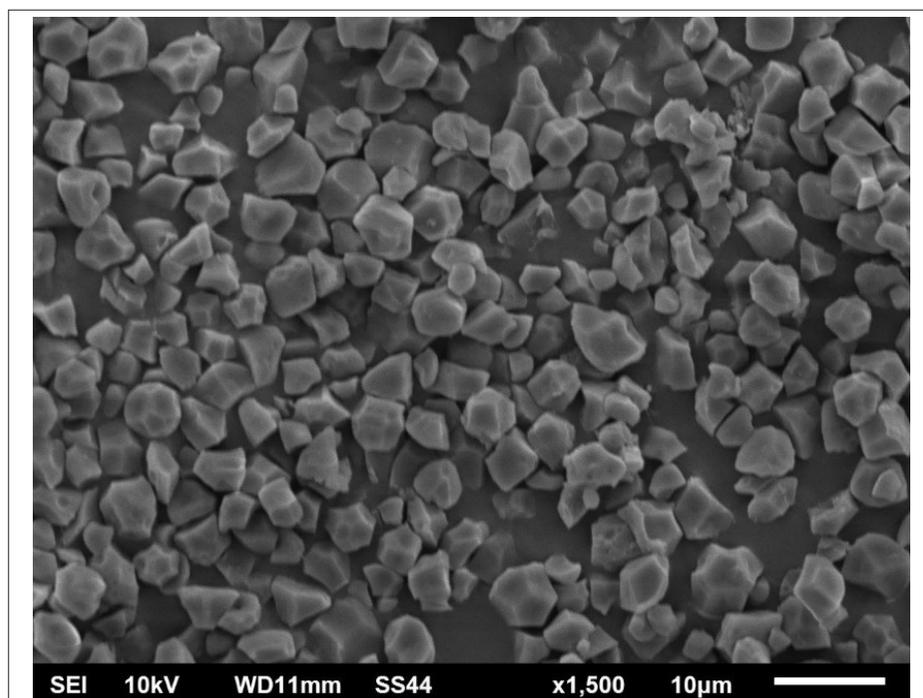


Figura 2 - Microscopia eletrônica de varredura de grânulos de amido isolados de grãos da cultivar IRGA 417

Fonte: Paiva (2014).

Nota: Os grânulos são pequenos e poliédricos.

qualidades funcionais ou sensoriais. As práticas culturais de manejo são conhecidas por influenciarem a qualidade do grão. A variação climática entre as estações pode ser um fator relevante que impõe o desafio de manter a qualidade pós-colheita do arroz, principalmente em sistema irrigado por inundação contínua, e atender à demanda do mercado satisfatoriamente. Portanto, há uma necessidade premente de entender o desempenho de novas cultivares nos diferentes ambientes (especialmente quanto ao manejo da água e condições de cultivo). Atualmente, os Programas de Melhoramento Genético bem-sucedidos são aqueles que deslocaram seu foco de pesquisa em arroz com alto potencial produtivo para arroz de alta qualidade de grão.

REFERÊNCIAS

ALANDER, J.T. et al. A review of optical nondestructive visual and near-infrared methods for food quality and safety. **International Journal of Spectroscopy**, v.2013, 2013. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/ij/s/2013/341402/>>

abs/>. Acesso em: 15 jan. 2018.

BAO, J. Genes and QTLs for rice grain quality improvement. In: BAO, J. (Ed.). **Rice: germplasm, genetics and improvement**. London: InTech, 2014. cap.9, p.239-278. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/rice-germplasm-genetics-and-improvement/genes-and-qtls-for-rice-grain-quality-improvement>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

BARBOSA FILHO, M.P.; FONSECA, J.R. Importância da adubação na qualidade do arroz. In: SÁ, M.E. de; BUZZETTI, S. (Coord.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.217-231.

BELL, M.A. et al. Rice quality management: principles and some lessons. In: ASEAN, 19.; APEC SEMINAR ON POSTHARVEST TECHNOLOGY HELD IN HO CHI MINH CITY, 1., 1999, Vietnam. **Proceedings...** Quality assurance in agricultural produce. Canberra: ACIAR, 2000. p.255-263. (ACIAR. Proceedings, 100).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009. Aprova o Regulamento Técnico do Arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com

os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem, na forma dos Anexos à presente Instrução Normativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 fev. 2009. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 2, de 6 de fevereiro de 2012. [Altera a Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 7 fev. 2012. Seção 1.

CHAMPAGNE, E.T. et al. Unraveling the impact of nitrogen nutrition on cooked rice flavor and texture. **Cereal Chemistry**, v.86, n.3, p.274-280, May/June 2009.

CHEMUTAI, L.R. et al. Physicochemical characterization of selected rice (*Oryza sativa* L.) genotypes based on gel consistency and alkali digestion. **Biochemistry & Analytical Biochemistry**, v.5, n.3, p.285, 2016.

CHENG, W. et al. Variation in rice quality of different cultivars and grain positions as affected by water management. **Field Crops Research**, v.80, n.3, p.245-252, Jan. 2003.

COOPER, N.T.W.; SIEBENMORGEN, T.J.; COUNCE, P.A. Effects of nighttime temperature during kernel development on rice physicochemical properties. **Cereal Chemistry**, v.85, n.3, p.76-282, May/June 2008.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Grain quality of upland rice cultivars in response to cropping systems in the Brazilian tropical Savanna. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.5, p.468-473, 2008.

DANBABA, N. et al. Grain quality characteristics of *Ofada* rice (*Oryza sativa* L.): cooking and eating quality. **International Food Research Journal**, v.18, n.2, p.629-634, 2011.

DEMONT, M. et al. Consumer valuation of improved rice parboiling techniques in Benin. **Food Quality and Preference**, v.23, n.1, p.63-70, Jan. 2012.

ELIASSON, A.C. **Starch in food: structure, function and applications**. Cambridge: Woodhead, 2004. 624p.

FIESP; ITAL. **Brasil food trends 2020**. São Paulo, 2010. 173p.

FITZGERALD, M.A. et al. Addressing the dilemmas of measuring amylose in rice. **Cereal Chemistry**, v.86, n.5, p.492-498, Sept./Oct. 2009.



- FOFANA, M. et al. Effect of water deficit at grain ripening stage on rice grain quality. **Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development**, v.2, n.6, p.100-107, June 2010.
- GRAHAM, R. A proposal for IRRI to establish a Grain Quality and Nutrition Research Center. Los Baños: IRRI, 2002. 15p. (IRRI. Discussion Paper, 44).
- GUO, Y. QTL mapping and Q×E interactions of grain cooking and nutrient qualities in rice under upland and lowland environments. **Journal of Genetics and Genomics**, v.34, n.5, p.420-428, May 2007.
- IRRI. **Annual Report for 1967**. Los Baños, 1968.
- ISHIMA, T. et al. Effect of nitrogenous fertilizer application and protein content in milled rice on organoleptic quality of cooked rice. **Report of National Food Research Institute**, v.29, p.9-15, 1974.
- JANG, E.H.; LIM, S.T.; KIM, S.S. Effect of storage temperature for paddy on consumer perception of cooked rice. **Cereal Chemistry**, v.86, n.5, p.549-555, Sept./Oct. 2009.
- JENNINGS, P.R.; COFFMAN, W.R.; KAUFFMAN, H.E. **Rice improvement**. Los Baños: IRRI, 1979. 186p. Disponível em: <http://books.irri.org/9711040034_content.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- JULIANO, B.O. Nutritive value of rice and rice diets. In: JULIANO, B.O. **Rice chemistry and quality**. Manila: Philippine Rice Research Institute, 2003. p.131-178.
- JULIANO, B.O. Physicochemical studies of rice starch and protein. **International Rice Commission Newsletter**, p.93-105, 1967. Special issue.
- JULIANO, B.O.; DUFF, B. **Setting priorities for rice grain quality research**. In: ASEAN SEMINAR ON GRAIN POSTHARVEST TECHNOLOGY, 12., 1989, Surabaya, Indonesia. **Proceedings...** Grain postharvest research and development: priorities for the nineties. Bangkok: Asean Grain Postharvest Programme, 1989. p.201-2011.
- KRISHNAN, P. et al. High-temperature effects on rice growth, yield, and grain quality. **Advanced in Agronomy**, v.111, p.87-206, 2011.
- LIN, Z. et al. Chalky part differs in chemical composition from translucent part of japonica rice grains as revealed by a notched-belly mutant with white-belly. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.96, n.11, p.3937-3943, Aug. 2016.
- LIRIA DOMÍNGUEZ, M.R. **Guía para la evaluación sensorial de los alimentos**. Lima: Instituto de Investigación Nutricional, 2007. 44p.
- LISLE, A.J.; MARTIN, M.; FITZGERALD, M.A. Chalky and translucent rice grains differ in starch composition and structure and cooking properties. **Cereal Chemistry**, v.77, n.6, p.627-632, Nov./Dec. 2000.
- LIVORE, A.B. Granospanzablanca. In: PROARROZ. **Resultados experimentales 1999-2000**. [S.l.], 2000. p.27-36.
- MEULLENET, J.F. et al. Sensory quality of cooked long-grain rice as affected by rough rice moisture content, storage temperature, and storage duration. **Cereal Chemistry**, v.77, p.259-263, Mar./Apr. 2000.
- MORITA, S. et al. Effect of high temperature on grain ripening in rice plants: analysis of the effects of high night and high day temperatures applied to the panicle and other parts of the plant. **Japanese Journal of Crop Science**, v.73, n.1, p.77-83, 2004.
- NANDA, J.S.; COFFMAN, W.R. IRRI's efforts to improve the protein content of rice. In: WORKSHOP ON THE CHEMICAL ASPECTS OF RICE GRAIN QUALITY, 1979, Los Baños. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1979. p.33-47.
- PAIVA, F.F. **Efeitos da intensidade de polimento e da parboilização em parâmetros químicos e tecnológicos de arroz com pericarpo preto e vermelho**. 2014. 136f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.
- PANDEY, A. et al. Rice quality under water stress. **Indian Journal of Advances in Plant Research**, v.1, n.2, p.23-26, 2014.
- PATINDOL, J.; WANG, Y.J.; JANE, J.I. Structure-functionality changes in starch following rough rice storage. **Starch**, v.57, n.5, p.197-207, May 2005.
- PEREZ, C.M. et al. Extracted lipids and carbohydrates during washing and boiling of milled rice. **Starch**, v. 39, n.11, p.386-390, 1987.
- RENMIN, W.; YUANSU, D. Studies on ecological factors on ecological factors of rices from heading to maturity: I - effect of different soil moisture content on fertilization, grain-filling and grain quality of early Indica rice. **Journal of Zhejiang University**, 1989. Disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZJNY198901002.htm>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- ROY, S.J.; TUCKER, E.J.; TESTER, M. Genetic analysis of abiotic stress tolerance in crops. **Current Opinion in Plant Biology**, v.14, n.3, p.232-239, June 2011.
- SHU, X.; SUN, J.; WU, D. Effects of grain development on formation of resistant starch in rice. **Food Chemistry**, v.164, p.89-97, 2014.
- SHU, X. et al. The influences of chain length of amylopectin on resistant starch in rice (*Oryza sativa* L.). **Starch**, v.59, n.10, p.504-509, 2007.
- SIEBENMORGEN, T.J.; NEHUS, Z.T.; ARCHER, T.R. Milled rice breakage due to environmental conditions. **Cereal Chemistry**, v.75, n.1, p.149-152, Jan./Feb. 1998.
- TANAKA, N. et al. The structure of starch can be manipulated by changing the expression levels of starch branching enzyme IIb in rice endosperm. **Plant Biotechnology Journal**, v.2, n.6, p.507-516, Nov. 2004.
- TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch: composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v.39, n.2, p.151-165, Mar. 2004.
- VANIER, N.L. **Armazenamento de cultivares de feijão e seus efeitos na qualidade tecnológica dos grãos e nas propriedades do amido**. 2012. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Industrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.
- VIDAL, V. et al. Cooking behavior of rice in relation to kernel physicochemical and structural properties. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.55, n.2, p.336-346, Jan. 2007.
- XIE, G. et al. Grain filling characteristics of rice and their relationships to physiological activities of grains. **Acta Agronomy Sinica**, v.27, p.557-565, 2001.
- XIONG, F. et al. Effect of nitrogen application time on *Caryopsis* development and grain quality of rice variety Yangdao 6. **Rice Science**, v.15, n.1, p.57-62, Mar. 2008.
- ZHANG, H.J. et al. Comparison of near infrared spectroscopy models for determining protein and amylose contents between calibration samples of recombinant inbred lines and conventional varieties of rice. **Agricultural Sciences in China**, v.6, n.8, p.941-948, Aug. 2007.
- ZHAO, X.; FITZGERALD, M. Climate change: implications for the yield of edible rice. **PLoSOne**, v.8, n.6, p.e66218, June 2013.



Biofortificação do arroz: chave para melhorar a qualidade do produto e a saúde da população

Fábio Aurélio Dias Martins¹, Ana Paula Branco Corguinha², Josimar Henrique de Lima Lessa³,
Paula Godinho Ribeiro⁴, Luiz Roberto Guimarães Guilherme⁵

Resumo - O arroz, além de ser a principal fonte de energia de diversas populações, forma uma dupla frequente com o feijão no prato dos brasileiros. De valor nutritivo naturalmente baixo, justificam-se estratégias que visem enriquecer os grãos com nutrientes e vitaminas. A biofortificação é uma estratégia – efetiva e de baixo custo – que consiste em enriquecer alimentos a partir do melhoramento genético e/ou do manejo de adubação. Pesquisas sobre o tema têm sido realizadas em todo o mundo, inclusive no Brasil, com o intuito de atingir, principalmente, populações mais vulneráveis à desnutrição, em especial nos países em desenvolvimento. Iniciativas como HarvestPlus, Rede BioFORT Brasil e HarvestZinc vêm alcançando excelentes resultados, o que possibilita avanços significativos para produção de alimentos básicos enriquecidos com elementos essenciais à dieta humana. Para a cultura do arroz, as atenções voltam-se, principalmente, para a biofortificação com iodo, selênio e zinco.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. Iodo. Selênio. Zinco.

Biofortification of rice: key to improving product quality and population health

Abstract - Rice is a cereal crop of major importance worldwide. It is the main source of energy of different populations and together with beans, makes up a daily staple on tables throughout Brazil. However, its natural nutrition value is poor, which justifies the use of strategies for enriching grains with nutrients and vitamins. Biofortification is a strategy – effective and with low-cost – that consists in the enrichment of food thru genetic breeding and, or, fertilization management. Research on this topic has been carried out worldwide, including Brazil, with a main focus on the most undernourishment vulnerable populations, especially in developing countries. Several initiatives such as HarvestPlus, Rede BioFORT Brasil, and HarvestZinc have already achieved relevant results, allowing significant advances in the production of staple crops enriched with essential nutrients to human diet. With respect to rice, the main attention has been given to biofortification with iodine, selenium, and zinc.

Keywords: *Oryza sativa* L. Iodine. Selenium. Zinc.

INTRODUÇÃO

O arroz faz parte da dieta básica de diversas populações, em especial de países asiáticos. O consumo mundial de arroz beneficiado na safra 2016/2017 alcançou, aproximadamente, 420 milhões de toneladas (PESPECTIVAS PARA A AGROPECUÁRIA, 2016).

No Brasil, o consumo de arroz é muito associado ao de feijão, sendo a combinação mais frequente no prato cotidiano dos brasileiros. Wander e Chaves (2011) mostram que dentre os Estados brasileiros, os maiores consumos domiciliares per capita anuais foram registrados no Maranhão (62,8 kg/hab./ano), Piauí (58,7 kg/hab./ano) e Tocantins (56,7 kg/hab./ano).

O arroz, bem como outros cereais, apresenta como características nutricionais alto valor energético e baixo valor nutritivo (BOUIS; WELCH, 2010). A deficiência de nutrientes em populações com dietas, que têm como base os cereais, é constante e preocupante.

Cerca de 3 bilhões de pessoas no mundo sofrem de deficiência nutricional, sendo

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq., EPAMIG Sul, Lavras, MG, fabio.aurelio@epamig.br

²Bióloga, D.Sc., Pós-Doutoranda UFLA/Bolsista CNPq, Lavras, MG, anapaulacorguinha@hotmail.com

³Eng. Agrônomo, Doutorando UFLA/Bolsista CNPq, Lavras, MG, josimar.lessa.solos@gmail.com

⁴Eng. Agrônoma, Doutoranda UFLA/Bolsista CNPq, Lavras, MG, paulagrubeiro94@gmail.com

⁵Eng. Agrônomo, Ph.D., Prof. Tit. UFLA/Bolsista CNPq, Lavras, MG, guilherm@dcs.ufla.br



que, dentre estas, cerca de 98% vivem em países em desenvolvimento (FAO; IFAD; WFP, 2014), locais onde as dietas baseiam-se em produtos de origem vegetal, como o arroz. As situações mais preocupantes estão ligadas à má nutrição em ferro, iodo, selênio, zinco e vitamina A (ALLEN et al., 2006). A deficiência de nutrientes e vitaminas é mais comum em mulheres em idades reprodutivas, crianças e pessoas com doenças que comprometem o sistema imunológico, como a Aids (FAO, 2000).

Algumas estratégias como diversificação da dieta, suplementação alimentar e fortificação dos alimentos pela indústria têm sido adotadas para contornar tais deficiências. Contudo, o elevado custo destas estratégias limita suas eficiências em atingir as populações mais necessitadas, as quais, em geral, apresentam baixa renda (ALLOWAY, 2008). Uma opção de menor custo e que apresenta possibilidade de abranger grande parte da população é a utilização da biofortificação. Esta estratégia consiste no aumento dos teores de nutrientes em culturas agrícolas, mediante práticas agronômicas e/ou melhoramento genético. O melhoramento convencional de plantas e/ou transgenia/biotecnologia caracteriza a biofortificação genética, enquanto o fornecimento de nutrientes por meio da aplicação de fertilizantes (via solo ou foliar) caracteriza a biofortificação agronômica (WHITE; BROADLEY, 2005) (Fig. 1).

O aperfeiçoamento do potencial genético do arroz, em conjunto com o uso de práticas agrícolas eficientes, pode ser explorado para promover melhorias na qualidade dos grãos dessa cultura e beneficiar a saúde humana, uma vez que seu consumo é elevado. Os principais nutrientes avaliados em estudos de biofortificação agronômica de arroz, atualmente em curso no mundo, são iodo, selênio e zinco, nutrientes para os quais aumentos de concentração em grãos da ordem de 10 a 50 vezes têm sido reportados em trabalhos recentes em condições de campo (CAKMAK et al., 2017; CHEN et al., 2017; SAHA et al., 2017).

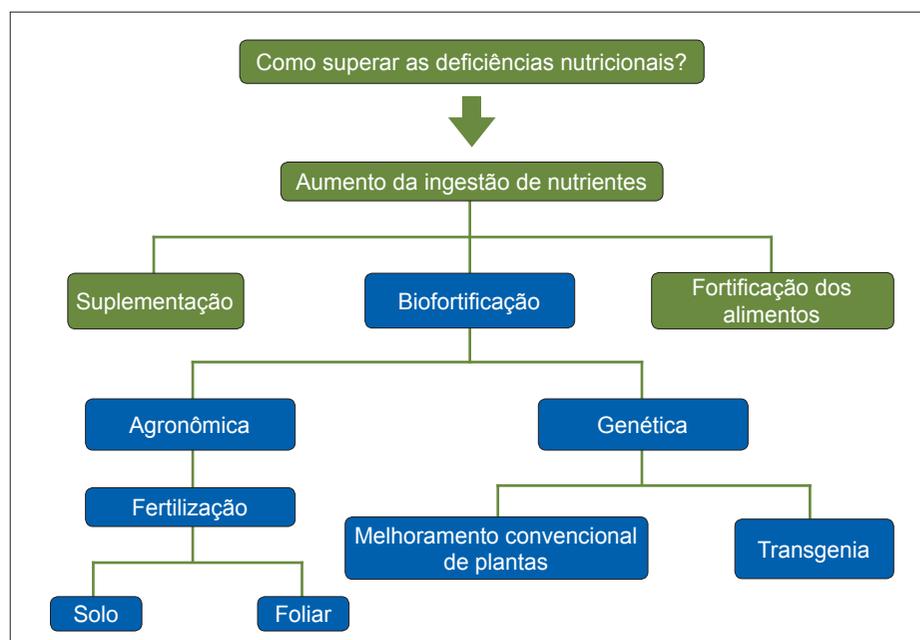


Figura 1 - Diferentes estratégias para superar deficiências nutricionais, com destaque para a biofortificação, estratégia mais viável economicamente

Fonte: Adaptado de Nakandalage et al. (2016).

Iodo

A importância do iodo reside em seu papel biológico, sendo um constituinte dos hormônios da tireoide, T3 e T4. Sua deficiência causa aumento do volume da glândula da tireoide, o chamado bócio (HETZEL; MABERLY, 1986), assim como está associada a deficiências mentais e intelectuais, retardo de crescimento, aborto e mortalidade infantil (LAZARUS, 2015).

Diferentemente de outras deficiências nutricionais, a insuficiência em iodo pode apresentar prevalência em países em desenvolvimento e desenvolvidos (GONZALI; KIFERLE; PERATA, 2017). Exames de urina realizados em crianças em idade escolar em todo o mundo mostram que cerca de um terço dessas crianças ingere quantidade insuficiente de iodo (ANDERSSON; KARUMBUNATHAN; ZIMMERMANN, 2012). Entre todos os continentes, a Europa é identificada como a região com maior prevalência de deficiência de iodo em populações humanas (ZIMMERMANN; ANDERSSON, 2011) (Fig. 2).

No Brasil, a deficiência de iodo tem sido reportada como um problema de saúde

pública desde 1955 e, daí em diante, esse elemento tem sido suplementado ao sal de cozinha. Em 2003, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), por meio da Regulamentação de Diretoria Colegiada (RDC) (ANVISA, 2003), normalizou entre 20 e 60 mg/kg, a concentração ideal de iodo no sal para consumo humano (MEDEIROS-NETO, 2009). Entretanto, a partir da RDC nº 23, de 24 de abril de 2013, a Anvisa (2013) reduziu esses valores para 15 a 45 mg/kg, uma vez que alguns dados demonstravam que a população brasileira apresentava ingestão excessiva de iodo (IODINE GLOBAL NETWORK, 2016). Ainda de acordo com a Rede Global de Iodo – Iodine Global Network (IGN), este problema foi contornado e, atualmente, o Brasil apresenta consumo adequado (Fig. 2).

Apesar da grande ingestão de iodo por parte dos brasileiros, a redução da concentração desse nutriente em sal de cozinha e intervenções que propõem reduzir a quantidade de sal nos alimentos produzidos e consumidos no Brasil (NILSON; JAIME; RESENDE, 2012) podem causar deficiência futura na população.

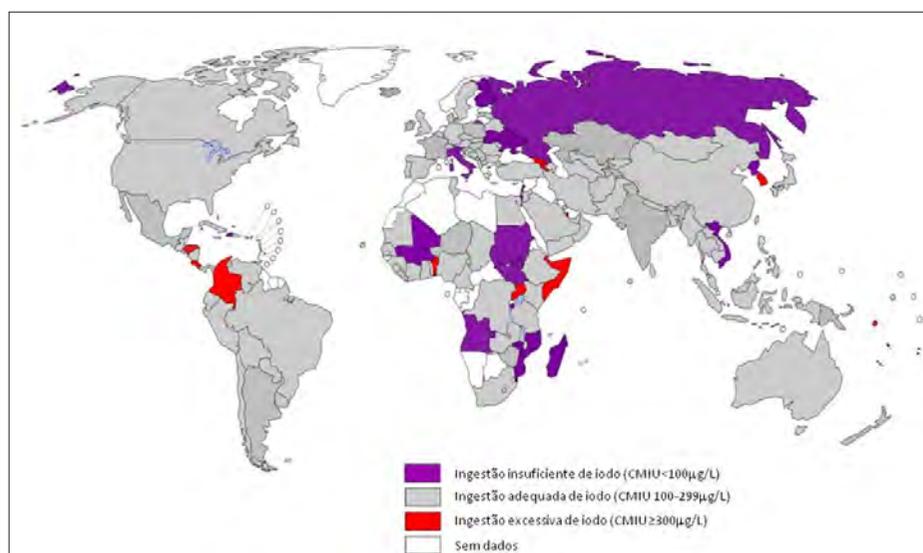


Figura 2 - Mapa global do status de iodo na população mundial, com base na concentração média de iodo na urina (CMIU) em crianças e adultos

Fonte: Adaptado de Iodine Global Network (2016).

O alto consumo de alimentos básicos, de maneira geral, alimentos à base de cereais com baixa concentração de iodo, é citado como uma das principais razões para a deficiência desse nutriente. Esta baixa concentração está associada aos baixos teores de iodo em solos, uma vez que as rochas de origem, de maneira geral, não possuam níveis significativos desse mineral (FUGE; JOHNSON, 2015).

A necessidade diária de iodo para adultos é, em média, de 150 µg (FAO, 2000). Segundo Welch, Graham e Cakmak (2013), o consumo médio mundial per capita diário de arroz é de cerca de 180 g, e assumindo uma concentração média de iodo em grãos de 10 µg/kg (ZIA et al., 2015), a contribuição do arroz para a ingestão diária não deve ser superior a 2 µg, portanto, menos de 2% da demanda diária. Assim, a biofortificação de grãos de arroz com iodo tem potencial para contribuir consideravelmente com maior ingestão desse nutriente pelas populações.

Selênio

O selênio é um elemento essencial à saúde humana e animal, participando de diversos processos biológicos, como crescimento, fertilidade e prevenção de doenças crônicas (BROADLEY et al., 2010).

Esse elemento é importante na ativação de enzimas antioxidantes, ou seja, tem ação de desintoxicar o organismo. Além disso, possui atividades anti-inflamatórias e antivirais (PAPPAS et al., 2008).

A baixa ingestão de selênio provoca deficiência no organismo, a qual atinge cerca de 15% da população mundial (WHITE; BROADLEY, 2005). Tal deficiência pode levar ao desenvolvimento de doenças cardiomiopáticas (doença de Keshan-Beck), hipotireoidismo, enfraquecimento do sistema imunológico, infertilidade masculina e aumento da incidência de vários tipos de câncer (FORDYCE, 2007).

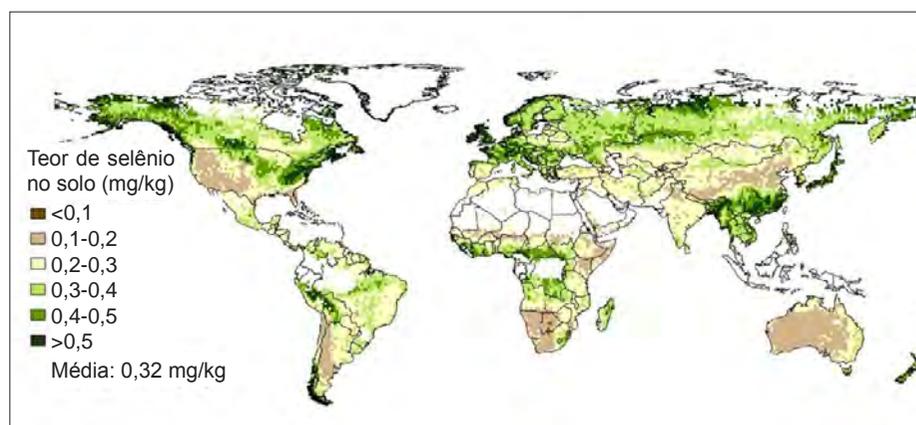


Figura 3 - Teor de selênio, em mg/kg, em solos no mundo

Fonte: Adaptado de Jones et al. (2017).

Por outro lado, a excessiva ingestão de selênio na dieta também pode ser prejudicial para os seres humanos e animais. Os sintomas de toxidez leve em humanos incluem dermatites, rachaduras das unhas, queda de cabelo e hálito de “alho”, enquanto toxidez grave pode causar desconforto respiratório agudo, enfarte do miocárdio e insuficiência renal (FORDYCE, 2007).

Apesar de sua essencialidade aos humanos e animais, o selênio não é essencial às plantas. Entretanto, é a partir de produtos de origem vegetal e animal que se obtêm quantidades necessárias de selênio para suprimento diário. Assim, é necessário que este elemento esteja presente em concentrações adequadas no solo para ser transferido para as plantas. Grande parte dos solos agricultáveis apresenta baixa disponibilidade de selênio (BROADLEY et al., 2006; CHILIMBA et al., 2009) (Fig. 3), o que ocasiona baixos teores em vegetais e, conseqüentemente, baixa ingestão por parte de humanos e animais.

No Brasil, ainda são poucos os trabalhos que envolvem o selênio, seja em relação ao solo, seja em relação a plantas, humanos e animais. A preocupação maior é com uma possível deficiência em selênio para a população brasileira, visto que, em alguns estudos, tem-se notado que os teores desse elemento em solos de algumas regiões do Brasil são muito baixos (FARIA, 2009; CARVALHO, 2011; GABOS; ALLEONI; ABREU, 2014).

A necessidade diária de selênio para adultos é, em média, de 70 µg (FAO, 2000). Seguindo o consumo médio estimado por Welch, Graham e Cakmak (2013), de 180 g de arroz/dia/pessoa, e assumindo uma concentração média de selênio em arroz de 8 µg/kg (FERREIRA et al., 2002), a contribuição do grão para a ingestão diária não deve ser superior a 1,4 µg, isto é, menos de 2% da demanda diária. Assim, fica evidente o potencial que a biofortificação de grãos de arroz com selênio tem para contribuir decisivamente na nutrição de humanos.

Zinco

O zinco é um elemento essencial para plantas e animais e atua em diversos processos bioquímicos. É um componente essencial para proteínas e enzimas (NRIAGU, 2007), além de estar envolvido na síntese de DNA e RNA e no crescimento e diferenciação celular (MAYER; PFEIFFER; BEYER, 2008).

Em países em desenvolvimento, a deficiência de zinco encontra-se na quinta posição de fator de risco à saúde humana, logo após o cigarro. No mundo, essa deficiência encontra-se na 11ª posição de fator de risco à saúde humana (WHO, 2002), afetando, aproximadamente, um terço da população mundial. Tal deficiência pode promover uma série de processos metabólicos (NRIAGU, 2007), sendo capaz de afetar o sistema imunológico, alterando a cicatrização de feridas, além de prejudicar a síntese de DNA e alterar os sentidos do paladar e do olfato (FRAGA, 2005). As maiores consequências da deficiência de zinco ao organismo humano são danos às funções do cérebro, ao sistema imunológico e ao crescimento físico (CAKMAK et al., 2010; CAKMAK; MCLAUGHLIN; WHITE, 2017).

Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) – World Health Organization (WHO; UNICEF, 2007), a deficiência em zinco é responsável por, aproximadamente, 16% das infecções respiratórias, 18% dos casos de malária e 10% das diarreias no mundo. Em geral,

1,4% do total das mortes é atribuída à carença de zinco, sendo 1,4% nos homens e 1,5% nas mulheres. Informações a respeito da deficiência desse nutriente, tanto em âmbito nacional como mundial, ainda são escassas (HESS et al., 2009). Contudo, dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (2008-2009) revelaram prevalências de inadequações elevadas de zinco nos homens idosos de todas as regiões brasileiras (26% a 42%), (FISBERG et al., 2013).

A deficiência de zinco é maior em países em desenvolvimento e tal fato ocorre por causa da dieta da população desses países ser com base em produtos vegetais, os quais apresentam baixa biodisponibilidade de zinco (CAKMAK; MCLAUGHLIN; WHITE, 2017). Assim como para selênio, a baixa disponibilidade de zinco em produtos vegetais está correlacionada com os baixos teores desse elemento encontrados em solos agrícolas (Fig. 4).

A necessidade diária de zinco para adultos é, em média, de 12 mg (FAO, 2000). Seguindo o consumo proposto por Welch, Graham e Cakmak (2013) de 180 g de arroz/dia/pessoa e assumindo uma concentração de zinco em arroz de 14 mg/

kg, a contribuição média do arroz para a ingestão diária não deve ser superior a 2,5 mg, menos de 20% da demanda diária. Também para esse nutriente, justificam-se plenamente iniciativas que visem a biofortificação dos grãos de arroz com zinco.

EFEITO DA BIOFORTIFICAÇÃO NA QUALIDADE DE SEMENTES

A fertilidade do solo afeta diretamente o potencial fisiológico e a emergência de sementes, assim como o desenvolvimento das plântulas (FAGUNDES; CAMARGOS; COSTA, 2011; MONDO et al., 2012). A biofortificação, a partir do incremento de nutrientes ou de elementos benéficos mediante aplicações foliares ou no solo, além de aumentar a concentração destes nos alimentos, proporciona também ganhos agrônômicos (WELCH, 2005). Neste sentido, há relatos de aumento na área foliar de matéria seca (MS) total, de resistência a doenças e estresse ambiental, além de aumento na qualidade de sementes e na produtividade de culturas (WELCH, 2005; NESTEL et al., 2006; SURESH; SALAKINKOP, 2016; CHATTHA et al., 2017).

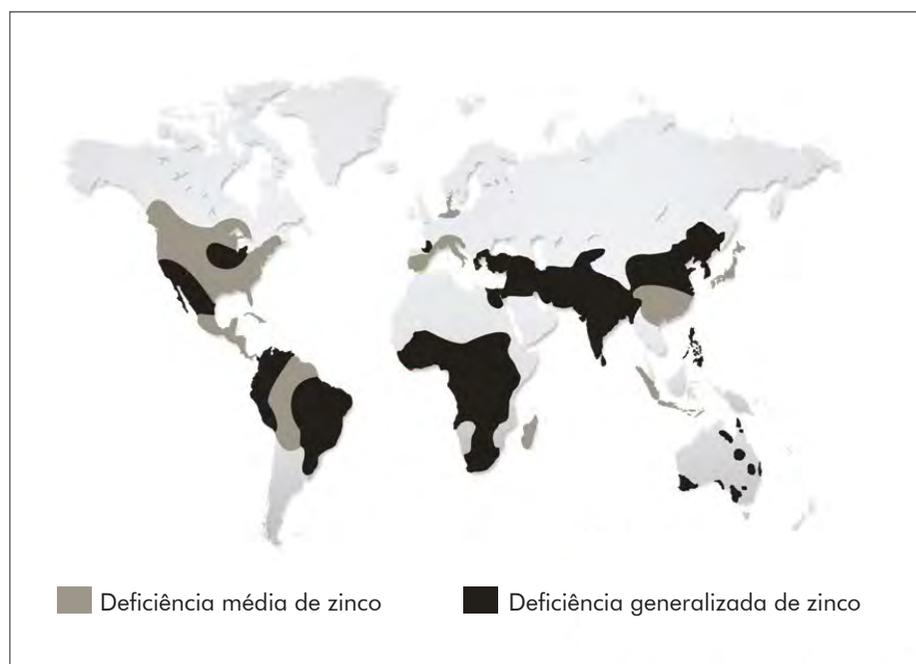


Figura 4 - Áreas afetadas pela deficiência de zinco no solo

Fonte: International Zinc Association (2008).

Esse enriquecimento de grãos tem grande importância no aumento das taxas de germinação e de vigor de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas, principalmente em solos deficientes, o que representa outra vantagem e um incentivo ao produtor para adotar a biofortificação (CAKMAK, 2008; CAKMAK; KUTMAN, 2018). Boonchuay et al. (2013) relataram que o uso de sementes de plantas de arroz biofortificadas com zinco promoveu o aumento de vigor de plântulas e incremento na MS das raízes e da parte aérea. Em outro estudo, plantas provenientes de sementes de trigo com altos teores de zinco apresentaram grãos maiores e maior número de grãos por planta em relação a plantas de sementes com baixo teor de zinco, cultivadas em solo deficiente desse nutriente (RENGEL; GRAHAM, 1995). Yilmaz et al. (1998) também realizaram experimento com sementes dessa gramínea com diferentes concentrações de zinco, cultivadas em solo deficiente desse elemento, porém em campo sob condição de irrigação, os resultados foram os mesmos.

Welch (2005) e Yilmaz et al. (1998) sugerem que o uso de sementes biofortificadas em solos deficientes em nutrientes, como é a maioria dos solos do Brasil, é uma alternativa para aumentar o estande e a sobrevivência de plantas, assim como para amenizar o problema da baixa fertilidade dos solos, maximizando outros investimentos realizados na lavoura.

INICIATIVAS DE BIOFORTIFICAÇÃO EM ARROZ

Por apresentar baixo valor nutritivo e elevado consumo, especialmente em países em desenvolvimento, o arroz tem sido alvo de diversos estudos de biofortificação, os quais têm como foco primordial melhorar o potencial nutritivo e buscar alimentos que possam suprir as necessidades diárias,

garantindo segurança alimentar à toda população mundial, especialmente àquelas com altos níveis de desnutrição.

Dentro dessa perspectiva, algumas iniciativas têm sido realizadas no Brasil e no mundo, para fazer com que a biofortificação alcance seu potencial no fornecimento de nutrientes.

HarvestPlus

O Programa HarvestPlus⁶ (Fig. 5) é um projeto que envolve agricultura e nutrição para erradicar a fome oculta, definida como a carência não visível de um ou mais nutrientes. Baseia-se em alimentos básicos altamente consumidos pela população mundial, especialmente aquelas mais vulneráveis. Dentre tais alimentos estão arroz, trigo, mandioca, milho, feijão e batata-doce.



Figura 5 - Logomarca do HarvestPlus

Fonte: BioFORT (201-).

O Programa desenvolve variedades mais nutritivas por meio da biofortificação genética. Tais variedades são enriquecidas com vitamina A, ferro ou zinco, os três nutrientes identificados pela OMS como os mais ausentes na dieta global.

O HarvestPlus atua na África (Nigéria, República Democrática do Congo, Ruanda e Zâmbia), Ásia (Bangladesh, Índia e

Paquistão) e América Latina (Colômbia, El Salvador, Guatemala e Brasil) e conta com mais de 440 parceiros de setores públicos e privados, a fim de atingir o maior número possível de populações carentes. Sua missão é desenvolver e ampliar o acesso de culturas biofortificadas pelo mundo e educar agricultores e consumidores sobre os benefícios do consumo de tais culturas. Seu objetivo/meta é atingir cerca de 100 milhões de pessoas com alimentos biofortificados até 2020 e 1 bilhão até 2030.

Rede BioFORT

No Brasil, as iniciativas de biofortificação de alimentos têm sido conduzidas pela Rede BioFORT⁷, que é coordenada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Seu principal objetivo é enriquecer alimentos básicos da dieta dos brasileiros, para que tenham acesso a produtos nutritivos sem haver mudanças de hábitos. Culturas como abóbora, arroz, batata-doce, feijão, feijão-caupi, mandioca, milho e trigo são avaliadas pela Rede BioFORT. Além disso, esta rede visa transferência de tecnologia para as comunidades locais e escolas públicas.

A Rede BioFORT conta com a participação de diversos parceiros, que envolvem universidades, órgãos federais e estaduais, prefeituras, institutos e universidades internacionais, associações, sindicatos e cooperativas, e até mesmo a iniciativa privada. Sua atuação se dá em diversos Estados brasileiros, em especial os das regiões Norte e Nordeste, apresentando resultados positivos na biofortificação de alimentos básicos (Quadro 1). Para a cultura do arroz, a rede obteve, por meio de melhoramento, cultivares com 50% mais zinco e 100% mais ferro, que a média do arroz branco polido convencional.

⁶www.harvestplus.org

⁷<https://biofort.com.br/>



Quadro 1 - Resultados obtidos pela Rede BioFORT em culturas básicas da dieta dos brasileiros

Cultivares	Convencional	Cultivares dos projetos da Rede de Biofortificação no Brasil
Milho	Em média, 4,5 microgramas de pró-vitamina A por grama de milho em base seca	Até 9 microgramas de pró-vitamina A por grama de milho em base seca
Batata-doce	Em cultivares de polpa branca, até 10 microgramas de betacaroteno por grama de raízes frescas	Na cultivar Beauregard, média de 115 microgramas de betacaroteno por grama de raízes frescas
Abóbora	Em avaliação	Média de 186 microgramas de carotenoides por grama de produto fresco
Trigo	Em média, 30 mg de ferro e 30 mg de zinco por quilo em trigo integral	Média superior a 40 mg de ferro e 40 mg de zinco por quilo de trigo integral, nas melhores cultivares selecionadas
Feijão-caupi	Média de 50 mg de ferro e 40 mg de zinco por quilo de produto	Na BRS Xiquexique, média de 77 mg de ferro e 53 mg de zinco por quilo de produto
Mandioca	Em variedades de polpa branca não há teores expressivos de betacaroteno	Até 9 microgramas de betacaroteno por grama em raízes frescas
Feijão	Em média, 50 mg de ferro e 30 mg de zinco por quilo de feijão carioca	Em média, 90 mg de ferro e 50 mg de zinco por quilo de cultivar BRS Pontal
Arroz	Em média, 12 mg de zinco e 2 mg de ferro por quilo de arroz branco polido	Média de 18 mg de zinco e 4 mg de ferro por quilo de arroz branco polido

Fonte: BioFORT (201-).

HarvestZinc

O Projeto HarvestZinc Fertilizer foi desenvolvido no âmbito das ações do Programa HarvestPlus e tem atuação em diversos países no mundo (Fig. 6). No período de 2008 a 2014, o Projeto alcançou seus objetivos e produziu novos resultados de grande relevância e importância prática, revelando viabilidade da estratégia de uso

de fertilizantes e seu vasto potencial no alívio da deficiência de zinco, com impacto positivo na saúde humana. Dessa forma, decidiu-se continuar este Projeto com fertilizantes, por seu grande potencial para criar impactos práticos a curto e a longo prazos, e contribuir para divulgar e consolidar o conceito de biofortificação nos países-alvo selecionados.



Figura 6 - Área de atuação do Projeto HarvestZinc

Fonte: HarvestZinc (2014).

A partir de 2015, também foram incluídos testes foliares com iodo, por causa da pouca informação disponível sobre o papel da estratégia de adubação, como no aumento da concentração desse elemento em grãos de cereais, como arroz e trigo. O Projeto explorou e testou fertilizantes recém-desenvolvidos com zinco ou iodo para melhorar as concentrações em trigo e arroz cultivados na China, Índia, Tailândia, Paquistão, África do Sul e Brasil.

As atividades do HarvestZinc no Brasil, inicialmente, foram coordenadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e, a partir de uma iniciativa piloto, na safra 2014/2015, as atividades passaram a ser tarefa da Universidade Federal de Lavras (Ufla), em estreita parceria com a EPAMIG.

Nessa atividade piloto, foram realizados experimentos que tiveram como objetivo avaliar o potencial da biofortificação de grãos de arroz com iodo. Tais experimentos foram realizados com três cultivares de terras altas: 'BRSMG Caravera', 'BRSMG Caçula' e 'BRSMG Relâmpago'. As plantas foram pulverizadas em dois

estádios fenológicos com soluções que continham doses crescentes de duas fontes de iodo. Os resultados foram promissores, obtendo-se teor de iodo 56 vezes maior na maior dose aplicada (339 µg de iodo por quilo de arroz), em comparação ao controle (sem aplicação de iodo – 6 µg de iodo por quilo de arroz) (CAKMAK et al., 2017). Considerando o consumo médio mundial de 180 g de arroz por pessoa ao dia (WELCH; GRAHAM; CAKMAK, 2013), o arroz biofortificado poderia suprir até cerca de 40% da necessidade diária de iodo.

Nas safras subsequentes, 2015/2016 e 2016/2017, os experimentos tiveram sua complexidade aumentada e a cultivar utilizada foi a BRSMG Caravera. Avaliou-se o efeito da fertilização com zinco via solo e foliar, sendo esta última com diferentes fertilizantes, e também com a fertilização com iodo via foliar. Além disso, foram realizados testes com aplicação foliar de coquetéis de nutrientes, contendo ferro, iodo, selênio e zinco, com o objetivo de verificar a possibilidade de otimizar as aplicações.

Além dos experimentos com fertilizantes, foram implantadas, na safra 2016/2017, unidades demonstrativas com o objetivo de avaliar o desempenho de sementes previamente biofortificadas, em comparação a sementes convencionais em condições de cultivo no campo. Foi nítido, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, que as sementes biofortificadas geraram plantas mais vigorosas e com maior velocidade de emergência, resultando em campos mais vigorosos.

Um dos objetivos propostos pelo HarvestZinc é disseminar informações básicas acerca da nutrição de zinco e de iodo. Para isso, foi realizado em setembro de 2016 o Dia do Zinco e Iodo, Brasil-2016. Este evento contou com a presença de mais de 200 participantes, incluindo membros da comunidade acadêmica, técnicos ligados à agropecuária, estudantes, produtores rurais e a sociedade civil. O evento foi realizado em Uberaba, Minas Gerais, nas dependências do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), parceiro da Ufla e da

EPAMIG na condução do Projeto. Foram proferidas palestras e realizadas atividades no campo com abordagens diversas sobre o tema, contando com palestrantes de alta relevância no cenário da atividade no Brasil e também no exterior. Além disso, os coordenadores e demais pesquisadores envolvidos no Programa têm proferido palestras, a fim de aumentar a difusão do conhecimento obtido por meio das pesquisas realizadas, como, por exemplo, no 2º Encontro Técnico do Produtor Rural, realizado em 18 de maio de 2017, em Patos de Minas, onde mais de 200 produtores receberam esclarecimentos sobre a biofortificação e seus benefícios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não restam dúvidas a respeito da importância e da eficácia da biofortificação como estratégia de combate à desnutrição. Os resultados até aqui obtidos acenam para a ampliação das atividades de pesquisa e difusão de tecnologia. Como o arroz é um alimento de vital importância no Brasil e em inúmeros países ao redor do Planeta, certamente as iniciativas já realizadas vão impactar em sua cadeia produtiva. Novos desafios serão enfrentados pela pesquisa, com o objetivo de apresentar novas cultivares e estratégias de manejo de adubação, permitindo que o arroz seja um alimento mais nutritivo e contribua sobremaneira para a saúde das populações.

REFERÊNCIAS

ALLEN, L. et al. (Ed.). **Guidelines on food fortification with micronutrients**. Geneva: WHO: FAO, 2006. 341p. Disponível em: <http://www.who.int/nutrition/publications/guide_food_fortification_micronutrients.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2017.

ALLOWAY, B.J. **Zinc in soils and crop nutrition**. 2nd ed. Brussels: IZA: IFA, 2008. 135p. Disponível em <https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2008_IZA_IFA_ZincInSoil.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2017.

ANDERSSON, M.; KARUMBUNATHAN, V.; ZIMMERMANN, M.B. Global iodine

status in 2011 and trends over the past decade. **The Journal of Nutrition**, v.142, n.4, p.744-750, Apr. 2012.

ANVISA. Resolução RDC nº 130, de 26 de maio de 2003. [Teor de iodo no sal, para consumo humano]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 maio 2003. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/Suvisa/doc/DOC00000000022949.PDF>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

ANVISA. Resolução RDC nº 23, de 24 de abril de 2013. Dispõe sobre o teor de iodo no sal destinado ao consumo humano e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 abr. 2013. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/res0023_23_04_2013.html>. Acesso em: 22 ago. 2017.

BIOFORT. **Resultados**. [S.l., 201-]. Disponível em: <<https://biofort.com.br/resultados/>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

BOONCHUAY, P. et al. Effect of different foliar zinc application at different growth stages on seed zinc concentration and its impact on seedling vigor in rice. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.59, n.2, p.180-188, 2013.

BOUIS, H.E.; WELCH, R.M. Biofortification: a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the global south. **Crop Science**, v.50, p.S20-S32, Mar./Apr. 2010.

BROADLEY M.R. et al. Biofortification of UK food crops with selenium. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.65, n.2, p.169-181, May 2006.

BROADLEY, M.R. et al. Selenium biofortification of high-yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilization. **Plant and Soil**, v.332, n.1/2, p.5-18, July 2010.

CAKMAK, I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? **Plant and Soil**, v.302, n.1/2, p.1-17, Jan. 2008.

CAKMAK, I.; KUTMAN, U.B. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. **European Journal of Soil Science**, v.69, n.1, p. 172-180, Jan. 2018. Special issue article.

CAKMAK, I.; MCLAUGHLIN, M.J.; WHITE, P. Zinc for better crop production and hu-



- man health. **Plant Soil**, v.411, n.2, p.1-4, Feb. 2017.
- CAKMAK, I. et al. Biofortification and localization of zinc in wheat grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, n.16, p.9092-9102, Aug. 2010.
- CAKMAK, I. et al. Iodine biofortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy. **Plant and Soil**, v.418, n.1/2, p.319-335, Sept. 2017.
- CARVALHO, G.S. **Selênio e mercúrio em solos sob Cerrado nativo**. 2011. 93f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- CHATTHA, M.U. et al. Biofortification of wheat cultivars to combat zinc deficiency. **Frontiers in Plant Science**, v.8, p.281, 2017.
- CHEN, X.P. et al. Harvesting more grain zinc of wheat for human health. **Scientific Reports**, v.7, n.1, Aug. 2017.
- CHILIMBA, A.D.C. et al. Agronomic biofortification of maize (*Zea mays* L.) with selenium in Malawi. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SELENIUM IN THE ENVIRONMENT AND HUMAN HEALTH, 1., 2009. **Proceeding...** Selenium deficiency toxicity and biofortification for human health. Suzhou, China: The University of Science and Technology of China, 2009. p.77-78.
- FAGUNDES, M.; CAMARGOS, M.G.; COSTA, F.V. da. A qualidade do solo afeta a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae: Mimosoideae). **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v.25, n.4, p.908-915, out./dez. 2011.
- FAO. **The state of food insecurity in the world 2000**. Rome, 2000. 31p. Disponível em: <<http://www.fao.org/FOCUS/E/SOFI00/img/sofirep-e.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.
- FAO; IFAD; WFP. **The state of food insecurity in the world 2014: strengthening the enabling environment for food security and nutrition**. Rome, 2014. 53p. Disponível em <<https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/a-i4030e.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.
- FARIA, L.A. de. **Levantamento sobre selênio em solos e plantas do estado de São Paulo e sua aplicação em plantas forrageiras**. 2009. 57f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.
- FERREIRA, K.S. et al. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v.11, n.3, p.172-177, 2002.
- FISBERG, R.M. et al. Ingestão inadequada de nutrientes na população de idosos do Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.47, p.222s-230s, fev. 2013. Suplemento 1.
- FORDYCE, F. Selenium geochemistry and health, **AMBIO: a journal of the human environment**, v.36, n.1, p.94-97, Feb. 2007.
- FRAGA, C.G. Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. **Molecular Aspects of Medicine**, v.26, n.4/5, p.235-244, Aug./Oct. 2005.
- FUGE, R.; JOHNSON, C.C. Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet: a review. **Applied Geochemistry**, v.63, p.282-302, Dec. 2015.
- GABOS, M.B.; ALLEONI, L.R.F.; ABREU, C.A. Background levels of selenium in some selected Brazilian tropical soils. **Journal of Geochemical Exploration**, Amsterdam, v.145, p.35-39, Oct. 2014.
- GONZALI, S.; KIFERLE, C.; PERATA, P. Iodine biofortification of crops: agronomic biofortification, metabolic engineering and iodine bioavailability. **Current opinion in biotechnology**, v.44, p.16-26, Apr. 2017.
- HARVESTZINC. **HarvestZinc Fertilizer Project**. Tuzla, Istanbul, [2014]. Disponível em: <<http://www.harvestzinc.org/>>. Acesso em: 22 ago. 2017.
- HESS, S.Y. et al. Recent advances in knowledge of zinc nutrition and human health. **Food and Nutrition Bulletin**, v.30, n.1, p.S5-S12, Mar. 2009. Supplement 1.
- HETZEL, B.S.; MABERLY, G.F. Iodine. In: MERTZ, W. (Ed.). **Trace elements in human and animal nutrition**. 5th ed. London: Academic Press, 1986. p.139-208.
- IODINE GLOBAL NETWORK. **2016 Annual Report**. Ottawa, 2016. 42p. Disponível em: <http://www.ign.org/cm_data/IGN_Annual_Report_2016.pdf>. Acesso em: 1 set. 2017.
- INTERNATIONAL ZINC ASSOCIATION. **Food security**. [Brussels, 2008]. Disponível em: <<https://www.zinc.org/crops/>>. Acesso em: 22 ago. 2017.
- JONES, G.D. et al. Selenium deficiency risk predicted to increase under future climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.114, n.11, p.2848-2853, Mar. 2017.
- LAZARUS, J.H. The importance of iodine in public health. **Environmental Geochemistry and Health**, v.37, n.4, p.605-618, Aug. 2015.
- MAYER, J.E.; PFEIFFER, W.H.; BEYER, P. Biofortified crops to alleviate micronutrient malnutrition. **Current Opinion Plant Biology**, v.11, n.2, p.166-170, Apr. 2008.
- MEDEIROS-NETO, G. Iodine nutrition in Brazil: where do we stand? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v.53, n.4, p.470-474, June 2009.
- MONDO, V.H.V. et al. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, p.193-201, 2012.
- NAKANDALAGE, N. et al. Improving rice zinc biofortification success rates through genetic and crop management approaches in a changing environment. **Frontiers in Plant Science**, v.7, p.764, 2016.
- NESTEL, P. et al. Biofortification of staple food crops. **Journal of Nutrition**, v.136, p.1064-67, 2006.
- NILSON, E.A.F.; JAIME, P.C.; RESENDE, D.O. Initiatives developed in Brazil to reduce sodium content of processed foods. **Revista Panamerica de Salud Pública**, v.32, n.4, p.287-292, 2012.
- NRIAGU, J. **Zinc toxicity in humans**. Burlington: Elsevier, 2007. p.1-7. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/a9e2/8321ae506e646f32ce59d87b7589851aa7e4.pdf>>. Acesso em: 22 ago., 2017.
- PAPPAS, A.C. et al. Selenoproteins and maternal nutrition. **Comparative Biochemistry and Physiology: part B - Biochemistry & Molecular Biology**, v.151, p.361-372, 2008.
- PERSPECTIVAS PARA A AGROPECUÁRIA. Brasília: CONAB, v.4, set. 2016. Safra 2016/2017.
- RENGEL, Z.; GRAHAM, R. Importance of seed zinc content for wheat growth on zinc-deficient soil: I - vegetative growth. **Plant Soil**, v.173, p.259-266, 1995.



SAHA, S. et al. Agronomic biofortification of zinc in rice: influence of cultivars and zinc application methods on grain yield and zinc bioavailability. **Field Crops Research**, v.210, p.52-60, 2017.

SURESH, S.; SALAKINKOP, S.R. Growth and yield of rice as influenced by biofortification of zinc and iron **Journal of Farm Science**, v.29, n.4, p.443-448, 2016.

WANDER, A.E.; CHAVES, M.O. Consumo aparente per capita de arroz no Brasil, 1991 a 2010. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., 2011, Balneário Camboriú. **Anais...** Racionalizando recursos e ampliando oportunidades. Itajaí: EPAGRI, 2011. v.1, p.749-752.

WELCH, R.M. Biotechnology, biofortification, and global health. **Food and Nutrition Bulletin**, v.26, p.419-421, 2005.

WELCH, R.M. GRAHAM, R.D.; CAKMAK, I. **Linking agricultural production practices to improving human nutrition and health**. Rome: FAO: WHO, 2013. 39p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-as574e.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

WHO. **The World Health Report 2002: reducing risks, promoting healthy life**. Geneva, 2002. 13p.

WHO; UNICEF. **Preventing and controlling micronutrient deficiencies in populations affected by an emergency**. [Geneva], 2007. Disponível em: <http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/WHO_WFP_UNICEF_statement.pdf?ua=1>. Acesso em: 22 ago. 2017.

WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. Biofortifying crops with essential mineral elements. **Trends Plant Science**, v.10, p.586-593, 2005.

YILMAZ, A. et al. Effect of seed zinc content on grain yield and zinc concentrations of wheat grown in zinc-deficient calcareous soils. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, p.2257-2264, 1998.

ZIA, M.H. et al. Iodine status of soils, grain crops, and irrigation waters in Pakistan. **Environmental Earth Sciences**, v.73, n.12, p.7995-8008, 2015.

ZIMMERMANN, M.B.; ANDERSSON, M. Prevalence of iodine deficiency in Europe in 2010. **Annales d'Endocrinologie**, v.72, n.2, p.164-166, Apr. 2011.

Aspectos econômicos da cadeia do café

A análise histórico-econômica apresentada neste livro tem o propósito de subsidiar e orientar os cafeicultores brasileiros em suas decisões para uma atuação sustentável.



publicacao@epamig.br
www.informeagropecuario.com.br
(31) 3489-5002



Mercado brasileiro para tipos especiais de arroz: pigmentados, aromáticos e para culinárias japonesa e italiana

José Manoel Colombari Filho¹, José Almeida Pereira², Nathan Levien Vanier³

Resumo - Tendências mundiais da alimentação têm influenciado a diversificação do consumo do arroz, pela propensão das pessoas em modificar hábitos já estabelecidos, à medida que buscam o bem-estar e a saudabilidade alimentar, ou que valorizam a sensorialidade e o prazer das novas experiências gastronômicas. Surgem no Brasil tipos especiais de arroz, um segmento de mercado que oferece ao consumidor a possibilidade de novas experiências culinárias por meio das diferentes combinações de propriedades sensoriais e funcionais do arroz, provenientes da variabilidade de cores, formatos, sabores, aromas e texturas dos grãos da espécie *Oryza sativa* L. A demanda por tipos especiais de arroz antes era restrita à alta gastronomia. Agora, é o segmento que mais cresce e ganha novos consumidores dispostos a pagar mais por um produto de maior valor agregado, o que torna a atividade também atrativa para assegurar renda aos produtores.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Arroz preto. Arroz vermelho. Basmati. Jasmine. Mochi. Koshihikari. Arborio. Carnaroli. Comercialização.

Brazilian market for special types of rice: pigmented, aromatics and rice for Japanese and Italian cuisines

Abstract - In Brazil, despite being a country with continental dimensions and the presence of different ethnic groups, also has a low diversification in rice consumption. In recent years, global food trends have influenced the diversification of this consumption, due to the propensity of the people to modify habits already established as they seek the well-being and the alimentary health; or that value the sensoriality and pleasure of new gastronomic experiences. Thus arose the "special types" of rice, a market segment of rices that differ from the most consumed type in the Country, commonly called "agulhinha" rice. This new segment offers the consumer the possibility of new culinary experiences through the different combinations of sensorial and functional properties of rice, derived from the variability of colors, shapes, flavors, aromas and textures of the grains of the species *Oryza sativa* L. Therefore, if the demand for special types of rice was restricted to high gastronomy, it is now the fastest growing segment, and it gains new consumers willing to pay more for a higher value-added product, making the activity also attractive to ensure profits to the farmers.

Keywords: *Oryza sativa*. Purple rice. Red rice. Basmati. Jasmine. Mochi. Koshihikari. Arborio. Carnaroli. Trade.

INTRODUÇÃO

A qualidade do arroz preferencialmente consumido está associada a aspectos econômicos, étnicos e culturais do mercado ao qual está inserido. O Brasil, apesar de ser um país com dimensões continentais e com a presença de diversas etnias, ainda possui baixa diversificação no consumo do arroz diante da variabilidade de cores, formatos,

sabores, aromas e texturas que determinam qualidades distintas dos grãos.

Assim, tipos especiais de arroz são aqueles que diferem do mais consumido no País, que é o branco polido, com o formato longo e fino, translúcido, macio e solto após a cocção, comumente denominado arroz agulhinha (COLOMBARI-FILHO; RANGEL, 2015). Apesar de não existirem

estatísticas oficiais, estima-se, atualmente, que 68% do arroz consumido no Brasil atende a esse padrão de qualidade, somados com 25% de arroz parboilizado e 6% de arroz integral (parboilizado ou não). Contudo, o que mais está despertando a atenção das indústrias e do varejo no País é o 1% restante, referente aos tipos especiais de arroz, mesmo que represente somente

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, jose.colombari@embrapa.br

²Eng. Agrônomo, M.Sc., Pesq. EMBRAPA Meio-Norte, Teresina, PI, jose.almeida@embrapa.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Adj. UFPel - Depto. Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Pelotas, RS, nathan.faem@ufpel.edu.br



algo em torno de 120 mil toneladas/ano. Isto, porque, as tendências mundiais da alimentação têm influenciado na diversificação de produtos do setor orizícola do Brasil nos últimos anos, em função da propensão dos indivíduos em modificar hábitos já estabelecidos, como, por exemplo, o apelo por produtos *clean label* e *free from* de consumidores preocupados com a saúde e o bem-estar; e por produtos *gourmet*, daqueles que valorizam o prazer dos sabores e aromas dos alimentos (AQUELE..., 2017).

Esta ação é resultado dos amplos e complexos movimentos econômicos, sociais, culturais e políticos que se traduzem em constante influência na vida das pessoas. Se, no passado, esses movimentos levavam anos ou mesmo décadas para que fossem capazes de produzir alterações substanciais nas escolhas e preferências do consumidor, atualmente, constata-se, pela intensidade com que tais movimentos ocorrem, uma redução exponencial dos intervalos de tempo necessários a transformações mais significativas (FIESP; ITAL, 2017), de modo que o segmento de tipos especiais de arroz no Brasil cresceu cinco vezes mais do que de outros mercados nos últimos três anos, que, nesse ritmo, poderá dobrar seu tamanho nos próximos três anos (AQUELE..., 2017).

Por isso, a demanda por tipos especiais de arroz, os quais antes eram restritos à alta gastronomia, está cada vez mais ganhando os consumidores que buscam por novas experiências culinárias, por meio das diferentes combinações de propriedades funcionais e sensoriais dos grãos. Esses consumidores estão representados, respectivamente, pelas seguintes tendências mundiais da alimentação: saudabilidade e bem-estar e sensorialidade e prazer. Juntas, estas tendências somam 44% do mercado consumidor brasileiro. Tais tendências originam-se em fatores como o envelhecimento das populações, as descobertas científicas que vinculam determinadas dietas às doenças, à renda e à vida nas grandes cidades, influenciando a busca de um estilo mais saudável. As tendências de

sensorialidade e prazer estão relacionadas principalmente com o aumento do nível de educação, informação e renda da população. Em diversos países, os consumidores estão valorizando as artes culinárias, a busca por novos sabores e experiências gastronômicas, a sofisticação e as receitas regionais, produtos étnicos e interesse pela harmonização de alimentos e bebidas (FIESP; ITAL, 2017).

Esses consumidores pagam um preço diferenciado pelo produto de maior valor agregado, de modo que, no Brasil, os preços praticados para os tipos especiais de arroz chegam a custar até dez vezes mais que o valor do quilo de arroz branco polido. Isto faz da produção desses tipos de arroz uma atividade de elevado potencial para assegurar renda aos produtores, principalmente aqueles de pequena escala, uma vez que, ao longo dos últimos anos, obter rentabilidade com o arroz branco polido no Brasil tem sido um desafio cada vez maior a ser superado, pelas dificuldades de fazer frente à escalada dos custos de produção. Além disso, se por um lado, no plano nacional, essa realidade acaba conferindo ao arroz especial o caráter de produto agrícola de segmento de mercado, por outro, a mesma diversidade de tipos poderá abrir oportunidades para o Brasil explorar novos mercados externos, das culinárias mundiais, quando possuir produtos com os mesmos padrões de qualidade industrial e culinária exigidos por esses mercados.

Os tipos especiais de arroz incluem os grãos pigmentados (como o arroz preto e o vermelho), os grãos aromáticos (como o Basmati, originário da Índia e do Paquistão, e o Jasmine, que é originário da Tailândia) e os grãos de baixo teor de amilose (da culinária italiana, como o Carnaroli e o Arborio para o preparo de risoto; da culinária japonesa, como o Mochi e Koshihikari, respectivamente, para o preparo de mochi e sushi; da culinária ibérica, como o Bomba para o preparo da paella; e da culinária portuguesa, como o Carolino).

Os tipos especiais também podem ter atributos específicos e associados a uma região de origem, como por exemplo, o

Mini Arroz produzido no Vale do Paraíba das marcas Ruzene e Retratos do Gosto; o Arroz da Terra de pequenos produtores da região Semiárida do Nordeste brasileiro; e o Arroz Cachinho da Associação dos Produtores de Arroz Cachinho de Sentinela do Sul (Apaess), produzido no território centro-sul inserido na mesorregião de Porto Alegre. Também existe o Arroz Selvagem, dos Estados Unidos e Canadá, que é erroneamente confundido como sendo da mesma espécie do arroz, porém pertence a *Zizania aquatica*, que é uma outra espécie de gramínea (Fig. 1).

ARROZ PIGMENTADO

Dentre os tipos especiais de arroz, os pigmentados ou de pericarpo colorido, preto ou vermelho, recebem destaque pela atratividade dos seus grãos. Somente estes podem agregar a cor, como o quinto atributo de qualidade, associado a diferentes formatos, sabores, aromas e texturas, também presentes no arroz integral não pigmentado. São originários da China, onde são cultivados há mais de 4 mil anos. A coloração é por causa da presença de pigmentos naturais, antocianinas e proantocianidinas, de cor roxa e avermelhada, que durante o desenvolvimento dos grãos se acumulam rapidamente no pericarpo, camada externa que envolve o grão integral, que corresponde de 2% a 3% da sua cariopse (ABDEL-AAL; YOUNG; RABALSKI, 2006). Logo, com o polimento os grãos perdem as camadas externas e, por consequência, a cor também, ficando semelhantes ao arroz branco.

Os pigmentos predominantes no arroz preto são as antocianinas e, no arroz vermelho, as proantocianidinas (Fig. 2). Além da cor, esses pigmentos trazem efeitos benéficos à saúde, pois são flavonoides, solúveis em água, que possuem atividades antioxidante, anticarcinogênica, antialérgica, anti-inflamatória e hipoglicêmica (ADOM; LIU, 2002; TSUDA; HORIO; OSAWA, 2002; TSUDA et al., 2003; HYUN; CHUNG, 2004; ZHAO et al., 2004; NAM et al., 2006; GOUFO;





Figura 1 - Grãos de diferentes tipos especiais de arroz (*Oryza sativa* L.) e do Arroz Selvagem (*Zizania acquatica*)

Sebastião José de Araújo

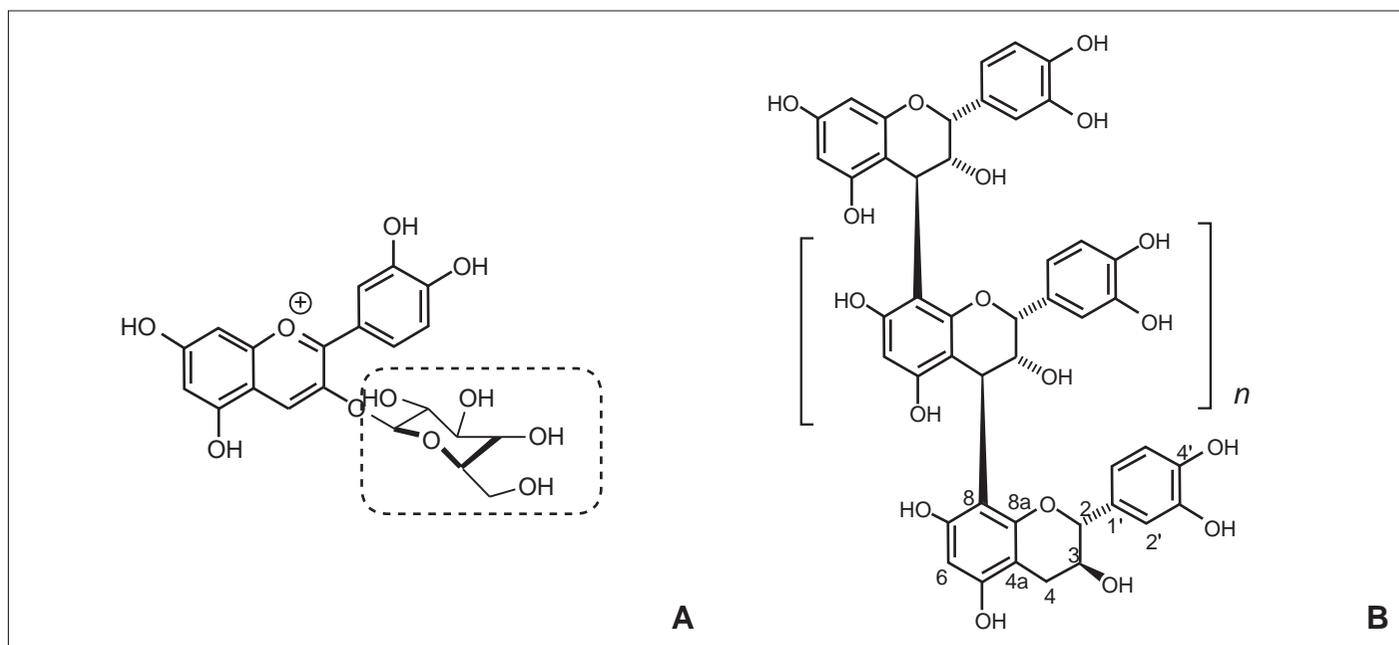


Figura 2 - Estruturas moleculares com 3 unidades de flavan-3-ol polimerizadas

Nota: A - Antocianina; B - Proantocianidina.

TRINDADE, 2014). Esses benefícios à saúde humana podem ser adquiridos pelo consumo tanto dos grãos integrais, que também fornecem maior conteúdo de proteínas, minerais (Ca, P, Fe e Zn) e fibras alimentares contidas no arroz branco integral, quanto das frações dos grãos ricas em antocianinas ou proantocianidinas utilizadas como corantes alimentares ou ingredientes funcionais.

Os compostos fenólicos são moléculas especializadas que as plantas produzem, podendo ser encontrados numa grande variedade de alimentos, como grãos, frutas e hortaliças. As concentrações e as proporções desses compostos variam de acordo com os fatores ambientais e genéticos, e o processamento ao qual o alimento será submetido no processo de pós-colheita (KRIS-ETHERTON et al., 2002).

Em grãos de arroz, os compostos fenólicos estão distribuídos de duas formas. Podem estar presentes na forma de compostos fenólicos livres – também denominados solúveis – ou na forma de compostos fenólicos complexados – também chamados insolúveis –, que representam 38% e 60%, respectivamente, do teor total de polifenóis em arroz não pigmentado integral (ADOM; LIU, 2002; MIRA et al., 2009). Em grãos de pericarpo pigmentado (arroz preto ou vermelho), há predominância da fração fenólica insolúvel, a qual corresponde a cerca de 81% dos fenólicos totais (MIRA et al., 2009). O teor total e a classe de polifenóis presentes em grãos de arroz irão depender da cor do pericarpo e do genótipo.

Estudo realizado (BOTELHO et al., 2015) no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (Lab-grãos), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), em 2015, apontaram a atividade antioxidante de radicais livres DPPH e ABTS de extratos fenólicos de genótipos de arroz preto e de arroz vermelho (Gráfico 1). A maior atividade antioxidante de radicais DPPH foi observada nos genótipos de arroz vermelho, comparado aos genótipos de arroz preto, revelando a maior capacidade antioxidante das proantocianidinas em relação às antocianinas.

É, por isso que, atualmente, a demanda pelos tipos pigmentados de arroz está crescendo rapidamente. Esses produtos são muito atrativos a consumidores que apreciam a alta gastronomia e novas experiências gastronômicas, bem como àqueles que buscam uma alimentação saudável, associada, muitas vezes, à produção orgânica, com alimentos ricos em propriedades nutracêuticas que beneficiam à longevidade.

Estudos mostraram que a cianidina-3-O-glicosídeo (teores entre 0 e 470 mg por 100 g de grão) e a peonidina-3-O-glicosídeo (teores entre 0 e 40 mg por 100 g de grão), juntas, somam cerca de 90% das antocianinas presentes no arroz preto (KIM et al., 2011). A pigmentação nesse caso é controlada por dois genes, *purple pericarp A* (*Pp*, *Prpa* e *Prp1*) e *purple pericarp B* (*Pb*, *Prpb* e *Prp2*), localizados nos cromossomos 1 e 4, respectivamente (WANG; SHU, 2007; WANG et al., 2009). Os genes *Pb* e *Pp* segregam na proporção 9:3:4, apresentando epistasia recessiva, de modo que, sendo o gene *Pb* homocigoto recessivo (*pbpb*) o pericarpo será branco independentemente do gene *Pp*. Assim, o alelo *Pp* é o que determina a concentração de cianidina-3-O-glicosídeo e o pericarpo preto possui genótipo *Pb_PpPp*; o pe-

ricarpo púrpuro, *Pb_Pppp*; o pericarpo marrom-escuro, *Pb_pppp*; e o pericarpo marrom-claro ou branco, *pbpbPp_* ou *pbpbpppp* (RAHMAN et al., 2013).

A coloração vermelha do arroz ocorre pelo acúmulo de tanino no pericarpo, controlado pelos genes *Rd* (codifica a enzima dihidroflavonol-4-redutase) e *Rc* (codifica um fator de transcrição hélice-alça-hélice básico), localizados nos cromossomos 1 e 7, respectivamente. Essa coloração estava inicialmente presente em todas as espécies do gênero *Oryza*, que, por mutação, levou ao surgimento da cor marrom-clara pela perda de função desses dois genes. A segregação possui a mesma proporção do arroz preto, sendo que apenas a presença do gene *Rd* não produz pigmentação. Assim, o pericarpo vermelho possui genótipo *Rc_RdRd*; o pericarpo marrom-cinza, *Rc_rdrd*; e o pericarpo marrom-claro ou branco, *rcrcRd_* ou *rcrcrdrd*. (SWEENEY et al., 2006; FURUKAWA et al., 2007). É provável que o arroz preto esteja relacionado com o arroz vermelho, porém aquele acumula antocianinas. Pesquisas recentes detectaram mais regiões do genoma associadas à pigmentação preta do pericarpo, com a participação do cromossomo 3, que antes não havia sido relacionado. Os genes nesse cromossomo foram nomeados

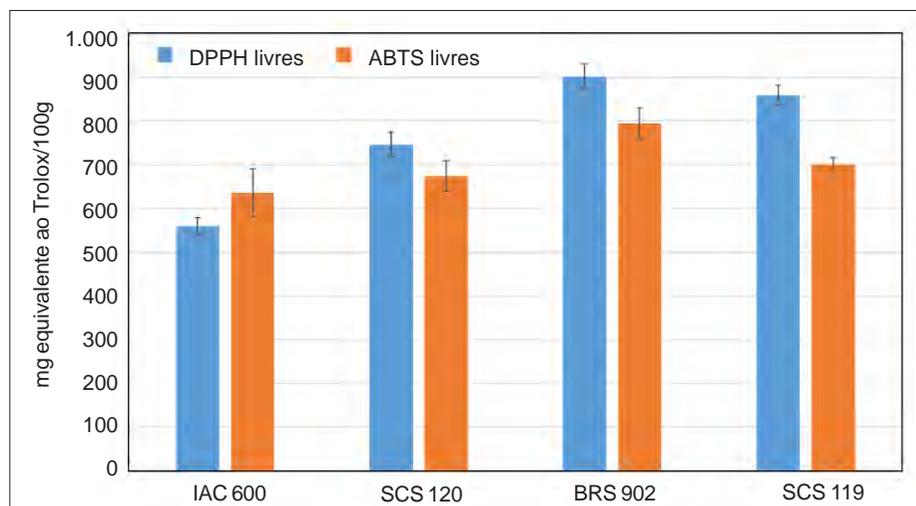


Gráfico 1 - Atividade antioxidante dos genótipos IAC 600 e SCS 120 Ônix (ambos com pericarpo preto) e BRS 902 e SCS 119 Rubi (ambos com pericarpo vermelho)

Fonte: Botelho et al. (2015).

Nota: DPPH e ABTS - Radicais livres.

como *Kala1*, *Kala3* e *Kala4* (MAEDA et al., 2014).

O arroz preto tem uma história incrivelmente rica de cultivo nos países do Sudeste Asiático, como China, Índia e Tailândia. Entre suas origens, há uma variedade conhecida como Arroz Imperial, que era reservada apenas para o consumo do Imperador, pelos seus diversos benefícios. O arroz preto também pode ser conhecido como Arroz Roxo, Arroz Proibido, Arroz do Paraíso e Arroz do Rei. A cor preta dos grãos deve-se a tons muito escuros das antocianinas presentes no pericarpo, que por causa de sua solubilidade em água, após a cocção, os grãos adquirem a mesma cor púrpura encontrada em frutas, como mirtilo e amora, e são capazes de colorir os alimentos que forem juntamente cozidos. Estudos revelaram que o arroz preto é mais eficiente e até duas vezes mais poderoso que o mirtilo em atividades antioxidantes (ICHIKAWA et al., 2001).

No Brasil, o arroz preto possui uma história recente de cultivo e de consumo, sendo a IAC 600 a primeira cultivar de pericarpo preto, lançada em 2001, com o objetivo de estimular produtores que acumulavam prejuízos com o arroz branco polido, a apostar na produção e agregação de valor por meio da comercialização do produto como tipo especial de arroz. Essa história confunde-se muito com o surgimento da bem-sucedida empresa Ruzene, localizada no Vale do Paraíba, em São Paulo.

Diferentemente do arroz preto, é o arroz vermelho que, no Brasil, possui uma longa história de cultivo em regiões tradicionais de consumo, localizadas no Nordeste, onde é chamado de Arroz da Terra. Nesses locais, em virtude da preferência exercida pelo consumidor, é o arroz branco polido e não o de pericarpo vermelho que se enquadraria em uma eventual classificação como arroz especial (PEREIRA, 2004; PEREIRA et al., 2009).

Embora seja um dos cereais mais antigos do Brasil, somente nos últimos anos o arroz vermelho, dessas regiões nordestinas, passou a ser um produto agrícola conheci-

do nacionalmente (PEREIRA; MORAIS, 2014). A produção ocorre em especial na região Semiárida do Nordeste, destacando-se pela ordem decrescente de importância os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Bahia. Há também registros de produção em alguns municípios de Alagoas, Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo.

No entanto, um recente estudo de mercado sobre o arroz vermelho no Nordeste revelou que a instabilidade do clima, no que se refere à intensidade e à distribuição das chuvas, não tem permitido uma regularidade de oferta do produto (PARAÍBA, 2013). Isto tem feito com que parte da oferta desse produto migre para outras regiões próximas, como o Baixo São Francisco, por ter a disponibilidade de água e, ao mesmo tempo, por também estar em busca de alternativas de maior rentabilidade perante o arroz agulhinha que sofre com a competitividade comercial num mercado em que a Região Sul tem a hegemonia da qualidade de grãos.

Em todas essas áreas, a produção do arroz vermelho está relacionada com o hábito alimentar das pessoas e, portanto, durante todo o ano, os preços do arroz vermelho nesse mercado são, em média, 50% maiores do que o arroz branco polido. Nesse segmento, são famosos vários pratos elaborados à base de arroz vermelho, sendo os mais comuns da culinária tradicional: o Arroz-de-leite, cujo nome já indica, é o arroz cozido no leite; e o Arrubação, arroz cozido em mistura com feijão macassar (*Vigna unguiculata*). Mas também são tradicionais outros pratos, como, por exemplo, os servidos como Arroz de Garimpeiro, na Chapada Diamantina, na Bahia, e Arroz Natural, que é o arroz vermelho preparado no leite do coco licuri (*Syagrus coronata*), como alimento especial consumido pela população local durante o período da Semana Santa, na região de Senhor do Bonfim, também na Bahia.

Nos últimos anos, em função dos trabalhos de pesquisas desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o arroz vermelho passou a

ter maior visibilidade no plano nacional e vem despertando o interesse por parte tanto de instituições governamentais quanto de Organizações Não Governamentais. No primeiro caso, como estímulo oficial à valorização desse produto, merece ser citado o Programa de Aquisição de Alimentos do governo da Paraíba que, somente no ano de 2011, chegou a comprar de associações de pequenos agricultores um volume de 200 t do arroz vermelho beneficiado. E, quanto à esfera não oficial, é digno de menção o esforço empreendido ultimamente pelo Movimento Internacional *Slow Food*, no sentido de promover e valorizar esse produto tradicional, o qual, pela sua alta relevância, entre as categorias de alimentos estabelecidas pelo referido Movimento, o arroz vermelho brasileiro foi classificado como Fortaleza do Alimento.

ARROZ AROMÁTICO

Grande parte do sabor de um alimento é diretamente influenciado pelo seu aroma. A presença de aroma em arroz é, assim, considerada um dos mais importantes atributos da sua qualidade (BHATTACHARJEE; SINGHAL; KULKARNI, 2002). Dentre os mais importantes estão presentes os tipos chamados Basmati e Jasmine.

O arroz Jasmine pertence ao subgrupo Índica e a origem do seu nome está associada à cor branca de seus grãos, tanto quanto as flores do jasmim, e não necessariamente pela presença de aroma. Esse tipo de arroz é cultivado principalmente na Tailândia, onde é chamado Thai Hom Mali Rice, que significa arroz aromático tailandês. Seus grãos são translúcidos, com formato longo e fino. Após a cocção, liberam aroma agradável, sabor um pouco adocicado, textura úmida e macia, ficando ligeiramente pegajoso, por ter baixo teor de amilose e temperatura de gelatinização intermediária.

Já o arroz Basmati, as evidências indicam seu surgimento por meio de um evento de gargalo genético, de modo que há pouca diversidade genética disponível nesse subgrupo classificado como Grupo V, que é intermediário aos subgrupos Índica e Japônica (GARRIS et al., 2005). O arroz



Basmati é cultivado por séculos na Índia e passou também a ser característico do Paquistão, após a perda de terras daquele país para este, na partição de 1947. Esse nome está fortemente associado à sua origem, em que “bas” significa perfumado. A Índia possuía uma imensa riqueza de arroz Basmati, a pérola perfumada, porém muitos foram perdidos, por causa da Revolução Verde, que enfatizou a produtividade e não a qualidade de grãos.

Os grãos polidos de arroz Basmati caracterizam-se por ter endosperma pouco gessado e formato semelhante a uma adaga turca, podendo apresentar uma delicada curvatura. Seu comprimento pode ser longo ou extra longo (maior que 6,6 mm), e sua largura fina (menor de 2 mm), o que proporciona uma relação de comprimento e largura maior que 3. Após a cocção, libera aroma agradável e sofisticado, sabor adocicado, textura seca e macia, ficando ligeiramente solto, por ter de baixo a intermediário teor de amilose e temperatura de gelatinização de intermediária a baixa. Além do aroma, outra característica específica desse tipo de arroz é sua capacidade de alongação linear dos grãos após a cocção, podendo aumentar em até mais duas vezes o seu comprimento inicial. Como resultado de todos esses atributos de qualidade de grãos, a demanda internacional por arroz Basmati tem aumentado nos últimos anos, sendo altamente valorado não somente em toda a Ásia, mas também na Europa e EUA.

Outro aspecto dos altos preços do arroz aromático é pela limitada oferta do produto. Apesar da Índia, maior fornecedor de arroz Basmati, possuir cerca de um terço da área cultivada de arroz no mundo, os níveis de produção desse arroz são relativamente baixos, agravados pelo cultivo sob estresses abióticos, como deficiência hídrica e salinidade, por estar associado ao aumento da intensidade do aroma, porém refletindo na redução das produtividades em comparação às cultivares não Basmati (SINGH et al., 2000; BHATTACHARJEE; SINGHAL; KULKARNI, 2002). Arroz

Jasmine também possui baixos rendimentos, embora mais pelas condições de cultivo do que somente pelo seu potencial genético. Muitos países que são exportadores de arroz, como os EUA, são também importadores desse produto da Tailândia, Índia e Paquistão, pelo fato de não produzirem arroz aromático com qualidade igual ao desses países.

Por meio da combinação de painéis sensoriais e técnicas de cromatografia gasosa, foi determinado que o 2-acetil-1-pirrolina (2AP) é o composto químico responsável pelo aroma característico do arroz Jasmine e Basmati. Produzido em todas as partes da planta de arroz, exceto nas raízes, 2AP também está presente em genótipos de arroz não aromático, mas na concentração entre 10 e 100 vezes menor do que em arrozes aromáticos. A concentração mínima na qual o 2AP pode ser detectado pelo olfato humano é de cerca de 0,1 ppb, quando diluído em água. Grãos de arroz aromático possuem concentrações de 2AP de cerca de 3 mil vezes ou mais àquela concentração detectada pelo olfato humano em água, enquanto o arroz não aromático apresenta concentrações de apenas cerca de 30 vezes (BUTTERY; LING; MON, 1986; BHATTACHARJEE; SINGHAL; KULKARNI, 2002).

O aroma característico é semelhante ao de pipoca. Estudos estão sendo realizados pela equipe do Labgrãos da UFPel, em conjunto com pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão, para avaliar o perfil de voláteis de linhagens brasileiras de arroz aromático e para discriminar geograficamente grãos de arroz aromático produzidos no Brasil. Em resumo, o desenvolvimento do projeto visa agregar ainda mais valor ao produto nacional e ganhar competitividade no mercado externo. Os resultados preliminares apontam teores entre 25 e 66 µg/100 g, dependendo do genótipo e do local de cultivo.

Curiosamente, o 2AP também foi o principal composto químico do aroma das folhas de *Pandanus amaryllifolius* (nome comum pandano) (BUTTERY et al.,

1983). O aroma do arroz é frequentemente descrito como pandano e, em algumas culturas asiáticas, folhas secas de pandano são adicionadas ao arroz não aromático durante a cocção, para dar a característica de aroma de Basmati e Jasmine. Desde a descoberta de que 2AP é o principal composto envolvido no aroma em arroz e em pandano, verificou-se que o aroma presente em diversos alimentos, incluindo pipocas, tortilhas de milho, pães, presunto, queijo, feijão-mungo ou *Vigna radiata*, chá verde e vinho estão associados à presença de 2AP.

A maioria dos estudos realizados, para conhecer a herança genética do caráter aromaticidade em arroz, determinou ser resultante da presença de um único gene recessivo (*fgr*), localizado no cromossomo 8 (JIN et al., 2003), que, em resumo, seria um processo que ligaria e desligaria o aroma nessa cultura (BRADBURY et al., 2005), apesar de não se descartar a hipótese de haver inúmeros outros genes, que interagem com fatores ambientais, influenciando a intensidade de aroma em arroz.

ARROZ PARA A CULINÁRIA JAPONESA E ITALIANA

As culinárias japonesa e italiana estão entre as preferidas dos brasileiros, sendo o sushi e o risoto, respectivamente, os pratos mais consumidos. A característica comum desses tipos especiais de arroz é o fato de terem baixo teor de amilose e, por consequência, os grãos ficam pegajosos após o cozimento, que pode também proporcionar uma cremosidade única aos pratos. Os grãos desses tipos especiais podem ser gessados, o que é uma virtude e não um defeito, como define a Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009), por “apresentar coloração totalmente opaca e semelhante ao gesso”.

Em geral, as cultivares dessas culinárias pertencem ao subgrupo Japônica. As principais cultivares de arroz da culinária japonesa para o preparo de sushi são Koshihikari e seus descendentes, como Hitomebore, Hinohikari e Akitakomachi. Outra cultivar importante é a Sasanishiki,



lançada em 1963, que ganhou destaque como arroz de alta qualidade, de grãos macios e não tão pegajosos após a cocção, como Koshihikari, sendo preferida por muitos para o preparo de sushi. Contudo, essa cultivar é muito suscetível à brusone, principal doença do arroz, além de não ser tolerante às baixas temperaturas nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas, e às altas temperaturas nos estádios de enchimento de grãos. Por isso, no Japão, as oscilações anuais de qualidade de grãos tornaram-se alarmantes nessa cultivar, fazendo com que suas áreas de produção fossem substituídas pela cultivar Hitomebore, por ter alta tolerância às baixas temperaturas nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas (NAGANO; SASAKI; ENDO, 2013).

No Brasil, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) lançou, em 2005, a cultivar IAC 400, específica para a culinária japonesa, com grãos tipo Koshihikari, arquitetura de planta tradicional e resistência à brusone. E, em 2015, a Embrapa lançou a 'BRS 358', com grãos tipo Sasanishiki, que, diferentemente de todas as cultivares existentes no País, para culinária japonesa, apresenta arquitetura de planta moderna e tolerância ao acamamento, o que permite um manejo da cultura com adoção de alto nível tecnológico.

Outro prato típico da culinária japonesa é o mochi (pronuncia-se moti), que é um bolinho doce com textura puxa-puxa, tradicionalmente consumido pelos japoneses no Ano Novo como símbolo de fartura. É feito puramente com arroz e possível de ser preparado somente com grãos cerosos, que é um tipo de arroz com grãos completamente gessados e com ausência de amilose. Esse tipo especial de arroz é também utilizado como ingrediente principal de sopas da culinária japonesa. Contudo, ainda não existem cultivares recomendadas de arroz mochi para cultivo no Brasil.

Na Itália, a comercialização dos diferentes tipos de arroz é regida por lei que os classifica em quatro grupos: Redondo, Médio, Longo A e Longo B (que seria

Tondo, Médio, Lungo A e Lungo B, respectivamente, em italiano). Essa classificação (Tabela 1) leva primeiramente em consideração o comprimento dos grãos e a sua relação de comprimento e largura (C/L), de modo que todos os tipos de arroz recebem uma classificação, não existindo a denominação fora de tipo, como na Instrução Normativa nº 6, de 16/2/2009 (BRASIL, 2009). Para cada um desses grupos existem variedades tradicionais, cujos nomes tornaram-se referência para cada tipo de arroz, sendo o mesmo nome utilizado na definição dos preços de mercado para comercialização. Assim, para todas as cultivares lançadas posteriormente, os grãos são classificados com base em suas características e passam a ser comercializados com o mesmo nome, cujo tipo de arroz é tradicionalmente conhecido pelo mercado (MAZZINI, 1998). Os nomes das principais cultivares de cada um desses grupos são: Balilla e Selênio do grupo Redondo; Lido, Padano/Argo, Vialone Nano, do grupo Médio; Arborio/Volano, Ariete/Loto, Baldo, Carnaroli, Roma e Sant'Andrea do grupo Longo A; e Thaibonnet do grupo Longo B (PAVIA, 2017). Vale destacar que nessa classificação, o arroz agulhinha seria comercializado na Itália como tipo Thaibonnet.

As principais variedades tradicionais de arroz da culinária italiana são Arborio e Carnaroli, com grãos perolados pela presença de gessamento no endosperma. Esses tipos de arroz são aqueles que os brasileiros mais utilizam para o preparo de risotos e, também, são os mais importantes na Itália,

com cerca de 85% da produção total no país (PAVIA, 2017). Sob o nome Arborio e Carnaroli podem ser comercializadas outras cultivares pertencentes à mesma classe do produto, como por exemplo as cultivares Carnise e Keope que possuem grãos do tipo Carnaroli.

O arroz Arborio provém de uma variedade tradicional, conhecida por ter sido selecionada pelo engenheiro-agrônomo Domenico Marchetti, que escolheu esse nome em homenagem à cidade Arborio, na Província de Vercelli, em Piemonte, onde foi desenvolvida. Seus grãos possuem comprimento médio de 6,9 mm e largura média de 3,3 mm, formato semiarredondado e com a presença de um gessamento estendido no centro dos grãos.

A variedade do arroz Carnaroli foi lançada em 1945 e desenvolvida a partir do cruzamento entre Vialone e Lencino realizado pelo produtor de arroz Angelo de Vecchi, que homenageou seu colaborador, dando seu nome à cultivar. Seus grãos possuem comprimento médio de 6,8 mm e largura média de 3,1 mm, formato semiafnilado e com a presença de um gessamento no centro-lateral dos grãos. O tempo médio de cocção de seus grãos é de 18 minutos, menor que o Arborio de 19,7 minutos, com uma excelente resistência no cozinhar, ficando o centro dos grãos cozidos com consistência firme, o que o faz ser considerado um dos melhores arrozes italianos, e ser comercializado com os maiores preços, muitas vezes chamado Rei do Arroz. No Brasil, existe somente uma cultivar de ar-

Tabela 1 - Classificação das cultivares de arroz, conforme classificação oficial da Itália

Comprimento dos grãos (mm)	Relação entre comprimento e largura (C/L)	
	< 3	≥ 3
C < 5,2	Redondo ①	-
5,2 ≤ C < 6,0	Médio ②	-
6,0 ≤ C	Longo A ③	Longo B ④

Fonte: Mazzini (1998).



C/L - Comprimento/largura.



roz atualmente recomendada para culinária italiana, a IAC 300 de grãos tipo Arborio. Todavia, programas de melhoramento de arroz especial da Embrapa e Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) estão sendo trabalhados, para, em breve, ser lançadas novas cultivares que atendam o segmento de arroz italiano do grupo Longo A, tão promissor no País.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil dispõe de poucas cultivares de tipos especiais de arroz de alto potencial produtivo e, por isso, não é capaz de atender toda a demanda interna desse segmento sem aumentar significativamente sua área de produção. Grande parte dos tipos especiais de arroz consumidos no País provém de im-

portações, principalmente da Argentina, do Uruguai e da Itália, para atender o consumo de arroz na culinária japonesa e italiana. O menor potencial produtivo das cultivares deve-se à suscetibilidade a insetos-pragas, doenças e estresses abióticos. Por muito tempo, em diferentes programas de melhoramento genético, foi priorizado o desenvolvimento de cultivares de arroz branco polido, o agulhinha. Portanto, muitas das variedades plantadas no País são as mesmas ou derivadas das primeiras introduções feitas pelos colonizadores portugueses, ainda durante o longínquo século 16. Assim, muito ainda precisa ser feito para se avançar em pesquisa no Brasil e ter melhor conhecimento acerca das particularidades inerentes a cada padrão de tipo especial de arroz, com maiores investimentos nas áreas

de conhecimento de recursos genéticos e de melhoramento de plantas.

Para preencher essa lacuna, as instituições nacionais de pesquisa, como Embrapa, Epagri e IAC, iniciaram programas de melhoramento de tipos especiais de arroz e, recentemente, disponibilizaram as primeiras cultivares ao mercado: SCS119 Rubi, BRS 901 e BRS 902 pigmentadas de pericarpo vermelho; SCS120 Ônix e IAC 600 pigmentadas de pericarpo preto; BRS Aroma e IAC 500 aromáticas; IAC 400 e BRS 358 para culinária japonesa, e IAC 300 para culinária italiana (Fig. 3 e 4).

No entanto, atualmente, mesmo se houvesse a disponibilidade de cultivares, a cadeia produtiva de tipos especiais de arroz ainda possuiria inúmeros gargalos em diferentes elos. Talvez, um dos principais des-



Figura 3 - Imagens dos grãos com e sem casca (integral) de cultivares de arroz
Nota: A - SCS 119 Rubi; B - SCS 120 Ônix.



Figura 4 - Imagens dos grãos de cultivares de arroz
Nota: A - BRS 358, com casca e polido; B - BRS 902, com casca e integral.

tes seja a classificação comercial oficial do produto. Como exemplo, o arroz vermelho que somente foi classificado recentemente, tendo sido oficializado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) por meio da Instrução Normativa nº 6, de 16/2/2009 (BRASIL, 2009). Ao invés de valorizar o produto, a classificação oficial ignorou o seu valor histórico e cultural, na medida em que esse arroz é preferencial e historicamente consumido na forma intermediária entre a integral e a polida, a mesma que o MAPA classificou de rajado e cuja classificação oficial passou a denominar como fora de tipo.

Outro gargalo presente deve-se ao fato de a produção de tipos especiais de arroz ser uma atividade de elevado potencial para os pequenos produtores e estes são bastante carentes de recursos, tecnologias, organização produtiva, processos de beneficiamento e comercialização, de modo que sozinhos não conseguem agregar valor ao produto final. Isto somente seria possível, se as indústrias e chefs de cozinha considerassem esses produtores como parceiros potenciais para valorizar seus produtos nos portfólios e não simplesmente, como meros fornecedores de matéria-prima. Um exemplo de sucesso nesse sentido é a marca Retratos do Gosto, que retorna 25% dos lucros para as mãos do produtor, que, assim, pode investir mais recursos no crescimento e qualidade de sua produção.

Existem diferentes mercados onde os tipos especiais de arroz apresentam-se como produtos de alto valor agregado e com demanda crescente, dos quais merecem ser citados:

arroz, principalmente aqueles que possuem alguma particularidade culinária ou de origem de produção;

b) alta gastronomia: que constantemente está à procura de inovações para diferenciação de serviços e produtos, em que os tipos especiais de arroz podem ganhar destaque nos pratos, pela riqueza de propriedades sensoriais que os pigmentados, aromáticos e de diferentes formatos podem trazer, principalmente, se estiverem associados à valorização de ingredientes únicos e tradicionais de uma região ou país. O arroz vermelho, conhecido como Arroz da Terra, seria um exemplo de ingrediente que ressaltaria a paisagem e a tradição de uma região, uma vez que já foi até valorizado pelo movimento *Slow Food* do Brasil;

c) produtos naturais orgânicos: livres de aditivos indesejáveis, para consumidores preocupados com a saúde e com o bem-estar, que buscam alimentos com menor quantidade de açúcares, livres de transgênicos, sem glúten, sem lactose e sem alergênicos. Para estes, dificilmente existem outros produtos com espectros nutricionais comparáveis aos arrozes preto ou vermelho, isentos de glúten e colesterol, com baixo teor de açúcares, sal e gordura. Além disso, são considerados uns dos superalimentos mais bem equilibrados da natureza, ricos em antioxidantes naturais poderosos, fibras, vitaminas e minerais, com valor medicinal deslumbrante, mesmo hoje com todo o conhecimento adquirido pela medicina moderna;

d) produtos industrializados: com o uso de farinha de arroz para atender tanto à demanda por alimentos sem glúten, como alimentos que explorem as propriedades sensoriais, provenientes dos grãos aromáticos, e nutracêuticas dos grãos pigmentados, ricos em antocianinas ou pro-

antocianinas, que podem ser utilizadas como corantes alimentares ou ingredientes funcionais em doces, sorvetes, bebidas, etc. Trata-se de uma demanda real de interesse de grandes grupos empresariais que ainda não ofertam produtos que utilizem esses ingredientes, na escala desejada, sob a alegação de que não existe produção de matéria-prima em volume suficiente no Brasil.

Por fim, os tipos especiais de arroz vieram para ficar e trarão inúmeros benefícios na manutenção e diversificação do consumo desse alimento diário tão importante para os brasileiros. Contudo, para que exista maior inserção no mercado, algumas estratégias precisam ser adotadas, levando-se em consideração as mudanças dos hábitos alimentares da população, que são fortemente influenciadas pelos fenômenos da globalização e da urbanização. Acredita-se que esse mercado crescerá na mesma intensidade em que as novas qualidades sensoriais e nutricionais, trazidas pelos tipos especiais de arroz, tornarem-se mais conhecidas, pelos canais de comunicação e pelas maiores oportunidades de consumo.

REFERÊNCIAS

ABDEL-AAL, E.S.M.; YOUNG, J.C.; RABALSKI, I. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple and red cereal grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, n.13, p.4696-4704, June 2006.

ADOM, K.K.; LIU, R.H. Antioxidant activity of grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.21, p.6182-6187, Oct. 2002.

AQUELE 1%. **Planeta Arroz**, Cachoeira do Sul, ano 17, n.63, p.28, ago. 2017. Disponível em: <<https://www.planetaarroz.com.br/flip/ed63/>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

BHATTACHARJEE, P.; SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R. Basmati rice: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v.37, n.1, p.1-12, Jan. 2002.

BOTELHO, F.T. et al. Propriedades tecnológicas e antioxidantes de grãos de arroz preto e de arroz vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015,



- Pelotas. **Anais...** Ciência e tecnologia para otimização da orizicultura. Pelotas: SOS-BAI, 2015. Disponível em: <<http://www.cbai2015.com.br/docs/trab-6-1405-228.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- BRADBURY, L.M.T. et al. The gene for fragrance in rice. **Plant Biotechnology Journal**, v.3, n.3, p.363-370, May 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009. Aprova o Regulamento Técnico do Arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 fev. 2009. Seção 1.
- BUTTERY, R.G.; LING, L.C.; MON, T.R. Quantitative analysis of 2-acetyl-1-pyrroline in rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.34, n.1, p.112-114, Jan. 1986.
- BUTTERY, R.G. et al. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.31, n.4, p.823-826, July 1983.
- COLOMBARI-FILHO, J.M.; RANGEL, P.H.N. Cultivares. In: BORÉM, A.; RANGEL, P.H. (Ed.). **Arroz: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015. p.84-121.
- FIESP; ITAL. **Brasil Food Trends 2020**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.brasilfoodtrends.com.br/Brasil_Food_Trends/index.html>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- FURUKAWA, T. et al. The Rc and Rd genes are involved in proanthocyanidin synthesis in rice pericarp. **The Plant Journal**, v.49, n.1, p.91-102, Jan. 2007.
- GARRIS, A.J. et al. Genetic structure and diversity in *Oryza sativa* L. **Genetics**, v.169, n.3, p.1631-1638, Mar. 2005.
- GOUFO, P.; TRINDADE, H. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ -oryzanol, and phytic acid. **Food Science and Nutrition**, v.2, n.2, p.75-104, Mar. 2014.
- HYUN, J.W.; CHUNG, H.S. Cyanidin and Malvidin from *Oryza sativa* cv. Heugjin-jubyeo mediate cytotoxicity against human monocytic leukemia cells by arrest of G₂/M phase and induction of apoptosis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.8, p.2213-2217, Apr. 2004.
- ICHIKAWA, H. et al. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. **Journal of Medicinal Food**, v.4, n.4, p.211-218, Dec. 2001.
- JIN, Q. et al. A single nucleotide polymorphism (SNP) marker linked to the fragrance gene in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Science**, v.165, n.2, p.359-364, 2003.
- KIM, D.J. et al. In vivo immunological activity in fermentation with black rice bran. **The Korean Journal of Food and Nutrition**, v.24, n.3, p.273-281, 2011.
- KRIS-ETHERTON, P.M. et al. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **The American Journal of Medicine**, v.113, n.9, p.71S-88S, Dec. 2002. Supplement 2.
- MAEDA, H. et al. Genetic dissection of black grain rice by the development of a near isogenic line. **Breeding Science**, v.64, n.2, p.134-141, June 2014.
- MAZZINI, F. Al riso italiano servono norme più rispondenti al mercato. **L'Informatore Agrario**, n.13, p.47, mar. 1998. Disponível em: <http://www.informatoreagrario.it/bdo/BDO_popupAbstract.asp?D=55561>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- MIRA, N.V.M. de et al. Comparative study of phenolic compounds in different Brazilian rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, n.5, p.405-409, Aug. 2009.
- NAGANO, K.; SASAKI, K.; ENDO, T. Breeding of new rice cultivar 'Tohoku 194' with 'Sasanishiki'-type good eating quality of cooked rice. **Breeding Science**, v.63, n.2, p.233-237, June 2013.
- NAM, S.H. et al. Antioxidative activities of bran extracts from twenty one pigmented rice cultivars. **Food Chemistry**, v.94, n.4, p.613-620, Mar. 2006.
- PARAÍBA. Secretaria de Planejamento e Gestão. **Projeto Cooperar: estudo de mercado**. João Pessoa, 2013. p.44-59.
- PAVIA. Camera di Commercio. **Analisi trimestralesuiprezziesulmercatodelrisone**. Pavis, 2017. 52p. Disponível em: <http://www.pv.camcom.it/files/Rlilevazione_prezzi/Analisi%20trimestrale%20risone%20-%20lug17.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- PEREIRA, J.A. **O arroz-vermelho cultivado no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. 90p.
- PEREIRA, J.A.; MORAIS, O.P. de. **As variedades de arroz vermelho brasileiras**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 39p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 229).
- PEREIRA, J.A. et al. Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.243-248, jan./mar. 2009.
- RAHMAN, M.M. et al. The genetic constitutions of complementary genes Pp and Pb determine the purple color variation in pericarps with cyanidin-3-O-glucoside depositions in black rice. **Journal of Plant Biology**, v.56, n.1, p.24-31, Feb. 2013.
- SINGH, R.K. et al. Breeding aromatic rice for high yield, improved aroma and grain quality. In: SINGH, R.K.; SINGH, U.S.; KHUSH, G.S. (Ed.). **Aromatic rices**. New Delhi: Oxford & IBH, 2000. cap.6, p.71-105.
- SWEENEY, M.T. et al. Caught red-handed: Rc encodes a basic helix-loop-helix protein conditioning red pericarp in rice. **The Plant Cell**, v.18, n.2, p.283-294, Feb. 2006.
- TSUDA, T.; HORIO, F.; OSAWA, T. Cyanidin 3-O-beta-D-glucoside suppresses nitric oxide production during a zymosan treatment in rats. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v.48, n.4, p.305-310, 2002.
- TSUDA, T. et al. Dietary cyanidin 3-O-beta-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. **The Journal of Nutrition**, v.133, n.7, p.2125-2130, July 2003.
- WANG, C.; SHU, Q. Fine mapping and candidate gene analysis of purple pericarp gene Pb in rice (*Oryza sativa* L.). **Chinese Science Bulletin**, v.52, n.22, p.3097-3104, Nov. 2007.
- WANG, X. et al. Construction of near isogenic lines for pericarp color and evaluation on their near isogenicity in rice. **Rice Science**, v.16, n.4, p.261-266, Dec. 2009.
- ZHAO, C. et al. Effects of commercial anthocyanin-rich extracts on colonic cancer and nontumorigenic colonic cell growth. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.20, p.6122-6128, Oct. 2004.



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, trimestral, de caráter técnico-científico e tem como objetivo principal difundir tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG, seus parceiros e outras instituições para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Trata-se de um importante veículo de orientação e informação para todos os segmentos do agronegócio, bem como de todas as instituições de pesquisa agropecuária, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, técnicos, extensionistas, empresários e demais interessados. Tem como finalidade a difusão de tecnologia, devendo, portanto, ser organizada para atender às necessidades de informação de seu público, respeitando sua linha editorial e a prioridade de divulgação de temas resultantes de projetos e programas de pesquisa realizados pela EPAMIG e seus parceiros.

A produção do Informe Agropecuário segue uma pauta e um cronograma previamente estabelecidos pelo Conselho de Publicações da EPAMIG e pela Comissão Editorial de Publicações, conforme demanda do setor agropecuário e em atendimento às diretrizes do Governo. Cada edição versa sobre um tema específico de importância econômica para Minas Gerais.

Do ponto de vista de execução, cada edição do Informe Agropecuário terá de um a três Editores técnicos, responsáveis pelo conteúdo da publicação, pela seleção dos autores dos artigos e pela preparação da pauta.

APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS ORIGINAIS

Os artigos devem ser enviados em CD-ROM ou por e-mail, no programa Microsoft Word, fonte Arial, corpo 12, espaço 1,5 linha, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

Os quadros devem ser feitos também em Word, utilizando apenas o recurso de tabulação. Não se deve utilizar a tecla Enter para formatar o quadro, bem como valer-se de “toques” para alinhar elementos gráficos de um quadro.

Os gráficos devem ser feitos em Excel e ter, no máximo, 15,5 cm de largura (em página A4). Para tanto, pode-se usar, no mínimo, corpo 6 para composição dos dados, títulos e legendas.

As fotografias a serem aplicadas nas publicações devem ser recentes, de boa qualidade e conter autoria. Podem ser enviados, preferencialmente, os arquivos originais da câmera digital (para fotografar utilizar a resolução máxima). As fotos antigas devem ser enviadas em papel fotográfico (9 x 12 cm ou maior), cromo (slide) ou digitalizadas. As fotografias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm na extensão JPG.

Não serão aceitas fotografias já escaneadas, incluídas no texto, em Word. Enviar os arquivos digitalizados, separadamente, na extensão já mencionada (JPG, com resolução de 300 DPIs).

Os desenhos feitos no computador devem ser enviados na sua extensão original, acompanhados de uma cópia em PDF, e os desenhos feitos em nanquim ou papel vegetal devem ser digitalizados em JPG.

PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os colaboradores técnicos da revista Informe Agropecuário devem observar os prazos estipulados formalmente para a entrega dos trabalhos, bem como priorizar o atendimento às dúvidas surgidas ao longo da produção da revista, levantadas pelo Editor técnico, pela Revisão e pela Normalização. A não observação a essas normas trará as seguintes implicações:

- os colaboradores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- os colaboradores da Empresa poderão ter seus trabalhos excluídos ou substituídos, a critério do respectivo Editor técnico.

O Editor técnico deverá entregar ao Departamento de Informação Tecnológica (DPIT), da EPAMIG, os originais dos artigos em CD-ROM ou por e-mail, já revisados tecnicamente (com o apoio dos consultores técnico-científicos), 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão linguística e normalização da revista.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

ESTRUTURAÇÃO DOS ARTIGOS

Os artigos devem obedecer à seguinte sequência:

- título (português e inglês):** deve ser claro, conciso e indicar a ideia central, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses, fórmulas e nomes científicos que dificultem a sua compreensão;
- nome do(s) autor(es):** deve constar por extenso, com numeração sobrescrita para indicar, no rodapé, sua formação e títulos acadêmicos, profissão, instituição a que pertence e e-mail.
Exemplo: Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, epamisul@epamig.br;
- resumo/abstract:** deve ser constituído de texto conciso (de 100 a 250 palavras), com dados relevantes sobre a metodologia, resultados principais e conclusões;
- palavras-chave/keywords:** devem constar logo após o resumo. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título;
- texto:** deve ser dividido basicamente em: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e enfatizar o objetivo do artigo;
- agradecimento:** elemento opcional;
- referências:** devem ser padronizadas de acordo com o “Manual para Publicações da EPAMIG”, que apresenta adaptação das normas da ABNT.

Com relação às citações de autores e ilustrações dentro do texto, também deve ser consultado o Manual para Publicações da EPAMIG.

NOTA: Estas instruções, na íntegra, encontram-se no “Manual para Publicações da EPAMIG”. Para consultá-lo, acessar: www.epamig.br, em Publicações/Publicações Disponíveis ou Biblioteca/Normalização.



Oliveira no Brasil: tecnologias de produção



O livro *Oliveira no Brasil: tecnologias de produção* aborda temas que vão desde a distribuição da oliveira na América Latina, história de sua introdução em Minas Gerais, considerações sobre mercado consumidor, botânica, anatomia, aplicações de técnicas modernas de biotecnologia e marcadores moleculares, variedades mais plantadas nos países produtores, registro e proteção de cultivares, pragas, doenças, poda, adubação, até o preparo de azeitonas para mesa, extração de azeite de oliva, índices de qualidade e legislação pertinente, e ainda vantagens do azeite de oliva para a saúde humana.



CAFÉ PARA QUEM GOSTA DE CAFÉ

CAFÉ COM OS MELHORES GRÃOS 100% ARÁBICA
PRODUZIDOS NO SUL DE MINAS GERAIS.

ACESSE NOSSA LOJA ONLINE
E CONHEÇA MAIS
www.cocatrel.com.br



INFORME AGROPECUARIO
Tecnologias para o Agronegócio

Assinatura e vendas avulsas
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002
www.informeagropecuario.com.br

Oliveira no Brasil:
tecnologias de produção

☆☆☆

O livro Oliveira no Brasil: tecnologias de produção aborda temas que vão desde a distribuição da oliveira na América Latina, história de sua introdução em Minas Gerais, considerações sobre mercado consumidor, botânica, anatomia, aplicações de técnicas modernas de biotecnologia e marcadores moleculares, variedades mais plantadas nos países produtores, registro e proteção de cultivares, pragas, doenças, poda, adubação, até o preparo de azeitonas para mesa, extração de azeite de oliva, índices de qualidade e legislação pertinente, e ainda vantagens do azeite de oliva para a saúde humana.

www.informeagropecuario.com.br
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002

Manejo e gestão da propriedade cafeeira

Esta edição do Boletim Técnico revisa, de forma simples e direta, orientações e recomendações a ser verificadas pelo cafeicultor em todas as etapas de produção.

A implementação das Boas Práticas do Manejo (BPM) e a gestão da propriedade de forma sustentável garantem a produção de café de qualidade e o sucesso da atividade.

Assinatura e vendas avulsas
www.informeagropecuario.com.br
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002

MUDAS DE OLIVEIRA

Garantia de procedência, mudas padronizadas, qualidade comprovada e variedade identificada

Pedidos e informações:
Campo Experimental de Maria de Fê
CEP: 37517-000 - Maria de Fê - MG
e-mail: camf@epamig.br
Tel: (31) 3465-1227

CAFÉ PARA QUEM GOSTA DE CAFÉ

CAFÉ COM OS MELHORES GRÃOS 100% ARÁBICA PRODUZIDOS NO SUL DE MINAS GERAIS.

ACESSE NOSSA LOJA ONLINE E CONHEÇA MAIS
www.cocatrel.com.br

Café Arábica
do plantio à colheita

Pesquisa e tecnologia ao alcance de todos!

O livro Café Arábica do plantio à colheita constitui um marco na pesquisa agropecuária mineira ao abordar todas as fases da produção de café, da semente à colheita, incluindo a história do café no Brasil. O livro traz temas importantes no manejo da cultura, visando o cultivo racional por meio de tecnologias disponíveis que possibilitem uma produtividade com qualidade e sustentabilidade.

Esta é uma publicação que não pode faltar aos cafeicultores, pesquisadores, consultores técnicos, professores e estudantes de Ciências Agrárias!

www.informeagropecuario.com.br
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002

Veja no próximo **INFORME AGROPECUARIO**

Sistema Plantio Direto no Cerrado

Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado

Cultivo de milho, trigo, soja, feijão, arroz de terras altas e sorgo granífero em Sistema Plantio Direto no Cerrado

Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado

Pragas no Sistema Plantio Direto

Manejo de doenças e nematóides no Sistema Plantio Direto no Cerrado

Leia e Assine o **INFORME AGROPECUARIO**
(31) 3489-5002
publicacao@epamig.br
www.informeagropecuario.com.br

Aspectos econômicos da cadeia do café

A análise histórico-econômica apresentada neste livro tem o propósito de subsidiar e orientar os cafeicultores brasileiros em suas decisões para uma atuação sustentável.

publicacao@epamig.br
www.informeagropecuario.com.br
(31) 3489-5002

caixa.gov.br/creditorural

CRÉDITO RURAL CAIXA
O CRÉDITO CERTO NO TEMPO CERTO

Nada como um parceiro de verdade na hora em que você mais precisa. Para isso, existe o Crédito CAIXA, com taxas especiais de até 7% a.a. e análise simplificada para valores até R\$ 500 mil/m². Confira também as condições para os bancos de estocagem e comercialização. Converse com o gerente.

EXPERIMENTE A CAIXA

CAIXA

SAC CAIXA: 0800 726 0101
Serviço Atendimento ao Cliente (SAC)
Atendimento: 0800 726 0102
Atendimento: 0800 726 0104
Serviços: www.caixa.com.br e www.caixa.com.br/creditorural

Biotechnologia na agropecuária

BIOTECNOLOGIA APLICADA À AGROPECUÁRIA

arroz milho
café batata
cacaú cacau
feijão cana
aves bovinos
suínos soja
maracujá uva

Informações:
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002
www.informeagropecuario.com.br

Seja um parceiro da Tecnologia, anuncie no **INFORME AGROPECUARIO**

O Informe Agropecuário é uma publicação técnico/científica da EPAMIG que há mais de 40 anos é referência no meio agropecuário.

Contato: (31)3489-5002

INFORME AGROPECUARIO



INFORME AGROPECUARIO