



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*ISSN 1678-9644
Dezembro/2003*

Documentos, 153

ANAIS 1º Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz/VII Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz – Renapa

Volume 2

Realização
20 a 23 de agosto de 2002
Florianópolis, SC

Santo Antônio de Goiás–GO
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. Goiânia Nova Veneza , Km 12

Caixa Postal 179

Fone : (0xx62) 533 2110

Fax : (0xx62) 533 2100

sac@cnpaf.embrapa.br

www.cnpaf.embrapa.br

75375-000 Santo Antônio de Goiás , GO

Edição

Área de Comunicação Empresarial – ACE

Supervisão Editorial: *Marina A. Souza Oliveira*

Tradução: *José Galli*

Catálogo na Fonte: *Ana Lucia Delalibera de Faria*

Editoração Eletrônica: *Fabiano Severino*

Tiragem

1^A: impressão 2003: 600 exemplares

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Arroz e Feijão

Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz (1. : 2002 : Florianópolis, SC).

Anais [do] 1º Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz ; VII Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz – Renapa, 20 a 23 de agosto de 2002. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

280 p. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 153)

1. Arroz – Cadeia Produtiva - Congresso. 2. Arroz – Pesquisa – Congresso. I. Título. II. Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz – Renapa (7. : 2002 : Florianópolis, SC). III. Embrapa Arroz e Feijão. IV. Série.

CDD 633.18 (21. ed.)

© Embrapa 2003

Comissão Organizadora

Beatriz da Silveira Pinheiro – *Embrapa Arroz e Feijão*

Carlos Magri Ferreira - *Embrapa Arroz e Feijão*

José Alexandre de Freitas Barrigossi - *Embrapa Arroz e Feijão*

José Francisco da Silva Martins – *Embrapa Clima Temperado*

José Luis Viana de Carvalho – *Embrapa Agroindústria de Alimentos*

Lauro José Toledo dos Santos – *Abrarroz/Sindarroz*

Lidia Pacheco Yokoyama - *Embrapa Arroz e Feijão*

Marina Aparecida Souza de Oliveira - *Embrapa Arroz e Feijão*

Noris Regina de Almeida Vieira - *Embrapa Arroz e Feijão*

Richard Bacha – *Epagri*

Tarcísio Cobucci - *Embrapa Arroz e Feijão*

Apresentação

A Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (Renapa) é um evento tradicionalmente realizado pela Embrapa, com o objetivo de apresentar e discutir os resultados mais relevantes da pesquisa em arroz, nos seus dois ecossistemas, de várzeas e de terras altas. Desde a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, em 1974, foram realizadas seis reuniões nacionais, todas em Goiânia. Em 1992, o escopo da Renapa foi ampliado pela realização conjunta com a IX Conferência Internacional do Arroz para a América Latina e o Caribe, com o objetivo central de analisar e recomendar alternativas para incrementar o potencial produtivo e a produção na região, abordando não somente temas de interesse da pesquisa e do produtor, como de toda a cadeia produtiva do arroz.

Em 2002, em uma parceria com a Associação Brasileira da Cadeia Produtiva de Arroz–Abrarroz, realizou-se, em Florianópolis - SC, o 1º Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz, juntamente com a VII Renapa, com o apoio do Governo do estado de Santa Catarina, através da sua Secretaria de Agricultura e da Empresa de Pesquisa e Extensão Rural (Epagri).

Esperamos que os temas apresentados e discutidos (consumo, mercado, indústria e produção de arroz) contribuam para o aumento da competitividade e sustentabilidade de produção, crescimento industrial e promoção do agronegócio. Além desses impactos, a conscientização do importante papel desempenhado pelo arroz na dieta da população, como alimento funcional, pode contribuir decisivamente para a melhoria da nutrição e qualidade de vida do povo brasileiro.

O presente volume engloba as palestras e os painéis apresentados no evento que, esperamos, seja o marco inicial de uma fase de maior integração entre a pesquisa e os demais segmentos da cadeia produtiva de arroz.

Beatriz da Silveira Pinheiro
Presidente da Comissão Organizadora

Pedro Antônio Arraes Pereira
Chefe Geral da Embrapa Arroz e Feijão

Sumário

*O conteúdo e a redação dos trabalhos aqui publicados
são de inteira responsabilidade dos autores*

Discurso de Abertura

Palestras

- Análise genômica no melhoramento genético de arroz. *Márcio Elías Ferreira* 15
- Novos conceitos no processamento de arroz. *Shigeharu Kanemoto* 28
- O consumo de arroz no Brasil e no mundo. *Sueli Longo*..... 43
- Modelagem em ecofisiologia: conceitos básicos e aplicações agrônômicas. *Marcel de Raissac, Michael dingkuhn e Christian Baron*..... 51
- Estratégias de manejo visando ao aumento da competitividade e sustentabilidade na produção de arroz irrigado. *Valmir Gaedke Menezes e Hector Ramirez*..... 72
- Manejo integrado de pragas no século XXI: desafios e perspectivas. *Elvis Heinrichs*..... 86
- Mercado mundial de arroz: tendências e perspectivas. *Mahabub Hossain*... 151
- Monitoramento ambiental e tecnologias de descontaminação de áreas tratadas com agroquímicos. *Maria Laura Turino de Mattos*..... 173
- Possíveis cenários de produção de arroz no Brasil e no Mercosul. *Beatriz da Silveira Pinheiro e Carlos Magri Ferreira*202
- Produção orgânica de arroz irrigado. *José Alberto Noldin e Domingos Sávio Eberhardt* 189
- Qualidade de grãos e competitividade do arroz de terras altas. *Emílio da Maia de Castro, Carlos Magri Ferreira e Orlando Peixoto de Moraes*... 220
- Usos industriais do arroz: presente e futuro. *Christine Bergman*..... 234

Painéis

Experiências e possibilidades de diversificação de produtos com base em arroz pela indústria nacional. (<i>Gilberto Wageck, André Chiang, José Luiz Vaz da Silva e Neumário Vieira</i>)	242
Exportação de arroz. (<i>José Garcia Gasques, Artur Albuquerque e Hugo Manini</i>).....	258
Redução de custo em lavouras de arroz. (<i>Ivo Mello, Cristiane Fiedler, Luis Antônio Teixeira e José Francisco Vieira</i>)	267

DISCURSO DE ABERTURA

O arroz, alimento tradicional da dieta do povo brasileiro, cujo consumo é de 67 kg/habitante/ano (base casca), é também um dos alimentos mais consumidos no mundo. Constitui a base da dieta alimentar da população asiática, que perfaz 58% da população mundial e consome 353 milhões de toneladas anuais, representando cerca de 90% da produção global do cereal.

Graças à chamada Revolução Verde, que alterou o tipo de planta tradicional de arroz irrigado, de porte alto, folhas decumbentes e suscetível ao acamamento, para plantas baixas, de folhas eretas e com alta resposta à adubação nitrogenada, foi possível dobrar o potencial produtivo da cultura do arroz irrigado. A produtividade da cultura apresentou uma taxa de crescimento anual de 2,5 % nas décadas de 70 e 80, enquanto a população cresceu 1,85%. Dessa forma, foi possível ao continente asiático, grandemente dependente desse cereal, atingir situação de auto-suficiência.

Atualmente, contudo, segundo dados da FAO (2000), a população mundial aumenta mais rapidamente (1,3%) que a produção arrozeira, em razão da estabilização da produtividade que, na década de 90, apresentou crescimento anual de apenas 1%. Para alimentar 500 milhões de novos consumidores em cada década, além de superar a lacuna de produtividade, estimada em 45% no Brasil, a planta de arroz necessita passar por uma nova alteração. Assim, existe uma crescente preocupação com o abastecimento mundial, nesta e nas próximas décadas.

No Brasil, o arroz ocupa o terceiro lugar em área cultivada, cerca de 3,5 milhões de ha, com uma produção total que varia entre 10 e 12 milhões de toneladas. No ecossistema de várzeas, sob o sistema de cultivo irrigado, ocupa um total de 1,2 milhões de ha, sendo cerca de 1 milhão de hectares localizados na região subtropical, nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde a cultura, manejada sob alto nível tecnológico, apresenta produtividade média em torno de 5,5 ton/ha. No início da década de 90, o levantamento realizado pelo Programa Provárzeas indicou que o potencial de várzeas irrigáveis no Brasil é de 24.215.103 ha. Verifica-se, portanto, que apenas 5,3% desse potencial é explorado no país.

O sistema de cultivo de sequeiro, no ecossistema de terras altas, passou também por uma revolução tecnológica na última década. Nas décadas de 60 a 80, ocupou uma posição de destaque como cultura pioneira de abertura de áreas de Cerrado, pelas suas características de rusticidade e tolerância ao baixo pH do solo, chegando a ocupar uma área de 4,5 milhões de ha. Mas este tipo de exploração, de alto risco, pela associação do baixo nível tecnológico com a alta incidência de veranicos na região, resultava

freqüentemente em baixas produtividades ou perda total de lavouras, criando-se um conceito muito negativo para a cultura. Atualmente, o arroz, nesse ecossistema, ocupa apenas 2,3 milhões de ha, mas sua migração para regiões favorecidas quanto à distribuição pluvial, associada à criação de cultivares de tipo de planta moderno e de grão longo-fino, criou uma situação favorável à sua exploração.

Apesar da redução de mais de 3 milhões de hectares da área cultivada com arroz no país entre 1981 e 1991, o avanço tecnológico ocorrido nos dois ecossistemas permitiu que a produtividade média nacional crescesse 141% no mesmo período. Embora fazendo parte do grupo de importadores de arroz no mercado internacional, o Brasil está muito próximo da auto-suficiência. Nos anos de boas safras, esta situação tem ocasionado uma grande pressão para o mercado, já consolidado, do arroz produzido no Uruguai e na Argentina. Em 2000-01, a disponibilidade de arroz no Mercosul situou-se em torno de 14,7 milhões de toneladas, para um consumo interno de 12,3 milhões de toneladas. Do excedente de 2 milhões de toneladas, apenas 500 a 600 mil toneladas foram exportadas para terceiros mercados.

Vários autores têm ressaltado que as áreas produtivas de arroz nos países grandes consumidores já estão ocupadas e devem sofrer crescente pressão de urbanização, ao mesmo tempo que sofrem restrição de água, pela necessidade de prover consumo humano, agrícola e industrial. Com uma visão otimista, o crescimento de renda de 3,5 bilhões de pessoas, em áreas crônicas de pobreza, pode ocasionar uma pressão por alimentos e revolucionar o mercado mundial.

Os países do Mercosul, e em especial o Brasil, têm um grande potencial para ampliar a sua produção de arroz. Mas, para que se estabeleçam como bloco no mercado internacional, necessitam agregar maior competitividade frente aos exportadores tradicionais. Ao mesmo tempo, como salvaguarda ao excesso de produto, o mercado interno pode ser trabalhado no sentido de ampliar a demanda de arroz, através de seu melhor aproveitamento e diversificação pela indústria. Destacamos todos estes fatos para chegar, finalmente, ao motivo pelo qual estamos hoje aqui reunidos.

A Reunião Nacional da Pesquisa de Arroz (RENAPA) é um evento organizado de forma quadrienal, pela Embrapa Arroz e Feijão, com o objetivo de apresentar e discutir, no âmbito da comunidade científica nacional, os resultados mais relevantes da pesquisa em arroz nos dois ecossistemas, de várzeas e de terras altas. Desde a criação da Embrapa, já foram realizados seis eventos, todos em Goiânia, Goiás.

Este panorama que acabamos de delinear e que acreditamos possa estimular o interesse sobre cultura de arroz e abrir caminhos para que o Brasil e o Mercosul desenvolvam sua potencialidade, levou à idéia de ampliar o escopo da VII Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, voltando-o

para a discussão de temas de interesse e o envolvimento de todos os elos da cadeia produtiva da cultura. Assim, buscou-se a parceria da Associação Brasileira da Cadeia Produtiva de Arroz (Abrarroz), para promover o primeiro Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz.

É, também, pela primeira vez realizada fora de Goiânia, com a acolhida do Estado de Santa Catarina, através da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e do Abastecimento, Epagri e Sindarroz-SC. Destaca-se igualmente o forte apoio da iniciativa privada, com o patrocínio da Satake América Latina, Agroindustrial Urbano Ltda. e Selgron Indústria e Comércio de Máquinas Ltda.

As várias atividades planejadas estão a cargo de renomados técnicos nacionais e internacionais e envolvem palestras, pôsteres e grupos de trabalho.

Sob o tema "Consumo", espera-se conscientizar os diferentes segmentos da cadeia produtiva acerca da importância do arroz como alimento e engajá-los em uma campanha nacional para ampliação de consumo.

Sob o tema "Indústria", serão exploradas as possibilidades de aproveitamento industrial e diversificação de produtos com base no arroz e seus subprodutos.

O tema "Mercado" envolverá a apresentação de cenários e tendências do mercado mundial de arroz e discussão dos fatores limitantes ao abastecimento e exportação, no âmbito do Brasil e Mercosul.

O tema "Produção" focará as principais limitações à competitividade e sustentabilidade da cultura, apresentando os recentes avanços da pesquisa e seus possíveis impactos nas diferentes áreas do conhecimento.

Acreditamos que, pela apresentação e discussão dessa gama de importantes assuntos, estaremos conscientizando os diferentes segmentos da cadeia produtiva do arroz, do Brasil e Mercosul, acerca do seu possível papel na segurança alimentar de outras regiões. Estaremos também contribuindo, internamente, para o aumento da competitividade e sustentabilidade da cultura, maior integração entre indústria, produção e mercado, bem como para a melhoria da nutrição e qualidade de vida da população brasileira.

Em nome da Comissão Organizadora, composta por membros da Abrarroz, da Epagri, Embrapa Clima Temperado, Embrapa Agroindústria de Alimentos e Embrapa Arroz e Feijão, declaramos oficialmente abertos os trabalhos do I Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz e VII Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz. A todos os Congressistas, desejamos um ótimo aproveitamento das atividades do evento e uma feliz estada em Florianópolis.

Comissão Organizadora

Palestras

ANÁLISE GENÔMICA NO MELHORAMENTO GENÉTICO DE ARROZ (*ORYZA SATIVA* L.)

Márcio Elias Ferreira¹

INTRODUÇÃO

Os dados agrícolas dos últimos anos indicam que incrementos de ganho em produtividade vão depender cada vez mais de modificações genéticas das plantas, em contraste com potenciais avanços obtidos por mudanças do sistema de produção ou do meio ambiente. Isto, em parte, é devido a uma preocupação cada vez maior, e perfeitamente justificável, de utilização sustentável dos recursos naturais. As pressões advindas do uso racional de energia, água, químicos e fertilizantes, por exemplo, requerem o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas a estas limitações, capazes de manter ou aumentar a produtividade da cultura. Além do mais, as oportunidades de mudanças em práticas culturais com grande impacto na produtividade são mínimas, visto que este tema foi grandemente explorado nas últimas décadas. Resta, pois, o desafio da compreensão cada vez maior do controle genético do desenvolvimento vegetal. É neste aspecto que uma série de avanços recentes da genômica têm impacto determinante.

O genoma constitui-se, por definição, no material genético total de uma célula ou indivíduo. A genômica é baseada em tecnologias que permitem obter, analisar e interpretar grandes quantidades de dados de seqüenciamento de DNA. As estratégias de análise genômica permitem localizar genes de interesse em qualquer parte do genoma, identificar aqueles que controlam as características estudadas ou, ainda, analisar a expressão de um gene ou mesmo de milhares de genes simultaneamente. Esta integração de conceitos, de métodos e de tecnologias domina as discussões sobre o desenvolvimento de estratégias mais eficientes na geração de produtos biotecnológicos no dias de hoje, particularmente no melhoramento genético vegetal.

O estudo sistemático de genomas completos iniciou-se com a proposta de empregar o polimorfismo de seqüência DNA como ponto de referência ao longo dos cromossomos, desenvolvendo mapas genéticos (Botstein et al., 1980). Desta forma seria possível identificar as regiões associadas ao controle de características de interesse, permitindo, ao longo do tempo, o desvendamento do seu controle e o desenvolvimento de estratégias para sanar ou contornar o problema.

¹ Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e professor da Universidade Católica de Brasília. ferreira@cenargen.embrapa.br ou ferreira@pos.ucb.br

A integração de métodos clássicos de melhoramento genético com as estratégias e tecnologias da genômica possibilita o estabelecimento de novos paradigmas para o desenvolvimento de cultivares superiores de plantas.

Esta é a base conceitual do chamado melhoramento molecular (*molecular breeding*), que utiliza informações de mapas genéticos saturados com marcadores moleculares, mapas físicos construídos com base em bibliotecas de grandes insertos de DNA e análise genético-quantitativa dos fenótipos mensurados no campo para identificar as regiões do genoma que contêm genes de interesse econômico. O uso eficiente desta informação parece ser um dos grandes diferenciadores do potencial competitivo dos programas de melhoramento nos próximos anos.

O recente desenvolvimento de um conjunto de tecnologias permitiu que objetivos antes inatingíveis como o de seqüenciar e paulatinamente desvendar a informação genética contida no genoma de um organismo pudesse ser atingido em um espaço de tempo relativamente curto. Entre estas tecnologias destacam-se: a obtenção de marcadores moleculares cobrindo todo o genoma, a construção de mapas genéticos para os cromossomos do organismo, o desenvolvimento e automação de métodos de seqüenciamento de DNA, o seqüenciamento em escala de seqüências de DNA genômico e de cDNA, a construção de mapas físicos baseados em grandes insertos de DNA e o aperfeiçoamento de algoritmos para análise de grandes quantidades de dados (bioinformática).

O GENOMA DE ARROZ

O conhecimento da seqüência completa do genoma de arroz (*O. sativa*) tem grande interesse para a pesquisa básica e aplicada na área agrícola. Este conhecimento é fundamental para o desenvolvimento de cultivares superiores da espécie. Antecipa-se que as informações adquiridas levarão a mudanças significativas no modo de produção, resultando em um cultivo mais técnico, produtivo e competitivo. O seqüenciamento do genoma de arroz é importante também para o conhecimento do código genético de outras gramíneas de importância social e econômica, como o milho, a aveia, a cana-de-açúcar, o trigo, entre outras (Devos & Gale, 1997). O genoma de arroz é o menor entre as gramíneas de importância econômica e apresenta grande sintonia com elas, isto é, conservação de ordem, de seqüência e, em grande parte, de função gênica (Feuillet & Keller, 2002).

Quatro projetos internacionais do setor público e privado voltados para o seqüenciamento do genoma estrutural de arroz têm recebido a atenção dos cientistas. O primeiro estimou o número de genes em arroz em aproximadamente 35.000 a 50.000 (~ duas vezes mais que *Arabidopsis*), distribuídos em um genoma de 430 Mb (Goff et al., 2002). A cobertura

estimada foi de 99,5% do genoma eucromático. Aproximadamente 30% dos genes detectados são aparentemente específicos de plantas, pois são encontrados em arroz e *Arabidopsis*, mas não em outros genomas eucariotos seqüenciados. Sintenia significativa foi observada entre o arroz e outras gramíneas, mas a sintenia verificada com *Arabidopsis* é limitada. No entanto, mais de 85% dos genes previstos no genoma de arroz possuem homologia significativa com genes observados em *Arabidopsis*. De 696 genes de milho analisados no genoma de arroz, com base em dados deste projeto, 687 apresentam homologia com alta stringência. O mesmo foi observado com testes realizados com genes de trigo e outras gramíneas. Os dados reforçam mais ainda o potencial de transferência de localização de QTLs e de informação de mapa de arroz para outras gramíneas (Goff et al., 2002).

O segundo projeto empregou a estratégia *shotgun* para fragmentar o genoma de uma cultivar de arroz tipo *indica* em milhões de segmentos (3.6 milhões), seqüenciar cada um deles e utilizar ferramentas de bioinformática para "remontar" o genoma completo (cobertura 6x) (Yu et al., 2002). A estimativa do tamanho do genoma de arroz neste projeto foi de 464 Mb. Além do seqüenciamento do genoma estrutural de uma linhagem tipo *indica*, o projeto prevê o seqüenciamento de um milhão de ESTs, bem como o seqüenciamento do genoma de uma variedade tipo *japonica*. A cobertura do genoma de arroz atingiu cerca de 92% do genoma total e os dados continuam a ser acumulados.

O terceiro projeto concentrou-se no seqüenciamento parcial do genoma (~ 3.000 clones BAC, 5x redundância) de uma variedade *japonica*, constituindo-se, entretanto, em uma contribuição extremamente relevante para a pesquisa de arroz (Barry, 2001). Os dados deste projeto foram disponibilizados via rede no banco de dados de um quarto projeto, desenvolvido pelo Consórcio Internacional de Seqüenciamento do Genoma de Arroz (IRGSP), reunindo diversos países (Japão, Estados Unidos, Índia, França, Coréia, Taiwan, China). Alguns países participaram de fases iniciais do projeto e depois o deixaram, como a Inglaterra e o Canadá. Com a finalização de outros projetos de seqüenciamento do genoma de arroz, a coordenação do consórcio definiu no início de 2002 que projeto seria finalizado nos próximos meses.

Além do seqüenciamento do genoma estrutural, existem diversas iniciativas de seqüenciamento do genoma funcional de arroz. A estratégia de seqüenciamento do genoma funcional, também conhecida como seqüenciamento de EST ("expressed sequence tag"), apresenta a vantagem de possibilitar de imediato a realização de estudos de expressão e função gênica, concentrando-se apenas nas regiões codantes do genoma. Cerca de 6.591 ESTs de arroz, por exemplo, foram recentemente mapeados ao longo do genoma a partir de uma biblioteca de 20.000 ESTs, obtida de 19 bibliotecas diferentes de cDNA (Sasaki et al., 2002). Este estudo permitiu

observar que a densidade gênica dentro e entre cromossomos de arroz é extremamente variável, visto que quase a metade dos ESTs (41%) são mapeados em apenas três dos doze cromossomos da espécie (cromossomos 1, 2 e 3). Estes três cromossomos, embora mais longos, somam apenas 108 MB ou 25% do genoma total. Uma heterogeneidade tão conspícua na distribuição de genes ao longo do genoma não é observada em outros organismos, como *Arabidopsis thaliana*. Os genes, em geral, são detectados em regiões do genoma do arroz com maior taxa de recombinação.

APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS ATUAIS

O maior impacto do avanço da genômica em programas de melhoramento genético deverá ser observado na dissecação, conhecimento e manipulação do controle genético de características quantitativas. A grande maioria das características de interesse econômico são quantitativas, isto é, são controladas por um grande número de genes, cada qual com uma contribuição específica na expressão, e com significativa interação com o ambiente. Um loco de característica quantitativa (QTL) segue os mesmos princípios de genética Mendeliana. Um QTL pode ser individualizado em um único gene ou representar um conjunto de genes fortemente ligados, os quais podem ser diferenciados por recombinação (Yamamoto et al., 1998). Entre as ferramentas genômicas atualmente utilizadas em várias atividades relacionadas ao melhoramento genético de características quantitativas, destacam-se aquelas empregadas na análise de polimorfismo de DNA, agrupadas em diferentes tipos de marcadores moleculares. A utilização de marcadores (fenotípicos, bioquímicos ou moleculares) em seleção indireta para uma característica quantitativa vem sendo discutida no âmbito da genética e melhoramento de plantas desde os seus primórdios (Sax, 1923; Thoday, 1961; Tanksley et al., 1989). Somente com o advento de marcadores de DNA é que um esforço contundente neste tipo de experimentação abriu possibilidades reais de utilizar a análise de genótipos em locos de marcadores moleculares espalhados por todo o genoma para prever ganhos genéticos e selecionar efetivamente para a característica de interesse (Tanksley et al., 1989).

As áreas em que a análise de polimorfismo de DNA contribui para as atividades dos programas de melhoramento genético são diversas, e afetam tanto características qualitativas quanto quantitativas. O emprego desta tecnologia no melhoramento de características monogênicas é amplo. Para características quantitativas, no entanto, o emprego é ainda limitado, embora crescente nos últimos anos. Alguns exemplos de aplicações são brevemente discutidos a seguir:

Diagnose molecular - São vários os experimentos realizados que testam protocolos e estratégias de diagnose molecular, com o objetivo de auxiliar o

melhorista na tomada de decisões em relação aos genótipos utilizados no programa de melhoramento. Entende-se por diagnose molecular o emprego de tecnologia de análise de DNA que revele, por exemplo:

- a composição alélica de um determinado loco, como a detecção de alelo no hospedeiro, que confere resistência a determinado isolado do patógeno (Meksen et al., 2001);
- a presença de determinada seqüência gênica em um indivíduo ou linhagem, como a presença de transgenes em variedades elite (Padgett et al., 1995; Stewart et al., 1996; Hupfer, 1997);
- a determinação da identidade genética de materiais melhorados para fins de proteção varietal (Grattapaglia & Ferreira, 1996; Smith & Helentjaris, 1996; Beló, 2001);
- o controle de qualidade ou pureza genética de lotes de sementes híbridas (Bellamy et al., 1996; Ballester & De Vicente, 1998);
- uma visão global da constituição do genoma de variedades mantidas em coleções de germoplasma ou populações, possibilitando a maximização do seu uso de acordo com os objetivos do programa (Schmidt et al., 1996; Xu et al., 1998; Buso, 1998; Beló, 2001).

Organização da variabilidade genética de coleções de germoplasma - O conhecimento do *status* da organização da variabilidade genética em coleções de germoplasma permite ao programa de melhoramento uma leitura da disponibilidade de recursos genéticos e do potencial da coleção para alimentar o programa ao longo do tempo. Afinal, a base de um programa de melhoramento genético é justamente a existência de variabilidade genética, sem o que o programa simplesmente não tem como avançar. Portanto, é importante que todo o dado extraído da coleção de germoplasma seja organizado, de forma dinâmica, de maneira a permitir ao programa capitalizar no conhecimento da informação para aumentar a sua produtividade. A organização da variabilidade genética de coleções de germoplasma inclui atividades como:

- a identificação de espécies e sub-espécies dos acessos do banco utilizando análise molecular como auxiliar na definição de métodos de conservação e uso (Schmidt et al., 1996; Martin et al., 1997; Buso, 1998;)
- a análise de agrupamento de acessos da coleção visando a classificá-las em grupos específicos através da estimativa de distância entre cada amostra (Buso, 1998; Beló, 2001;);
- a análise de polimorfismo de DNA na avaliação da variabilidade genética de populações naturais ou de coleções de germoplasma para fins de conservação e uso (Buso, 1998; Buso et al., 2000; Beló, 2001; Moretzsonh et al., 2002).

Conversão de linhagens por marcadores moleculares e piramidização de genes - Os programas de conversão de linhagens por marcadores moleculares procuram adicionar alguma característica de interesse econômico em uma linhagem promissora, sanear algum defeito de uma variedade comercial através da inserção de alelo superior no seu genoma ou, simplesmente, reduzir o tempo de obtenção de um genótipo de interesse imediato via retrocruzamento. As conversões, em geral, focalizam características de controle genético simples. Entre elas incluem-se, por exemplo, a introgressão cumulativa de genes de resistência a patógenos, estratégia também conhecida como piramidização de genes. A conversão de linhagens inclui atividades como:

- introgressão de gene de interesse (ou transgene obtido em *background* genético adaptado a processos de transformação gênica em programas de engenharia genética) para linhagem elite do programa de melhoramento, com atributos necessários para competição no mercado (Walker et al., 2002);
- a piramidização de genes ou introdução, em uma mesma variedade, de um conjunto de genes de resistência para um ou mais patógenos (Yoshimura et al., 1995; Huang et al., 1997);
- a piramidização de genes de resistência para o mesmo patógeno quando a variedade já possui um gene que confere resistência a várias raças do patógeno, o que é geralmente muito difícil ou mesmo impossível de ser obtido utilizando o melhoramento convencional por causa de interações epistáticas (Singh et al., 2000);
- a piramidização é interessante não só por possibilitar o desenvolvimento de uma variedade com resistência a vários isolados ou a diferentes patógenos, mas também porque resultados recentes demonstram que o acúmulo de genes de resistência para um mesmo patógeno confere maior resistência à variedade do que a soma da resistência observada nas linhagens paternas (Yoshimura et al., 1995; Huang et al., 1997; Singh et al., 2000);

Seleção de linhagens genitoras para desenvolvimento de populações de melhoramento – O emprego de polimorfismo de DNA para estimar distância genética entre linhagens tem sido usado como critério para a formação de populações de melhoramento mais promissoras na geração de novas linhagens superiores. Um desafio comumente enfrentado nos programas de melhoramento é a decisão sobre qual população concentrar esforços a longo prazo para a obtenção de novas variedades superiores. Neste sentido, a análise de polimorfismo de DNA tem sido empregada para:

- correlacionar a distância genética entre linhagens genitoras com a heterose dos híbridos resultantes de cruzamentos entre linhagens (Smith and Smith, 1989; Beló, 2001);

- avaliar o potencial melhorístico de populações segregantes com base nas propriedades dos seus genitores (Yousef & Juvick, 2001).

Introgessão de genes de espécies silvestres para cultivar elite (retrocruzamento avançado) – O retrocruzamento avançado é baseado em modificações de um método de melhoramento desenvolvido há mais de 30 anos (Wehrhahn & Allard, 1965) com a incorporação de informação de mapa no processo de seleção (Tanksley & Nelson, 1996a).

Retrocruzamento avançado baseia-se em duas ou três gerações de retrocruzamento a partir do cruzamento de uma linhagem elite com acesso silvestre. No processo, mapas genéticos para características quantitativas de interesse são gerados e as linhagens são avançadas com base em seleção de marcadores associados ao controle genético da característica. Atividades de retrocruzamento avançado incluem:

- retrocruzamento avançado para introgessão de QTLs de uma espécie silvestre para linhagem elite domesticada (Tanksley & Nelson, 1996; Fulton et al., 1997; Robert et al., 2001; Lawson et al., 1997; Brondani et al., 2002). Estes estudos incluem o emprego do conceito de genótipo gráfico para certificar que a contribuição positiva para uma característica quantitativa é advinda do alelo recebido do acesso silvestre, e não de novas combinações apistáticas de genes da linhagem elite (Young & Tanksley, 1989; Brondani et al., 2002);
- retrocruzamento avançado de regiões genômicas associadas a características de controle complexo em cruzamentos intraespecíficos (Reyna & Sneller, 2001).

APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS: PERSPECTIVAS

A tecnologia empregada na análise genômica hoje disponível sofreu dramático progresso em pouco tempo. As informações de seqüências de DNA de diferentes genomas estocadas em bancos de dados são inúmeras. Uma vez que o seqüenciamento dos genomas de uma mono e uma dicotiledônea foram finalizados (arroz e arábido), o próximo passo será a tarefa de compreensão do espectro de variação genética no complemento gênico da espécie e sua relação com características de interesse econômico. Com base na estimativa do número de genes do genoma de arroz (cerca de 40.000), não é difícil imaginar a possibilidade de catalogar os genes e a variabilidade gênica existente na espécie. Por ser uma planta autógama, é possível que o arroz mantenha no *pool* gênico um limitado grau de diversidade gênica em relação às outras espécies. Assim, é provável que apenas um pequeno número de variantes com efeito na expressão exista para cada gene no genoma. Há, portanto, uma perspectiva de que será possível catalogar todos os variantes comuns (alelos) de todos os genes de uma espécie vegetal no futuro. Para isto é necessário que haja forte ênfase no desenvolvimento de coleções de mutantes e de técnicas que permitam a

atribuição de função gênica em espécies que tiveram o genoma seqüenciado. Ao mesmo tempo, é necessário que a capacidade de seqüenciamento aumente progressivamente e que o custo reduza proporcionalmente. Estes variantes atraem enorme interesse por potencialmente estarem relacionados com características de interesse econômico. O desafio será identificar a coleção completa de alelos (variação genotípica) e testar a correlação com as características de interesse (variação fenotípica).

Dados empíricos relativos à seleção para características quantitativas assistida por marcadores moleculares em programas de melhoramento começam a ser acumulados. O desenvolvimento teórico na área sofreu intensa investigação nos últimos anos. Há perspectiva para intensificação de experimentos com número maior de indivíduos por população segregante utilizada para detectar QTLs devido a uma maior facilidade de genotipagem com os equipamentos mais modernos. Há tendência maior também para minimização de erros de fenotipagem e genotipagem, no último caso devido à maior acurácia de equipamentos como seqüenciadores de DNA.

A seleção indireta para uma característica quantitativa através de marcadores moleculares tende a ser combinada com a avaliação de dados fenotípicos para maximizar o ganho por seleção, visando a aumentar a eficiência dos programas. Estudos nesta área demonstraram logo de início o potencial de utilizar diferentes estratégias de seleção assistida por marcadores para características quantitativas em conjunto com avaliações fenotípicas rotineiras (Edwards & Johnson, 1994; Han et al., 1997). Dados de simulação sugerem que a combinação entre a análise fenotípica e genotípica é a estratégia mais promissora para seleção assistida (Lande & Thompson, 1990; Lane Johnson, comunicação pessoal). A eficiência do emprego de índice de seleção depende da herdabilidade da característica, da proporção da variância genética aditiva associada a QTLs e da estratégia de seleção empregada. Maior atenção deverá ser dada aos pesos utilizados nas variáveis que compõem índices de seleção baseados em fenótipo e genótipo e no uso desta estratégia pelos programas.

Comparações de seqüências gênicas entre o arroz e outras gramíneas indicam que proteínas altamente similares são codificadas nos genomas destes organismos e que blocos inteiros de genes são conservados ao longo do genoma. Os dados acumulados recentemente revelam extensa colinearidade de genoma. Isto significa que a informação de genes que controlam determinada característica em arroz é relevante para o conhecimento de característica similar em trigo ou milho. A informação genética de uma espécie de gramínea por certo será cada vez mais utilizada no conhecimento e melhoramento genético de uma outra espécie. O arroz tende a ser cada vez mais empregado como modelo nestes estudos.

Testes de associação fenótipo-genótipo a partir do emprego de informação genômica devem ser cada vez mais usados na identificação e isolamento de

genes de interesse econômico de arroz. A detecção de QTLs por mapeamento genético utilizando populações segregantes tem, até o momento, sido limitada aos locos com maior efeito no fenótipo da característica de interesse. Isto elimina da análise os vários locos de pequeno efeito, geralmente numerosos e importantes na definição final do fenótipo. Testes de associação visam à identificação de variação genotípica conhecida como SNP – “Single Nucleotide Polymorphism” (polimorfismo de nucleotídeos causado por mutação ou pequenas inserções/deleções – indels) associada à variação fenotípica da característica estudada, levando à identificação e isolamento de regiões de DNA que controlam os fenótipos de interesse (Risch, 2000). Os testes de associação não são baseados em populações de mapeamento e tampouco dependem de um grande número de indivíduos analisados, condição importante para detecção de QTLs de menor efeito em testes de ligação (Young, 1999).

Por outro lado, a estrutura de desequilíbrio de ligação na população estudada é fundamental para o sucesso desta estratégia (Lander and Schork, 1994). O emprego desta metodologia é incipiente em plantas, mas dados acumulados nos últimos dois anos apontam para um grande potencial para o seu uso em espécies vegetais (Tenaillon et al., 2001; Thornsberry et al., 2001; Ching et al., 2002). Os dados sugerem ainda que uma estratégia combinando dados de mapeamento genético com localização de QTLs e de seqüenciamento de genes candidatos na região de QTLs pode ser adequada para maximizar o potencial de identificar e isolar polimorfismos associados ao controle de uma característica de interesse (Ching et al., 2002; Thornsberry et al., 2001). Para fins de seleção, se um marcador (SNP) em um determinado segmento genômico estiver em forte desequilíbrio de ligação com um loco que controla uma característica de interesse econômico, este marcador (e toda a região entre ele e o loco de interesse) pode ser usado para seleção.

Os avanços tecnológicos do seqüenciamento em escala do genoma de arroz permitiram a geração dos dados básicos para o emprego da análise genômica no melhoramento genético da espécie. Em pouco tempo observou-se um formidável avanço em relação à construção de extensos bancos de dados de seqüência do genoma estrutural, à disponibilidade de informação de seqüências expressas, à anotação e previsão de seqüências gênicas, ao conhecimento da estrutura e distribuição de diferentes tipos de seqüências no genoma (genes, famílias gênicas, rDNA, transposons, retrotransposons, SINES, LINES, etc.) e também em relação à comparação de regiões do genoma de arroz com seqüências de outras espécies (macro e microssintenia, filogenia). A integração da tecnologia genômica nas rotinas de programas de melhoramento genético será fundamental para o desenvolvimento de cultivares superiores de arroz nos próximos anos, potencializando um cultivo cada vez mais embasado no conhecimento técnico.

AGRADECIMENTOS

Suporte para o desenvolvimento de pesquisa por MEF é proveniente do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT-MCT), Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), Universidade Católica de Brasília e Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRY, G. 2001 The use of the Monsanto draft rice genome sequence in research. *Plant Physiol.* 125,1164–1165.
- BALLESTER, J., and DE VICENTE, M.C. 1998. Determination of F1 hybrid seed purity in pepper using PCR-based markers. *Euphytica* 103: 223–226.
- BELLAMY, A., VEDEL, F., and BANNEROT, H. 1996. Varietal identification in *Cichorium intybus* L. and determination of genetic purity of F1 hybrid seed samples, based on RAPD markers. *Plant Breed.* 115: 128–132.
- BELÓ, A. 2001 Avaliação de recursos genéticos para produção de híbridos de arroz (*Oryza sativa* L.). Tese de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- BOLTSTEIN, D.; WHITE, R.L.; SKONKICK, M. & DAVIS, R.W. 1980 Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am J Hum Genet* 32:314-331
- BRONDANI, C. 2002 Desenvolvimento de marcadores microssatélites, construção de mapa genético interespecífico de *Oryza glumaepatula* x *O. sativa* e análise de QTLs para caracteres de importância agrônômica. Tese de Doutorado, UnB, Brasília.
- BRONDANI, C.; P.H.N. RANGEL and FERREIRA, M.E. 2002 QTL mapping and introgression of yield related traits from *Oryza glumaepatula* to *O. sativa* using microsatellite markers. *Theoretical and Applied Genetics* 104:1192-1203
- BUSO, G.S.C. 1998. Análise genética de espécies silvestres de arroz (*Oryza* spp.) nativas do Brasil: estrutura de populações, diversidade genética e relações filogenéticas utilizando marcadores moleculares. Tese de Doutorado, UnB, Brasília.
- BUSO, G.S.C.; RANGEL, P.H. and FERREIRA, M.E. 2001 Analysis of random and specific sequences of nuclear and cytoplasmic DNA in diploid and tetraploid American wild rice species. *Genome* 44:476-494
- CHEN, M., et al. 2002. An integrated physical and genetic map of the rice genome. *Plant Cell* 14: 537–545.
- CHING, A., CALDWELL, K.S., JUNG, M., DOLAN, M., SMITH, O.S.; TINGEY, S; MORGANT, M. and RAFALSKI, A.J. SNP frequency, haplotype structure and linkage disequilibrium in elite maize inbred lines *BMC Genetics* 2002 3:19 (1-14)
- DEVOS, K.M. and GALE, M.D. (1997) Comparative genetics in the grasses. *Plant Mol. Biol.* 35, 3-15

- EDWARDS, M., and L. JOHNSON. 1994. RFLPs for rapid recurrent selection. p. 33–40. *In* Proc. of Symposium on Analysis of Molecular Marker Data. Am. Soc. Hort. Sci. and CSSA, Corvallis, OR.
- FEUILLET, K. & KELLER, B. 2002 Comparative genomics in the grass family: molecular characterization of grass genome structure and evolution. *Annals of Botany* 89:3-10
- FULTON, T.M; NELSON, J.C. and TANKSLEY, S.D. 1997 Introgression and DNA marker analysis of *Lycopersicon peruvianum*, a wild relative of the cultivated tomato, into *Lycopersicon esculentum*, followed through three successive backcross generations *Theoretical and Applied Genetics* 95:895-902
- GRATTAPAGLIA, D. e FERREIRA, M.E. 1996 Proteção de cultivares por análise de DNA. Artigos Técnicos. Anuário da Associação Brasileira de Produtores de Sementes ABRASEM 96. pp. 44-50
- HAN, F.; ROMAGOSA, I.; ULLRICH, S.E.; JONES, B.L.; HAYES, P.M. & WESEBERG, D.M 1997 Molecular marker-assisted selection for malting quality traits in barley *Molecular Breeding* 3 (6): 427-437
- HUANG, N.; ANGELES, E.R.; DOMINGO, J.; MAGPANTAY, G.; SINGH, S.; ZHANG, G.; KUMARAVADIVEL, N.; BENNETT, J. & KHUSH, G.S. 1997 Pyramiding of bacterial blight resistance genes in rice: marker-assisted selection using RFLP and PCR. *Theor Appl Genet* (1997) 95 : 313–320
- HUPFER, C., HOTZEL, H. and SACHSE, K. 1997. Detection of genetically modified insect-resistant Bt maize by means of polymerase chain reaction. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.* 205: 442-445.
- LANDE, R., and R. THOMPSON. 1990. Efficiency of marker-assisted selection in the improvement of quantitative traits. *Genetics* 124:743–756.
- LANDER, E.S. & SCHORK, N.J. Genetic dissection of complex traits. 1994 *Science* 265, 2037-2048
- LAWSON, D.M.; LUNDE, C.F. & MUTSCHLER, M.A. 1997 Marker-assisted transfer of acylsugar-mediated pest resistance from the wild tomato, *Lycopersicon pennellii*, to the cultivated tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Molecular Breeding* 3 (4): 307-317
- MARTIN, C.; JULIANO, A.; NEWBURY, H.J.; LU, B.; JACKSON, M.T. & FORD-LLOYD, B.V 1997 The use of RAPD markers to facilitate the identification of *Oryza* species within a germplasm collection *Genetic Resources and Crop Evolution* 44: 175–183
- MEKSEM, K.; RUBEN, E.; HYTEN, D.L.; SCHMIDT, M.E. & LIGHTFOOT, D.A. 2001 High-throughput genotyping for a polymorphism linked to soybean cyst nematode resistance gene Rhg4 by using Taqman™ probes. *Molecular Breeding* 7 (1): 63-71
- MORETZSOHN, M.C.; FERREIRA, M.A.; AMARAL, Z.P.S.; COELHO, P.J.A.; GRATTAPAGLIA, D. and FERREIRA, M.E. 2002 Genetic diversity of Brazilian oil palm (*Elaeis oleifera* H.B.K.) germplasm collections collected in the Amazon Forest. *Euphytica* 124:35-45
- PADGETTE, S.R.; KOLACZ, K.H.; DELANNAY, X.; RE, D.B.; LAVALLEE, B.J.; TINIUS, C.N.; RHODES, W.K.; OTERO, Y.I.; BARRY, G.F.; EICHHOLTZ, D.A.;

- PESCHKE, V.M.; NIDA, D.L.; TAYLOR, N.B. & KISHORE, G.M. 1995 Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. *Crop Science* 35(5): 1451-1461.
- PRABHU, R.R.; NJITI, V.N.; BELL-JOHNSON, B.; JOHNSON, J.E.; SCHMIDT, M.E.; KLEIN, J.H. & LIGHTFOOT, D.A. 1999 Selecting Soybean Cultivars for Dual Resistance to Soybean Cyst Nematode and Sudden Death Syndrome Using Two DNA Markers *Crop Sci.* 39:982–987.
- REYNA, N. and SNELLER, C.H. 2001 Evaluation of Marker-Assisted Introgression of Yield QTL Alleles into Adapted Soybean *Crop Sci.* 41:1317–1321.
- RISCH, N.J. 2000 Searching for genetic determinants in the new millennium *Nature* 405 15:847-856.
- ROBERT, V.J.M; WEST, M.A.L.; INAI, S.; CAINES, A.; ARNTZEN, L.; SMITH, J. and ST.CLAIR, D. 2001 *Marker-assisted* introgression of blackmold resistance QTL alleles from wild *Lycopersicon cheesmanii* to cultivated tomato (*L. esculentum*) and evaluation of QTL phenotypic effects *Molecular Breeding* 8 (3): 217-233.
- SASAKI, A.; ASHIKARI, M.; UEGUCHI-TANAKA, M; ITOH, H.; NICHIMURA, A.; SWAPAN, D.; ISHIYAMA, K.; SAITO, T.; KOBAYASHI, M.; KHUSH, G.S.; KITANO, H. & MATSUOKA, M. 2002 A mutant gibberellin synthesis gene in rice. *Nature* 416:701-702.
- SAX K 1923 The association of size differences with seed-coat pattern and pigmentation in *Phaseolus vulgaris*. *Genetics* 8:552–560.
- SCHMIDT, A.; RANGEL, P.H.N. and FERREIRA, M.E. 1997 Identification of Indica- and Japonica-specific regions of the *Oryza sativa* genome. *Rev. Brasileira Genet.* 20:C69, p.152.
- SINGH, S.; SIDHU, J.S.; HUANG, N.; VIKAL, Y.; LI, Z.; BRAR, D.S.; DHALIWAL, H.S. & KHUSH, G.S. 2000 Pyramiding three bacterial blight resistance genes (xa5, xa13 and Xa21) using marker-assisted selection into indica rice cultivar PR106. *Theor Appl Genet* (2001) 102:1011–1015.
- SMITH, S. & HELENTJARIS, T. 1996 DNA fingerprinting and plant variety protection. In. *Genome Mapping in Plants.* A.H. Paterson (Ed.). pp. 95-107, Academic Press.
- SMITH, J.S.C., and O.S. SMITH. 1989. The use of morphological, biochemical, and genetic characteristics to measure distance and to test for minimum distance between inbred lines of maize (*Zea mays* L.) (Mimeo of paper presented at UPOV Workshop, Versailles, France, October 1989). Pioneer Hi-Bred International, Inc., Johnston, IA.
- STEWART C.N., ADANG M.J., ALL J.N., BOERMA H.R., CARDINEAU G., TUCKER D. et al. 1996. Genetic transformation, recovery, and characterization of fertile soybean transgenic for a synthetic *Bacillus thuringiensis cryIAc* gene. *Plant Physiol.* 112: 121–129.
- TANKSLEY SD, NELSON JC 1996 Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines. *Theor Appl Genet* 92:191–203

- TANKSLEY SD, YOUNG ND, PATERSON AH, BONIERBALE MW 1989 RFLP mapping in plant breeding: New tools for an old science. *Bio/technology* 7: 257–264.
- TENAILLON, M.I.; SAWKINS, M.C.; LONG, A.D.; GAUT, R.L.; DOEBLEY, J.F. & GAUT, B.S. 2001 Patterns of DNA sequence polymorphism along chromosome 1 of maize (*Zea mays* ssp. *mays*L.) *PNAS* 98 16:9161–9166.
- THORNSBERRY, J, MAJOR M. GOODMAN, JOHN DOEBLEY, STEPHEN KRESOVICH, DAHLIA NIELSEN & EDWARD S. BUCKLER IV 2001 Dwarf8 polymorphisms associate with variation in flowering time *Nature Genetics* 28: 286–289.
- XU, J.; CONSTANTINO, S.V.; MAGPANTAY, G.; BENNETT, J.; SARKARUNG, S. & HUANG, N. 1998 Classification of rice germplasm.II. Discrimination of indica from japonica via analysis of amplicon length polymorphisms *Plant Cell Reports* (1998) 17: 640–645.
- WALKER, D.; BOERMA, H.R.; ALL, J. & PARROTT, W. 2002 Combining *cry1Ac* with QTL alleles from PI 229358 to improve soybean resistance to lepidopteran pests. *Molecular Breeding* 9: 43–51, 2002.
- WEHRHAHN C, ALLARD RW (1965) The detection and measurement of the effects of individual genes involved in the inheritance of a quantitative character in wheat. *Genetics* 51:109–119.
- YAMAMOTO, T.; KUBOKI, Y.; LIN, S.Y.; SASAKI, T. & YANO, M. 1998 Fine mapping of quantitative trait loci Hd-1, Hd-2 and Hd-3, controlling heading date of rice, as single Mendelian factors. *Theor Appl Genet.* 97:37-44.
- YOSHIMURA S, YOSHIMURA A, IWATA N, MCCOUCH SR, ABENES ML, BARAOIDAN MR, MEW TW, NELSON RJ 1995 Tagging and combining bacterial blight resistance genes in rice using RAPD and RFLP markers. *Mol Breed* 1: 375–387.
- YOUNG, N.D., and S.D. TANKSLEY. 1989. RFLP analysis of the size of chromosomal segments retained around the tm-2 locus of tomato during backcross breeding. *Theor. Appl. Genet.* 77:353–359.
- YOUNG, N.D. 1999 A cautiously optimistic vision for marker-assisted breeding *Molecular Breeding* 5: 505–510.
- YOUSEF & JUVICK, 2001 Comparison of Phenotypic and Marker-Assisted Selection for Quantitative Traits in Sweet Corn *Crop Sci.* 41:645–655.
- YU, J. et al., 2002 A Draft Sequence of the Rice Genome (*Oryza sativa* L. ssp. indica) *Science* 296 5 79-92.

NOVOS CONCEITOS NO PROCESSAMENTO DE ARROZ

Shigeharu Kanemoto

Iremos abordar alguns novos conceitos acerca do processamento industrial de cereais, na expectativa de que, futuramente, possam servir de subsídios às empresas para novas oportunidades de negócios no sentido de:

- Melhorar a qualidade do produto
- Aumentar o rendimento
- Agregar valor aos produtos e subprodutos

Com esses objetivos, a Satake está desenvolvendo uma linha completa de equipamentos e processos, ligando produtores e consumidores de arroz. Nossos equipamentos procuram aproveitar os subprodutos resultantes do beneficiamento do arroz, como casca, farelo, germe e grãos quebrados, no *design* de unidades para:

- Geração de energia pelo uso da casca do arroz
- Extração de óleo do farelo
- Produção de rações para animais
- Produção de farinha de arroz de grãos quebrados

As demandas de consumo de arroz atualmente tendem para "**consciência gourmet**", "**conveniência culinária**", "**alimentos naturais**" e "**alimentos mais saudáveis**" (agricultura sem resíduos e arroz orgânico). Temos identificado, particularmente, novas demandas, por parte de nossos clientes, por alimentos funcionais e saudáveis que usem arroz integral como matéria-prima.

Vários componentes influenciam o sabor do arroz, tais como a proteína, a amilose, o teor de umidade, os ácidos graxos, o estado de conservação do produto, o manejo na colheita, o processo de cozimento, entre outros (Tabela 1).

¹ Engenheiro Chefe da Divisão Técnica da Corporação, *Satake Corporation*, Japão.

Tabela 1. Características de grão que influenciam a qualidade do arroz, como a textura, maciez e sabor.

Componente	Pré-colheita	Grão em casca	Arroz integral	Arroz polido	Arroz cozido
Teor de amilose	Variedade				
Teor de proteína	Temperatura				
	Fertilizante				
Estado de conservação			Temperatura do armazenamento		
Outros			Maturação		Qualidade da água Padrão de cozimento
Quebrados / trincados		Época de colheita Temperatura do grão		Teor de umidade	Método de lavagem
Superfície do grão				Grau de polimento	Grau de lavagem

Antes da colheita, o sabor é afetado pela variedade, pelo clima e por fertilizantes; durante a colheita, pela época de colheita e pela umidade dos grãos; e depois da colheita, já no processamento industrial mas antes do polimento industrial, para assegurar a manutenção do sabor desejado, é importante controlar o descasque, a classificação do grão pela espessura e as condições de armazenamento. Na fase de polimento, o rendimento de engenho e as condições de umidade são importantes. Finalmente, o método de cozimento também terá influência no gosto. Quando todos os fatores são adequadamente controlados, o gosto é preservado ao máximo.

O 'Analisador de Sabor para Arroz', desenvolvido pela Satake em 1985, avalia qualidade interna do grão por espectrofotometria. O Japão importa arroz principalmente da China, Estados Unidos, Austrália e Tailândia, entre outros. Os "valores de sabor" medidos para o arroz com o analisador Satake, em cada um desses países, são os seguintes:

39-84 pontos para os tipos de grão curto da China;

45-74 pontos para os de grão médio dos Estados Unidos;

51-63 pontos para os de grão médio da Austrália; e

37-50 pontos para os de grão longo da Tailândia.

Tanto no cultivo como na colheita, a Satake leva em consideração três fatores importantes:

- Manejo de cultivo monitorado por métodos científicos
- Promoção de produção de arroz de alta qualidade por manejo adequado de colheita
- Criação e multiplicação de sementes de alta qualidade

MANEJO DE CULTIVO POR MÉTODOS CIENTÍFICOS

O manejo de cultivo feito por métodos científicos pode levar a um aumento da produção e à obtenção de um produto de melhor e mais apreciado pelos processadores e consumidores.

O “Agri Expert” é um equipamento usado para controlar as condições de manejo da cultura. No Japão, o arroz considerado como mais saboroso é aquele com menos proteína e menos amilose. Em cada estágio de crescimento do arroz, é necessário assegurar um nível adequado de nitrogênio. O “Agri Erxpert” mede o nível de nitrogênio nas folhas, indicando os momentos em que é preciso fertilizar para manter o nível de proteína desejado.

O “Harvest Monitor” (Monitor de Colheita) proporciona a determinação do ponto de colheita, considerando a temperatura acumulada após a emissão completa das panículas e a sua relação com a incidência de grãos trincados, imaturos ou descoloridos. À medida que a temperatura aumenta, diminui a quantidade de grãos imaturos e aumenta o total de arroz integral produzido. Após o período adequado de colheita, a quantidade de grãos danificados aumenta, resultando em maior quantidade de grãos quebrados após o beneficiamento e provocando perdas.

A Figura apresenta a relação entre a temperatura acumulada (eixo vertical), a quantidade de arroz integral produzida e a incidência de grãos danificados. A medida que aumenta a temperatura acumulada, diminuem as quantidades de grãos imaturos e de arroz esbramado total mas, caso passe o período adequado de colheita aumenta o número de grãos descoloridos e com rachaduras. Como resultado, eles transformam-se em grãos quebrados durante o processo de polimento e reduzem o valor do produto na comercialização.

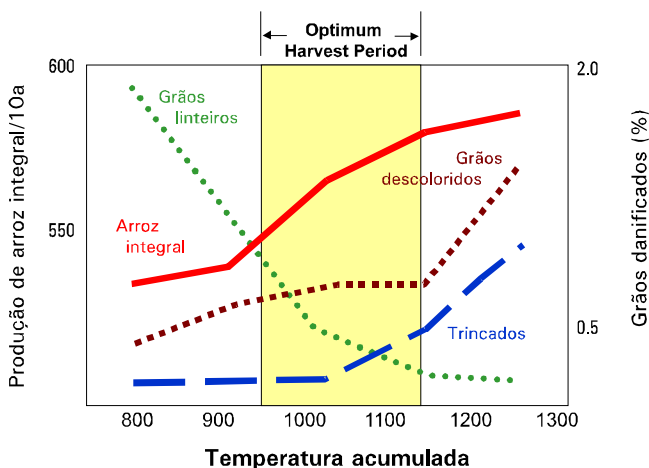


Fig. 1. Temperatura acumulada após a emissão das panículas e sua relação com a produção de grãos.

O **“Rice Analyzer”** (Analisador de Arroz) serve para inspecionar a aparência dos grãos, classificando o produto em até seis frações que abrangem desde grãos totalmente saudáveis até completamente danificados. Para o arroz integral, o analisador mede a quantidade de grãos saudáveis, gessados, imaturos e descoloridos; para o branco polido ele mede o rendimento de inteiros, os gessados, os danificados, os descoloridos e os quebrados.

Para uma análise científica, são medidos os quatro principais parâmetros que influenciam o sabor do produto: proteína, amilose, ácidos graxos e umidade. O total desses componentes representa o “valor de sabor (VS)”. Por exemplo, VS igual a 88 pontos significa: 7% proteína; 18,5% amilose; 11,5% ácidos graxos; 15% umidade.

O **Cooked Rice Analyzer”** (Analisador de Arroz Cozido) mede o brilho, a viscosidade e a dureza, fatores estes que também serão determinantes do sabor do produto.

Os dados obtidos com todos estes instrumentos são transferidos ao computador para análise e otimização das técnicas de plantio, colheita, beneficiamento, como também para selecionar sementes para o plantio seguinte.

SECAGEM E COLHEITA

Para manter a qualidade do arroz após a colheita, é necessário:

- (a) proceder a secagem corretamente, controlando a temperatura e o teor de umidade dos grãos
- (b) armazenar o produto adequadamente, controlando a temperatura ambiente

O **“Automatic Moisture Meter”** (Medidor Automático de Umidade) e o **“Magic Dryer”** (Secador Mágico), medem a percentagem de umidade dos grãos e, automaticamente, controlam a temperatura de secagem. Isso possibilita secagem com alta qualidade e alto rendimento.

A qualidade do arroz é influenciada pela temperatura e pelo tempo de secagem. Se o controle de umidade e temperatura não é feito corretamente, a secagem não é uniforme e aumenta o número de grãos trincados. Estes, por sua vez, resultam em grãos quebrados durante o beneficiamento e, conseqüentemente, em reduzido rendimento de grãos inteiros.

Além disso, a secagem mal feita provoca o aparecimento de arroz descolorido e danificado, que, embora sejam eliminados pelo separador eletrônico, reduzem o rendimento final e depreciando o sabor.

O sistema "Magic Dryer Satake" torna possível secar grãos em temperatura mais baixa e em menos tempo que um secador normal. No secador normal, a temperatura do arroz costuma ser de aproximadamente 45°C após a secagem. O "Magic Dryer" permite reduzir esta temperatura para 35°C, proporcionando melhor sabor e menos grãos trincados. A Figura 2 mostra a relação entre a temperatura do grão, no eixo horizontal, o aparecimento de grãos trincados e o "valor de sabor", no eixo vertical. Quando a temperatura da massa diminui de 50°C para 30°C, a taxa de grãos rachados reduz de 13% para 4%. Concomitantemente, o sabor melhora de 72 para 80.

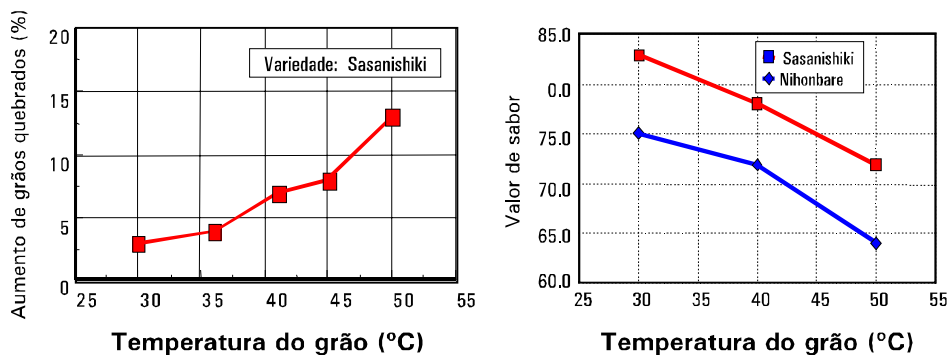


Fig. 2. Temperatura do grão e qualidade do arroz em casca.

A qualidade e gosto original do arroz em casca podem ser mantidos durante armazenamento pelo controle adequado da temperatura. Quando o produto é armazenado a granel, nós especificamos quatro requerimentos básicos:

- (a) Sistema de manejo para temperatura de grão
- (b) Estrutura de isolamento que previna a influência de temperatura externa
- (c) Mecanismo que facilite o resfriamento do silo
- (d) Estrutura a prova de roedores e insetos

DESCASQUE E POLIMENTO

O beneficiamento do grão para consumo, envolvendo o descasque e o polimento, focaliza o seguinte:

1) Minimizar a quebra de grãos

Nos sistemas tradicionais, os grãos de arroz são alimentados diretamente da tulha no descascador, em um espaço de 1mm entre os rolos de borracha. Nesse sistema, a posição de grãos individuais difere bastante uma das outras.

No sistema desenvolvido pela Satake, foi mudado o modo de alimentação de forma que os grãos assumem a mesma posição na calha alimentadora proveniente da tolha, propiciando uma alimentação regular no cilindro descascador. Como resultado, a quebra de grãos é diminuída, ao mesmo tempo em que aumenta a eficiência de descasque e a durabilidade dos rolos descascadores.

A primeira parada é um branqueador abrasivo vertical chamado VTA. O arroz é alimentado por cima e entra em contato com rolos abrasivos a medida que vai descendo o ponto de descarga. A pressão dentro de câmara de descascamento é baixa e não danifica os grãos. A segunda etapa é um branqueador de fricção vertical chamado VBF. O arroz proveniente do VTA é alimentado pela base e é processado grão por grão à medida que o fluxo se desloca para cima. A terceira máquina é semelhante à segunda, diferenciando-se apenas pela adição do novo sistema de polimento Satake, que injeta 0,5% de água, para melhor remoção do farelo. Quando processam grão longo, alguns clientes usam o “KB Mist Polisher” para injeção da água nesta terceira etapa. Outros usam 4 máquinas em uma única linha para diminuir as tensões no grão durante o processo de beneficiamento. Os equipamentos desenvolvidos pela Satake para beneficiamento de arroz de grão curto, propiciam a otimização do processo e a conseqüente obtenção de máxima produção de grãos inteiros, pela combinação de um diferente número de máquinas processadoras (Figura 3).

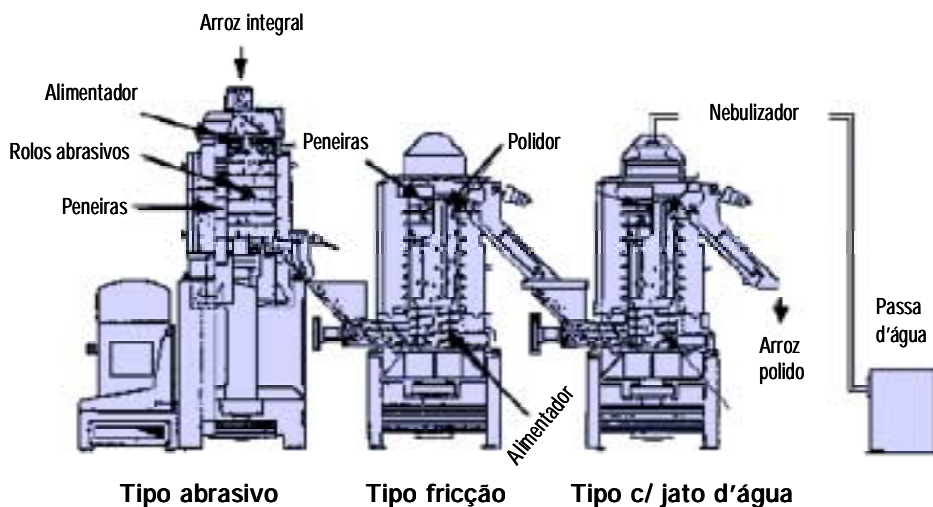


Fig. 3. Este sistema típico de beneficiamento proporciona alta qualidade e rendimento pela combinação de equipamentos abrasivos, de fricção e com adição de água.

O novo sistema de polimento inclui uma combinação de VTA, VBF e branqueador com água. Baseado em dados obtidos para diferentes tipos de arroz, é possível determinar a combinação mais apropriada de branqueadores e descascadores. A adição de um branqueador com água, diminuiu a quebra de arroz e resultou arroz branco com brilho.

2) maximizar o rendimento e a qualidade pelo controle de umidade e técnicas modernas de beneficiamento.

A adição de um condicionador de umidade "Rice Conditioner" após o branqueamento pode adicionar um máximo de 1% umidade no arroz branco recém polido e, automaticamente, controlar a umidade. Como resultado, melhora o rendimento e "valor de sabor" do produto final.

Na Figura 4 observa-se grãos de arroz após embebição em água durante 20 minutos (a esquerda) os quais, com umidade mais alta (14,2%) não apresentam rachaduras. A direita aparecem aqueles com umidade mais baixa (12,2%), que apresentam-se trincados por causa de baixa velocidade de absorção.

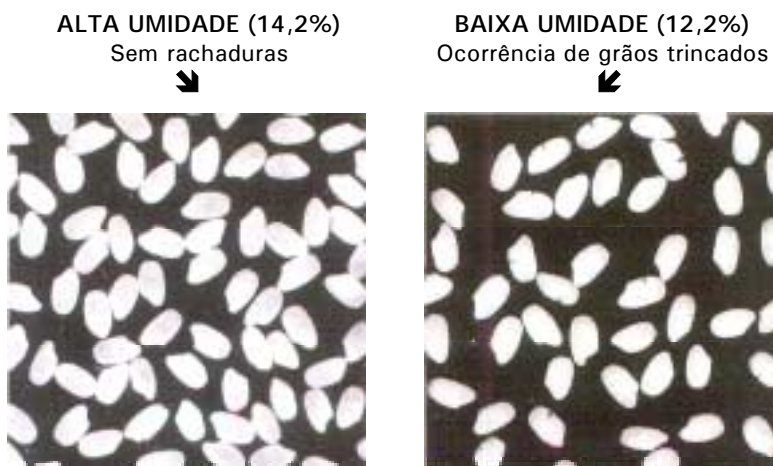


Fig. 4. Relação entre o teor de umidade e a ocorrência de grãos trincados.

A influência do teor de umidade dos grãos se faz sentir também sobre o comportamento de cocção do produto: grãos com umidade alta apresentaram bom comportamento de cocção; os de umidade baixa resultam em um produto pegajoso e de baixa qualidade.

3) processamento com o uso de pré-lavagem.

O "NTWP System" adiciona água ao arroz polido, mistura o produto com o meio TWP à baixa pressão e remove apenas a camada de aleurona, sem danificar o endosperma. O arroz assim processado é chamado TWR ("Tasty White Rice").

O NTWP consiste de 3 etapas: (a) umedecimento; (b) mistura; e (c) separação e secagem.

(a) Umedecimento: nesta etapa são adicionados 5% de água na superfície do grão polido para amolecer a camada de aleurona.

(b) Mistura: o meio de TWP, aquecido a 100°C, é misturado com o arroz sob baixa pressão. Nesta etapa a camada de aleurona é removida sem dano para o grão.

(c) Separação e secagem: o meio TWP é separado do arroz, resultando em arroz branco de ótimo sabor.

Após ter sido separado do arroz, o meio TWP é reciclado após secagem, remoção da aleurona de sua superfície e transformado em partículas de 1mm diâmetro.

O “NTWP System” é composto de três partes: o corpo principal, que fornece o meio TWP; a unidade de suprimento de água; e o sistema de separação e reciclagem do meio TWP. Após a passagem do arroz pelo sistema e separação do meio TWP, este é transferido para a seção de reciclagem onde readquire condições ótimas de uso e volta ao corpo principal da máquina para reiniciar o processo.

O meio TWP é feito de tapioca e tratado por um processo especial que aumenta sua eficiência na remoção da camada de aleurona. É de alta durabilidade, resistente ao calor e pode ser reciclado mais de 200 vezes.

Para entender melhor o processo do NTWP é importante conhecer a estrutura do arroz integral. Como todos sabem, durante o polimento, são removidos, da cariopse, o pericarpo, o tegumento e parte da camada de aleurona, que é a capa mais externa do endosperma. Na Figura 5 observa-se que a espessura da camada de aleurona varia de acordo com a região do grão em que se encontra. Na porção dorsal do grão é mais espessa do que na ventral.

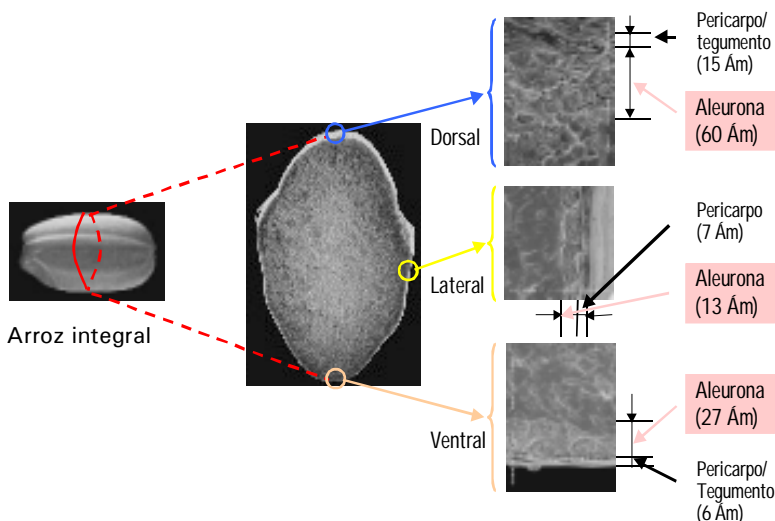


Fig. 5. Detalhes do grão de arroz integral através do microscópio eletrônico.

Por essa razão, pelo processo de polimento convencional não é possível remover, de forma uniforme, apenas a camada de farelo de cada grão. Em um processo de polimento ideal, somente a camada de aleurona deve ser removida, sem dano para os grãos.

Por sua vez, a superfície do “Tasty White Rice (TWR)” sob o microscópio eletrônico, quando tanto as células da parte dorsal como as da ventral do grão podem ser vistas claramente, mostra que, por este processo de polimento, a camada de aleurona foi uniformemente retirada, sem danificar as células amiláceas.

A relação entre a brancura do grão e o rendimento de inteiros, comparando o TWR e arroz convencional pré lavado (Musenmai), evidencia que o TWR apresenta graus de brancura superiores em 0,5 a 1,0%, para um mesmo rendimento de engenho de 45%, além de menor dano ao endosperma devido ao tratamento a que é submetido (mistura com meio TWP à baixa pressão).

Além dessas vantagens, a Satake introduziu, com o TWR, uma tecnologia que atenderá ao máximo o gosto do consumidor já que o arroz pode ser preparado para consumo sem lavar, mantendo facilmente as várias características de valor que porventura possam ter sido adicionadas durante o beneficiamento.

4) melhorar a aparência do produto pelo processo de seleção eletrônica

Para remoção de contaminantes e impurezas, a Satake desenvolveu um separador de cor, o novo “Color Sorter (RMGS)”, construído com sensores eletrônicos capazes de detectar não somente os grãos descoloridos mas também pedras, vidro, resinas, cerâmicas, etc. Sua capacidade operacional é muito mais alta que a de separadores convencionais, o que aumenta o rendimento de trabalho, além de proporcionar um produto de altíssima qualidade, capaz de atender os mais exigentes consumidores.

A Figura 6 mostra uma usina de beneficiamento de arroz integrada com uma unidade de secagem e processamento, para produção de TWR e de produtos de valor agregado. Nós acreditamos que este seja o futuro de beneficiamento do arroz, que deverá diversificar mais os seus produtos e oferecer inovações mais saudáveis e de maior praticidade aos consumidores.

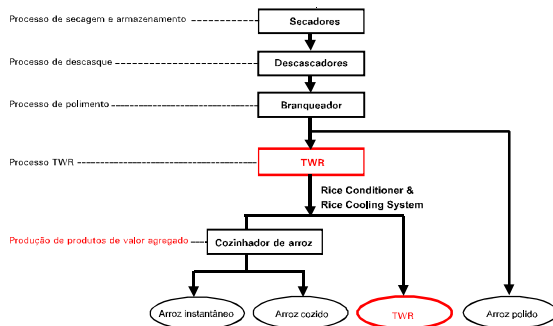


Fig. 6. Usina integrada de beneficiamento de arroz.

AGREGAÇÃO DE VALOR

Examinemos agora aspectos referentes à características adicionais do arroz, que podem ser usadas com apelos de consumo dirigidos a diferentes tipos de clientes, interessados nas propriedades funcionais do produto bem como nas características de produção (arroz de produção orgânica; arroz proveniente de tecnologias mais limpas, sem agressão ao meio ambiente; etc.)

O arroz integral é amplamente reconhecido como alimento saudável e funcional, porém é de difícil cozimento e de sabor discutível, especialmente do ponto de vista das preferências de consumo no Japão. Além disso é de baixa digestibilidade e acarreta preocupações quanto à contaminação com pesticidas. Existem, porém, algumas tecnologias capazes de superar esses problemas.

A "Hatsuga Genmai" (arroz integral germinado) contém muitos ingredientes tais como "GAVA" - ácido amino butírico; o arroz "Super Genmai" previne alergias pela alteração na proporção de algumas proteínas; o "Mirai Shokuiku" facilita a digestão, por utilizar grãos integrais amassados. Atualmente, a Satake está desenvolvendo duas unidades de processamento de arroz germinado.

O fluxograma apresentado na Figura 7, mostra o processo de produção de arroz parboilizado integral. No sistema convencional, mostrado a esquerda, o arroz integral é embebido em água com temperatura entre 45 a 60°C, submetido a tratamento de vapor e seguido de secagem até atingir 15% de teor de umidade dos grãos. Após o beneficiamento irá **produzir arroz parboilizado integral** ou **arroz parboilizado polido**. A Satake desenvolveu um novo processo de parboilização, apresentado à direita, que agrega valor ao produto parboilizado. As principais diferenças apresentadas pelo processo Satake referem-se aos seguintes aspectos: o arroz germina durante o processo de embebição, para depois ser submetido ao tratamento de vapor; o arroz, após a embebição está com uma umidade entre 20 e 23% e passa diretamente ao processo de beneficiamento para, somente depois, sofrer o processo de secagem.

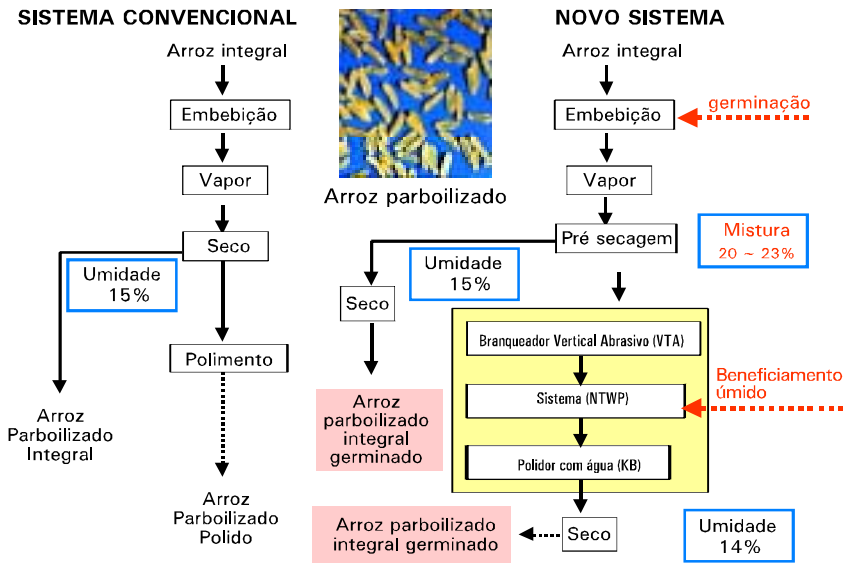


Fig. 7. Comparação entre os sistemas, convencional e moderno, de produção de arroz parboilizado integral.

Em outras palavras, o arroz é processado pelo sistema “Wet milling” (beneficiamento com alta umidade) após o que, o arroz branco parboilizado é submetido à secagem até atingir a umidade desejada para acondicionamento e armazenagem.

Arroz germinado parboilizado e arroz branco contendo altos teores de ácido aminobutírico, produzidos por este novo sistema Satake podem ser colocados no mercado como alimentos saudáveis e naturais. Além disso, esse novo sistema proporciona a liberação de minerais e ácido fítico contidos no arroz branco, resultando em maior facilidade de absorção de minerais, como cálcio e magnésio, pelo organismo.

Produtos de preparo rápido, como o “Sterilized Boiled Rice”, para microondas, o “Retort Boiled Rice”, para preparo no saco plástico, e o “Magic Rice”, arroz instantâneo, são outros exemplos de produtos de valor agregado desenvolvidos pela Satake.

O fluxo de produção de arroz instantâneo da Satake é mostrado na Figura 8. O processo é totalmente automatizado e capaz de produzir, na mesma linha, arroz para preparo em 5 e em 10 minutos. Comparado com o sistema convencional de produção, o rendimento é 9% superior (85 → 94%) e a qualidade do produto é elevada e muito estável.

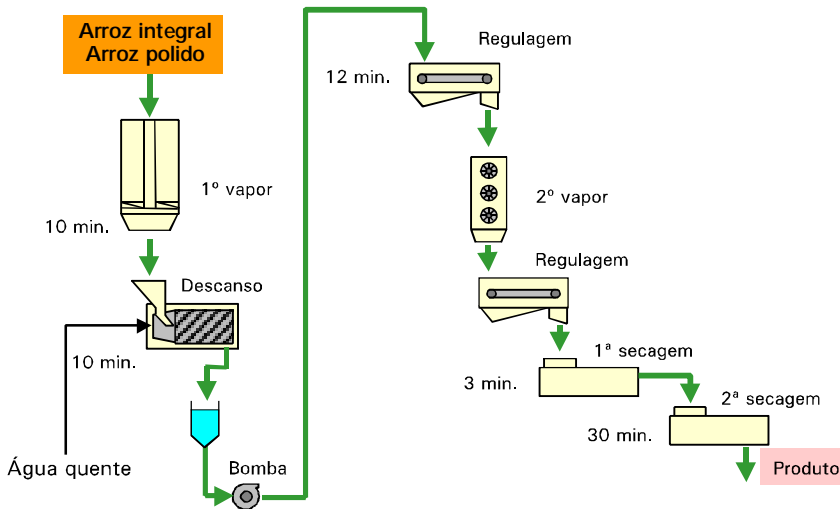


Fig. 8. Sistema de produção de arroz instantâneo desenvolvido pela Satake.

Adicionalmente, o consumo de água e o custo de energia (eletricidade e gás) foi reduzido de 30%, respectivamente. Se a unidade de processamento aproveitar os subprodutos (casca, farelo e o arroz quebrado) os lucros poderão ser ainda mais altos.

A Figura 9 ilustra um queimador de cascas do tipo "gaseificação" com alta eficiência de conversão de energia e estabilidade. Depois de eliminar o alcatrão com a gaseificação da casca, o motor é alimentado por gás sem resíduos, fornecendo força para o gerador. O calor gerado no processo é convertido em ar aquecido e vapor, sendo então usado para secagem de grãos e outras finalidades.

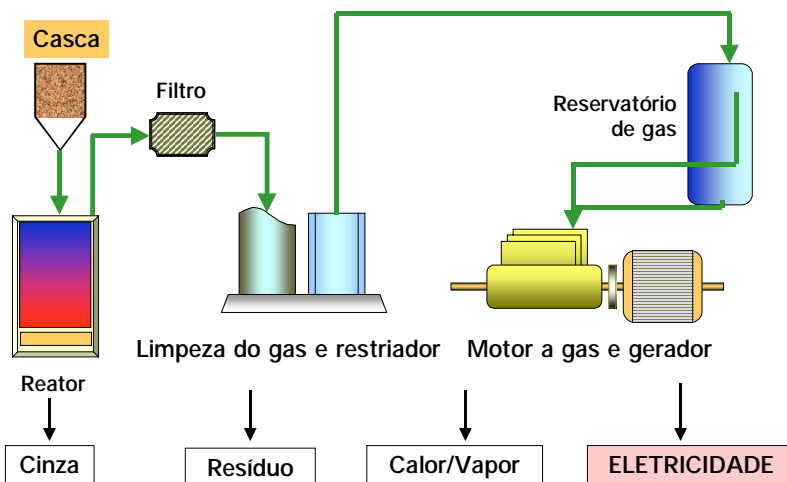


Fig. 9. Utilização da casca do arroz para geração de energia.

No que se refere à **produção de óleo** de arroz, há dois tipos de unidades Satake: uma que faz extração química com hexano, e outra por processo mecânico.

Na extração mecânica o farelo moído é submetido à secagem a 120°C, até atingir 55 % de umidade - procedimento que desativará a lipase. Este farelo é, então, prensado para extração do óleo que passa por um processo de filtragem produzindo, assim o óleo cru. O farelo prensado é moído para ser utilizado como farelo desengordurado.

A **farinha de arroz quebrado** é feita a partir da matéria prima livre de impurezas e após a retirada do farelo aderido à superfície dos fragmentos de arroz, por meio de tecnologia adaptada daquela utilizada para a produção do TWR. A farinha de arroz produzida dessa forma é de altíssima qualidade e pode ser usada para confecção de produtos de confeitaria e de bolachas.

O farelo e o germe são ricos em minerais nutritivos e vitaminas do complexo B. No farelo de arroz existe fibra dietética de reconhecido efeito preventivo de doenças do cólon e reto, e da hipercolesterolemia. Inositol e ácido ferúlico ou ácido fitico são anti-oxidantes fortes que captam o oxigênio ativo gerado pelo corpo humano.

Estes elementos ativos são extraídos separadamente e alcançam boa aceitação no mercado quando comercializados como substância a serem usadas como aditivos em alimentos funcionais, tão em voga atualmente para prevenir doenças relacionadas aos hábitos de vida modernos.

Existe hoje um alimento funcional "**Artificial Rice**" (arroz artificial) produzido pela combinação de farelo convencional, arroz quebrado e farelo TWP, proveniente do sistema NTWP, usado para produção de Tasty White Rice.

O **farelo TWP** contém muitos componentes benéficos à saúde como as vitaminas do complexo B, o tocoferol, ácido aminobutírico, oryzanol e minerais. Adicionalmente, é possível produzir pastilhas e bolachas usando apenas farelo TWR, para serem comercializadas como alimentos saudáveis.

A Figura 10 mostra o aproveitamento de grãos quebrados e do farelo TWP. Os grãos quebrados são moídos e fermentados pela adição de enzimas como alfa - amilase e protease. Está também em fase de desenvolvimento a produção de "**Healthy Rice Drink**" (bebida saudável de arroz), de alto valor agregado, que deverá ser comercializada como uma bebida láctica fermentada. A matéria prima é feita a partir de arroz integral, arroz branco e arroz quebrado moídos, à qual se adiciona água e uma determinada enzima. É possível também produzir outras bebidas fermentadas pela simples adição dos elementos ativos usados no Healthy Rice Drink.

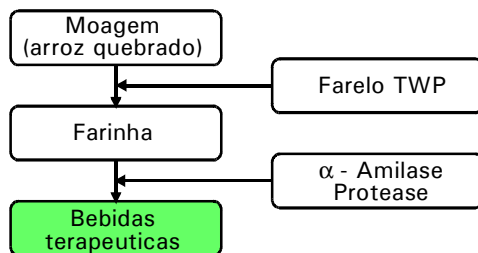


Fig. 10. Aproveitamento subprodutos do arroz beneficiado para produção de bebidas terapêuticas que ajudam a controlar a pressão arterial e que contém componentes funcionais.

A Satake também desenvolveu um sistema para produção de **arroz aromatizado e enriquecido com nutrientes**, composto de duas unidades principais (a unidade de adição de componentes e o hidratador). O equipamento de adição, como o nome indica, proporciona os aditivos, como "flavorizantes", vitaminas, ferro e cálcio, com a incorporação de 1% de água pelo hidratador (Figura 11).

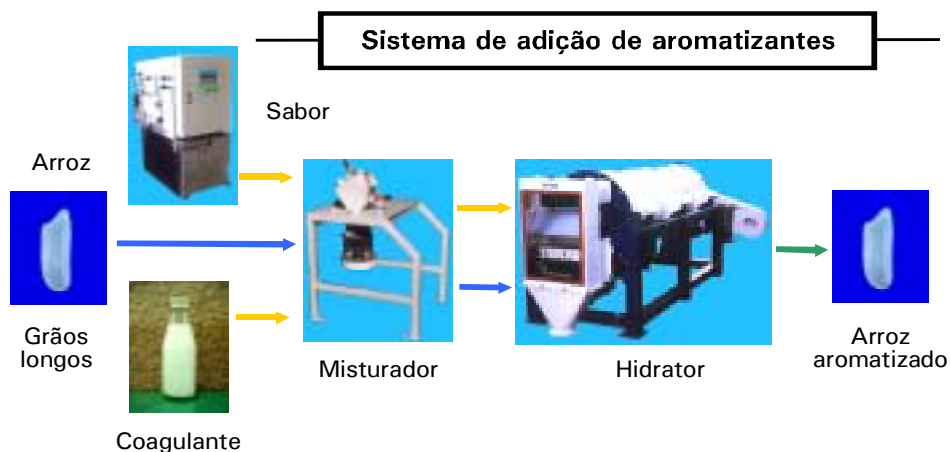


Fig. 11. Sistema de adição de aromatizantes, vitaminas, ferro, cálcio e outros nutrientes em arroz.

Resumindo os pontos abordados até aqui apresentamos um conceito de processamento moderno que enfoca uma unidade complexa de fabricação de produtos de arroz. Aprimorando as atividades nas diferentes etapas do processo e com um estudo cuidadoso do trabalho desenvolvido, é possível tornar a planta de processamento de arroz do futuro em uma unidade mais integrada.

Além disso é altamente desejável desenvolver produtos de arroz com valor adicional, pelo uso direto destes produtos ou de sua combinação após processamento biológico, químico e nutricional.

Hoje em dia, o hábito alimentar dos japoneses está incorporando o estilo ocidental, rico em proteína e gordura - fatores apontados como responsáveis pelo aumento de doenças cardíacas, câncer e diabete.

Com tal tendência como pano de fundo, a nutrição equilibrada com arroz integral, contendo os três elementos nutritivos principais (proteína, gordura e carboidrato) está atraindo a atenção dos consumidores japoneses.

Obrigado pela atenção.

O CONSUMO DE ARROZ NO BRASIL E NO MUNDO

Sueli Longo¹

INTRODUÇÃO

Embora o arroz seja um produto básico na alimentação do povo brasileiro, pouca atenção tem sido devotada a ele como alimento funcional, ou seja, aquele alimento que, aliado às funções básicas de nutrir e saciar o apetite do indivíduo, tem ainda outros componentes capazes de prevenir doenças, além de auxiliar no tratamento e cura da maioria delas. Há muito de verdade na máxima que diz que nós somos aquilo que comemos.

A cultura do arroz no Brasil ocupa o terceiro lugar em área cultivada, produzindo, na safra 2000/01, 11.338 milhões de toneladas. As principais regiões produtoras são a Região Sul, a Centro-Oeste e a Sudeste (Embrapa, 2001).

FORMAS DE CONSUMO

Para consumo de mesa são conhecidos no Brasil três tipos do produto em função do processamento pós-colheita: o arroz integral, o arroz branco polido e o arroz parboilizado.

Arroz integral

Apesar de ser mais rico em nutrientes que o arroz polido, o arroz integral é pouco consumido no Brasil e seu consumo restringe-se a uma pequena parcela da população com hábitos mais sofisticados e de maior poder aquisitivo.

Arroz branco polido

O arroz branco polido constitui a forma predominantemente consumida na maioria das regiões brasileiras e é obtido a partir do polimento do grão integral, através de máquinas que provocam o atrito dos grãos, removendo proporções variáveis das camadas externas do endosperma e do germe. Além da casca, resulta desse processo uma proporção variável de subprodutos na forma de grãos quebrados e farelo.

Arroz parboilizado

Para ser parboilizado, o arroz em casca é submetido a um processo hidrotérmico, antes das etapas de descasque e polimento, proporcionando a gelatinização parcial ou total do amido (Amato e Silveira Filho, 1991). O arroz parboilizado pode ser consumido na forma polida (parboilizado polido) ou na forma integral (parboilizado integral). O arroz parboilizado constitui o principal alimento em

¹ Nutricionista, CRN₃-3599

partes da Índia, Bangladesh, Sri Lanka e Nepal (Bhattacharya, 1979, citado por Juliano, 1984). O consumo de arroz parboilizado no Brasil ocorre de forma localizada, sendo mais comum no Estado de Santa Catarina, onde se concentra o maior número de indústrias de parboilização.

IMPORTÂNCIA DO ARROZ COMO ALIMENTO

Nas Figuras 1 e 2, observa-se uma diminuição de consumo que vem ocorrendo no país nos últimos anos; a população vem consumindo menos carboidratos, de certa forma contrariando as recomendações dos órgãos voltados à saúde pública, que recomendam que 50% do total de calorias da dieta diária sejam oriundas de carboidratos.

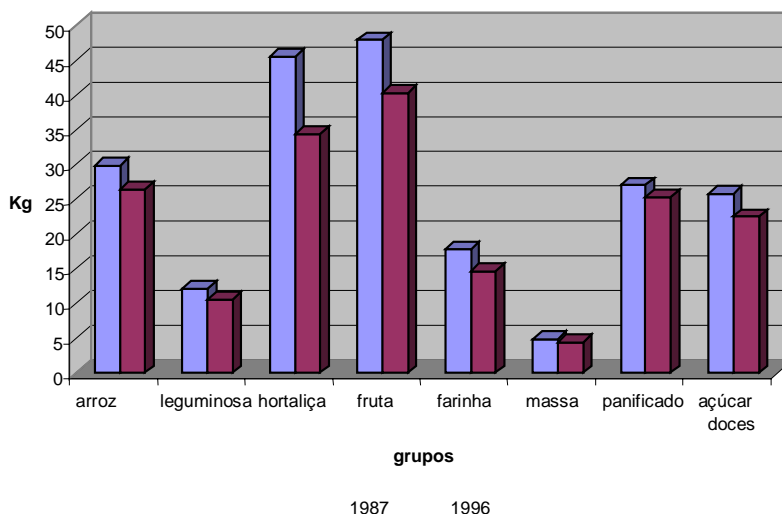


Fig. 1: Consumo Alimentar *per capita* anual
 Fonte: IBGE - Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF)

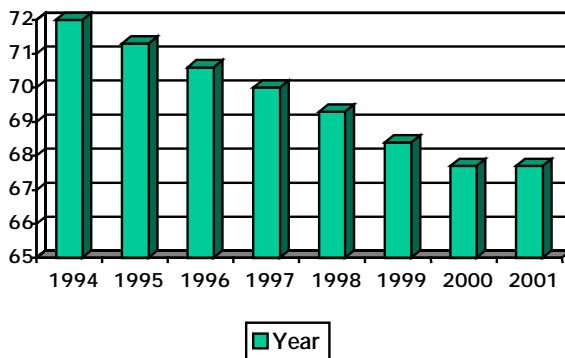


Fig. 2: Consumo de arroz (kg/hab/ano).
 Fonte: Embrapa, 2001.

Na Figura 3, enfatiza-se a importância do arroz como fonte protéica em comparação com outros vegetais e com fontes de origem animal, que, por sua vez, são ricas em colesterol e gorduras saturadas.

Nota-se também o arroz como importante fonte de vitaminas do complexo B e seu baixo teor de sódio (que, aliás, é zero, e só vai depender do sal que se adiciona durante o seu preparo). O arroz contribui com 16% do total de energia e 14% do total de proteína ingerida.

Componente	Integral		Polido		Parboilizado	
	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Cru	Cozido
Água (%)	12	70,3	12	72,6	10,3	73,4
Proteína (%)	7,5	2,5	6,7	2	7,4	2,1
Gordura (%)	1,9	0,6	0,4	0,1	0,3	0,1
Carboidrato (g)	77,4	25,5	80,4	24,2	81,3	23,3
Fibra (g)	0,9	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1
Cinza (g)	1,2	1,1	0,5	1,1	0,7	1,1
Cálcio (mg)	32	12	24	10	60	19
Fósforo (mg)	221	73	94	28	200	57
Sódio (mg) ¹	9	-	5	-	9	-
Potássio (mg)	214	70	92	28	150	43
Tiamina (mg)	0,34	0,09	0,07	0,02	0,44	0,11
Riboflavina (mg)	0,05	0,02	0,03	0,01	-	-
Niacina (mg)	4,7	1,4	1,6	0,4	3,5	1,2

Fig. 3. Composição nutricional do Arroz (100g).

Adaptado de USDA s/d

¹ O teor de sódio no produto cozido é variável em função do teor de sódio da água e da adição de sal durante o cozimento.

O carboidrato do arroz é complexo, de digestão lenta e daí possuir um baixo índice glicêmico – IG, uma vez que a taxa de glicose liberada a partir de sua degradação é normalmente baixa, o que pode ser interessante para diabéticos e portadores de elevados índices de triglicérides. Um produto com alto IG, ou seja, com rápida entrada de carboidrato na corrente sanguínea, como no caso do arroz branco polido, pode ser interessante aos atletas, que necessitam metabolizar rapidamente as fontes de energia. Uma diferença é observada entre os IG dos produtos com baixa amilose, alta amilose e arroz parboilizado. O melhoramento genético pode utilizar esse fato para trabalhar o IG das variedades.

Índice Glicêmico

GRÃOS

milho-fubá	98 ± 1
arroz branco	81 ± 3
arroz-baixo teor amilose	126 ± 4
arroz - alto teor amilose	83 ± 5
arroz instantâneo	128 ± 4
arroz parboilizado	68 ± 4
mandioca	115 ± 9

Adaptado FAO 1998

O valor calórico do produto é similar ao apresentado por outros alimentos fontes de carboidratos como batata, milho, grãos, raízes. Por ser de origem vegetal, o produto é isento do colesterol, apresentando teor de gorduras reduzido.

DIVERSIDADE DE FORMAS DE PREPARO

O alimento não deve ser considerado apenas do ponto de vista nutricional, mas também do ponto de vista cultural e deve atender a certos preceitos básicos como:

- Hábito alimentar,
- rotina diária,
- prazer de comer (palatabilidade, apresentação e variedade),
- saciedade.

O arroz deve ser introduzido na dieta alimentar desde cedo. É preciso mudar a percepção do consumidor de que o arroz é um alimento que engorda. Atualmente a criança é levada a consumir *fast food*, batatas fritas e outros alimentos ricos em gorduras, em detrimento do arroz que, a cada dia, está perdendo mais espaço na mesa do brasileiro.

É preciso oferecer alternativas de preparo, combinações atrativas e divulgar suas interessantes propriedades nutritivas e funcionais para estimular o retorno ao consumo de arroz pelo povo brasileiro.

Diversificação de produtos

- Arroz de cozimento rápido,

- arroz enriquecido com vitaminas,
- arroz enlatado (sopas),
- arroz expandido ou inflado (cereais matinais),
- arroz de variedades aromáticas,
- farinhas à base de arroz (alimentos infantis),
- bebidas à base de arroz (sakê e sucos),
- amido de arroz (alimentícia, farmacêutica, cosméticos).

UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS

A utilização de produtos extraídos do arroz, como o farelo e o óleo, também merece destaque em função das suas características nutricionais.

Farelo

- Representa 8% do grão em casca e consiste na camada superficial do grão integral,
- obtido através do polimento do grão (umidade: 10%; proteína: 15%; gordura: 16-22%; açúcares: 3-8%; fibra: 8-12%),
- o conteúdo de fibras dietéticas é similar ao farelo de aveia, mas o teor de fibras solúveis é bem mais baixo,
- o farelo estabilizado apresenta propriedades (granulometria, cor e aroma) que facilitam sua adição em vários produtos como cereais matinais, pães, biscoitos, entre outros,
- contém, pelo menos 78% da tiamina, 47% da riboflavina, 67% da niacina e 80% do Fe,
- o óleo extraído do farelo de arroz apresenta propriedades antioxidantes.

Devem-se concentrar mais as pesquisas em subprodutos de arroz.

O farelo de arroz possui conteúdo de fibras menor ou igual ao do farelo de aveia e pode ser considerado como alimento funcional pelo Ministério da Saúde, ou seja, a presença de fibra solúvel apresenta propriedades terapêuticas, pois, uma vez retardando a absorção de carboidratos, pode auxiliar nos exames laboratoriais de glicemia, colesterol e triglicérides, especialmente em diabéticos. O farelo de arroz também pode ser considerado fonte vegetal de ferro e vitaminas no combate à anemia, por exemplo, apesar de a absorção de ferro não se comparar às fontes de origem animal.

ESTILO SAUDÁVEL DE VIVER

É importante orientar a população quanto aos hábitos alimentares e alertá-la sobre os perigos decorrentes de:

- Hábitos alimentares pouco saudáveis (dieta hiperprotéica e hipercalórica, pobre em carboidratos – fator de risco para doenças degenerativas),
- sedentarismo,
- estresse emocional,
- impaciência, intolerância,
- uso de álcool, fumo ou outras drogas.

Importância de estimular as pessoas a:

- Comerem adequadamente (dieta balanceada),
- praticarem exercícios físicos regularmente,
- procurarem fazer uso de técnicas de relaxamento para aliviar o estresse e a tensão,
- dormirem bem,
- reservarem tempo para o lazer com amigos ou com a família,
- evitem o uso de álcool e fumo,

É fundamental que se elaborem e divulguem programas de educação alimentar, pois muitos conceitos diferentes existem sobre o que seja uma “dieta saudável”.

Recomendações nutricionais

É de grande importância adotar uma boa conduta nutricional, cujos objetivos são:

- Controle metabólico,
- controle dos fatores de risco,
- redução da gordura corporal,
- manutenção do prazer de comer,
- qualidade de vida.

As recomendações nutricionais vigentes (Figura 4) indicam diretrizes de como a população deve organizar sua alimentação, visando a manter a saúde e prevenir doenças:

Carboidratos	> 50% do total de calorias diárias
Proteínas	10-15% do total de calorias diárias
Lípides	25-30% do total de calorias diárias
Ácidos graxos saturados	< 10% do total de calorias diárias
Ácidos graxos poliinsaturados	10-15% do total de calorias diárias
Ácidos graxos monoinsaturados	> 15% do total de calorias diárias
Fibras	25-30g diárias

Fig. 4. Recomendações nutricionais visando a prevenção de doenças crônico-degenerativas.

As orientações nutricionais baseadas nestas recomendações (Figura 5) identificam ações que devem ser priorizadas na escolha e consumo dos alimentos.

1. Tenha uma dieta nutricionalmente adequada pelo consumo de alimentos saudáveis;
2. consuma menos gorduras particularmente as gorduras saturadas;
3. ajuste a ingestão de energia e/ou atividade física para manter ou alcançar um peso corporal ideal;
4. consuma mais grãos (cereais), vegetais e frutas;
5. reduza a ingestão de sal;
6. beba álcool com moderação, se o fizer.

Fig. 5. Orientações nutricionais para a população.

Analisando as recomendações nutricionais, bem como as orientações advindas destas, verifica-se que o consumo de carboidratos deve ser incentivado, respeitando a devida proporção em relação ao total de calorias da alimentação diária e a proporção entre os diferentes tipos de carboidratos.

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) desenvolveu um guia para a escolha diária dos alimentos, conhecido por "Pirâmide Alimentar", com o objetivo de ajudar as pessoas na escolha do que e o quanto comer de cada um dos grupos de alimentos, conseguindo os nutrientes de que precisam sem exceder-se em calorias, gorduras, colesterol, açúcares e sódio.

É importante ingerir alimentos variados a fim de obter as vitaminas, os minerais, as proteínas e as fibras necessárias para uma dieta saudável. A pirâmide também enfatiza a redução da quantidade de gordura, porque a maioria dos norte-americanos ingerem muita gordura, especialmente a saturada.

A maior porção da dieta deve vir do grupo de alimentos apresentados na base da pirâmide: arroz, pães, cereais e macarrão. Esses alimentos contêm carboidratos complexos e são importantes fontes de energia, com baixo

aporte calórico. Na Austrália e, atualmente, nos Estados Unidos, o arroz é comercializado como um alimento saudável e rico em vitaminas e fibra. Este apelo é, particularmente, atraente aos atletas, pois o arroz proporciona um suprimento energético controlado, prolongado aos músculos.

O corpo humano gasta de 24 a 48 horas para repor o estoque muscular de glicogênio originado do metabolismo do arroz ingerido na dieta. Assim, o arroz funciona como um supridor energético de efeito prolongado e não apenas uma reposição rápida e efêmera da necessidade energética muscular. É por isso que os antigos sempre diziam que o arroz “sustenta” e é também por essa mesma razão que trabalhadores braçais geralmente consomem tanto arroz, comparativamente a carnes e verduras.

Grama por grama, os carboidratos têm metade das calorias contidas na gordura, e os nutricionistas recomendam que 50% ou mais das calorias ingeridas diariamente sejam oriundas de carboidratos. Assim, o USDA recomenda o consumo diário de seis a onze porções desse grupo de alimentos. Meia xícara de arroz cozido ou uma fatia de pão, por exemplo, correspondem a uma porção cada.

Existem alguns mitos a respeito do consumo de fontes de carboidratos, os quais levaram ao hábito de se ingerir dietas hiperprotéicas, que, apesar de estarem associadas ao emagrecimento, causam na realidade perda de massa muscular e de cálcio pela urina, podendo propiciar a instalação de osteoporose em adolescentes e doenças cardiovasculares. O pensamento de que se consumir arroz engorda é incorreto. Para exemplificar, uma mesma quantidade (100g) de arroz e batata cozida liberam igual número de calorias (109 calorias), com a diferença de que a batata contribui com o dobro em gordura. A idéia não está em reduzir ou inibir a ingestão de carboidratos, mas sim de açúcares.

As pesquisas em alimentos funcionais devem ser intensificadas, e muitas colocações a esse respeito ainda necessitam de comprovações. A título de ilustração, sabe-se que a farinha e o grão de arroz, utilizados no enriquecimento de mingaus e sopas, podem auxiliar no combate à desnutrição; a água de arroz pode ser benéfica no tratamento de doenças do trato intestinal, como diarréias; existem alguns poucos trabalhos com alimentos funcionais no tratamento de câncer de próstata e de mama. O arroz e seus subprodutos têm grande potencial de aplicações como medicamentos em terapias diversas.

Pode concluir-se que se alimentar-se de forma saudável merece a atenção de toda a população, visando a obter melhor saúde e conseqüente qualidade de vida. O ato de se alimentar é cultural. Devemos conhecer melhor os alimentos produzidos em nosso país e utilizá-los de maneira adequada, de acordo com as diretrizes elaboradas por órgãos oficiais e baseadas em evidências.

MODELAGEM EM ECOFISIOLOGIA: CONCEITOS BÁSICOS E APLICAÇÕES AGRONÔMICAS

Marcel de Raissac¹

Michael Dingkuhn²

Christian Baron²

INTRODUÇÃO

A ecofisiologia – etimologicamente proveniente da fusão entre a ecologia e a fisiologia - é a ciência que trata das interações entre os organismos vivos e o ambiente. Na área agronômica, onde essa ciência teve um grande impulso recentemente, trata das relações entre a cultura e o ambiente. Dois objetos de estudo podem ser considerados: (i) a planta, estruturada em órgãos que crescem sujeitos a sinergias e competições; (ii) a população, ou comunidade de plantas idênticas, crescendo em um mesmo local e competindo pelos recursos disponíveis.

A ecofisiologia interessa-se pelos processos fisiológicos elementares apenas para traduzi-los em fluxos de energia, de matéria e de informação, no sistema planta-ambiente. Dessa forma, a fotossíntese é considerada sob o ponto de vista do seu resultado no balanço energético e de carbono da planta ou da população, sem referência aos processos metabólicos elementares envolvidos. Do mesmo modo, o estresse hídrico é considerado pela redução ocasionada sobre os fluxos de água e de carbono no sistema solo-planta-atmosfera, ou pelo sinal radicular de ácido abscísico, fluxo de informação enviado pelas raízes à parte aérea, e que atua na regulação estomática.

A ecofisiologia é, por natureza, uma ciência interativa: os fluxos medidos variam ao longo do tempo e são interdependentes. Sua identidade foi estabelecida graças ao desenvolvimento recente da computação e do uso da modelagem. Por exemplo, no caso da fotossíntese, as curvas relativas à evolução da assimilação líquida, em função da temperatura ou da luz foram desde muito estabelecidas, em experimentos utilizando folhas ou fragmentos de folhas. Em compensação, a determinação do ganho diário de carbono pela planta, que é uma função das condições climáticas, da disponibilidade de água e minerais, da arquitetura da planta e da posição da folha, necessita de cálculos complexos, hoje possíveis graças ao progresso da informática.

Os primeiros modelos conhecidos foram os de balanço hídrico, concebidos por especialistas em ciência do solo e agroclimatologia, com o objetivo de

¹ CIRAD-CA, Programa Culturas Alimentícias, Avenue Agropolis
34398 Montpellier cedex 5, France

² CIRAD-AMIS, programa Agronomia, CIRAD, France.

quantificar o uso de água pelas culturas e planejar as irrigações. Evidenciou-se, com o uso desses modelos, que a qualidade de previsão dependia da capacidade em simular o funcionamento do solo e das culturas, de modo mais preciso do que com o coeficiente cultural K_c , cuja evolução no ciclo era pré-determinada. Era preciso simular melhor o desenvolvimento foliar com as variações dos fatores climáticos, hídricos e de nitrogênio. Assim, foi dado um maior enfoque à descrição e quantificação do processo ecofisiológico e criados vários modelos mecanísticos, para reproduzir analiticamente a dinâmica de funcionamento da planta ou comunidade de plantas. Esses modelos são representações simplificadas do sistema estudado e possuem complexidades variáveis, dependendo dos objetivos. Podem atuar ao nível da parcela, do estádio de desenvolvimento ou do ano, e considerar os fatores ambientais com solo e clima. Abaixo, alguns exemplos de modelos bastante conhecidos e utilizados:

- DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), plataforma de modelagem desenvolvida por equipe de pesquisadores americanos e holandeses, incluindo os modelos do tipo Ceres para os cereais (milho, sorgo, arroz) e do tipo Cropgro para as leguminosas (amendoim, soja, feijão). Outras culturas modeladas são tomate, mandioca e cana-de-açúcar.
- *Oryza*, específico para arroz e proveniente da escola holandesa de modelagem;
- *Stics*, modelo genérico desenvolvido pelo INRA na França, com possibilidade de parametrização para qualquer tipo de cultura;
- Sarra-H, modelo genérico, atualmente desenvolvido no CIRAD, e utilizado para milho. Originou-se do modelo de balanço hídrico, e é amplamente utilizado pela Embrapa, no Brasil, no zoneamento agroclimático das principais culturas de grãos.

À seguir, apresentaremos a estrutura desses modelos e analisaremos as suas principais funções, comparando-os quanto às diferenças na abordagem ecofisiológica. Considerou-se nessa abordagem apenas o estresse hídrico, mas vários modelos focam sobre estresses nutricionais ou doenças.

ESTRUTURA E FUNÇÕES DOS MODELOS MECANÍSTICOS DE SIMULAÇÃO DE CULTURA

Organização geral

O ponto central dos modelos é o módulo de crescimento, que simula os fluxos de carbono no sistema, tanto entre a planta e o ambiente (ganho de carbono pela fotossíntese, perda pela respiração) quanto dentro da planta (partição de fotoassimilados entre órgãos crescendo simultaneamente).

O crescimento da biomassa calculado é regulado por dois outros tipos de módulo (Figura 1): (i) o módulo fenológico, que tem papel estratégico,

dividindo o ciclo de desenvolvimento da cultura em fases sucessivas e determinando a duração de cada uma, conforme as condições ambientais; (ii) os módulos de estresses, de água, de temperatura ou de nitrogênio, que atuam como freios nas principais funções do sistema. Os fluxos de matéria considerados nos modelos são os de carbono, de nitrogênio e de água, em cada módulo relativo. Os balanços de nitrogênio e de água calculados resultam em fluxo de informação, que é enviada ao módulo de crescimento.

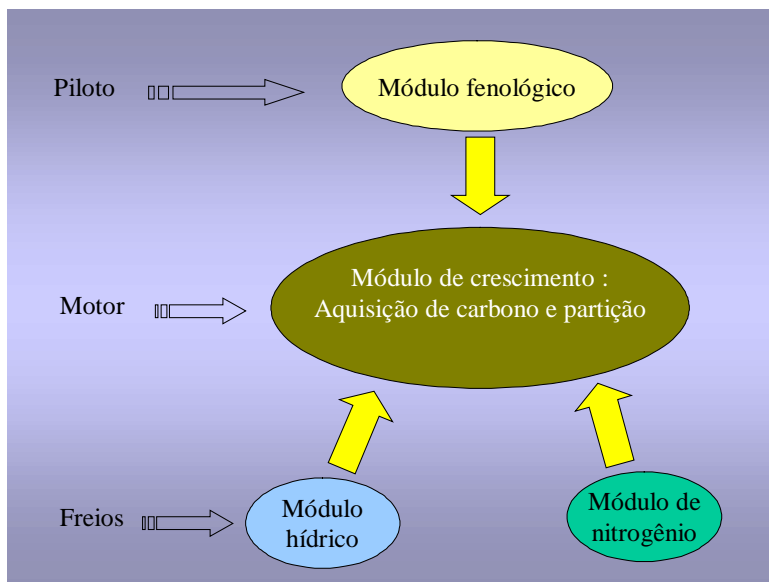


Fig. 1. Representação simplificada da estrutura dos modelos mecanísticos (em uma analogia ao automóvel)

O módulo fenológico

O módulo fenológico constitui o relógio fisiológico da planta, que estabelece o desenvolvimento do ciclo de vida, tais como seqüência e duração das várias fases de desenvolvimento, velocidade de aparecimento e desaparecimento dos órgãos, etc. Portanto, ele tem um papel principal na pilotagem trófica do modelo, abrindo e fechando fontes e drenos de carbono.

As fases do ciclo

Os modelos específicos para arroz, *Oryza* e Ceres, assim como o modelo Sarra-H para milho, dividem o ciclo de vida da planta em quatro fases de desenvolvimento:

- Fase vegetativa básica (BVP), em que a planta não apresenta susceptibilidade ao fotoperíodo, que vai do plantio ao início da próxima fase;
- fase vegetativa sensível ao fotoperíodo (PIP), que termina com a iniciação da panícula;
- fase reprodutiva ou de formação da panícula, que termina com o início do florescimento;
- fase de enchimento de grãos, que vai até a maturidade dos grãos.

O modelo genérico Stics decompõe o ciclo de forma diferente, com base na dinâmica foliar e não em mudanças fisiológicas ou eventos organogenéticos; define várias fases de crescimento da área foliar, lenta, acelerada, estabilizada e de senescência, e está focado na estimativa do balanço de carbono e nas relações fonte-dreno. O estágio crítico da transição da fase vegetativa para a reprodutiva não é tomado em conta pelo Stics.

A duração das fases

Numerosos trabalhos evidenciam uma correlação negativa entre a temperatura média do ar e a duração de uma determinada fase. Até uma dada temperatura, quanto mais esta aumenta, menor a duração da fase. Daí a hipótese, atualmente confirmada, de que a duração de uma fase depende da temperatura acumulada e não do número de dias ocorridos.

Nos modelos, três temperaturas críticas estão definidas e obedecem a uma função sigmoideal (Figura 2): a) temperatura de base (T_{base}), abaixo da qual ocorre inibição do crescimento; b) temperatura ótima (T_{ot}), que assegura velocidade máxima; c) temperatura máxima (T_{alt}), acima da qual ocorre inibição do crescimento. Para o arroz, valores típicos de 12-13 °C, 30 °C e 42 °C, para T_{base} , T_{ot} e T_{alt} , respectivamente, são geralmente considerados.

A temperatura acumulada pela planta é determinada diariamente, a partir dessa equação, que vai acrescentando os valores até que seja atingida a soma de temperatura que caracteriza uma dada fase. O modelo Ceres fornece uma lista de cultivares para as quais a duração das fases vegetativas e de maturação foram definidas. É interessante notar que a fase reprodutiva, de formação da panícula e diferenciação das espiguetas, tem a mesma duração, qualquer que seja a cultivar. Essa hipótese, provavelmente adequada para comparar cultivares do grupo *Indica* e *japonica* de *O. sativa*, merece ser reavaliada para o caso da *O. Glaberrima*.

As cultivares Ariete e Thaibonnet, insensíveis ao fotoperíodo, quando cultivadas em Camargue (Sul da França), apresentaram uma duração da fase vegetativa de, respectivamente, 579 e 729 graus-dia.

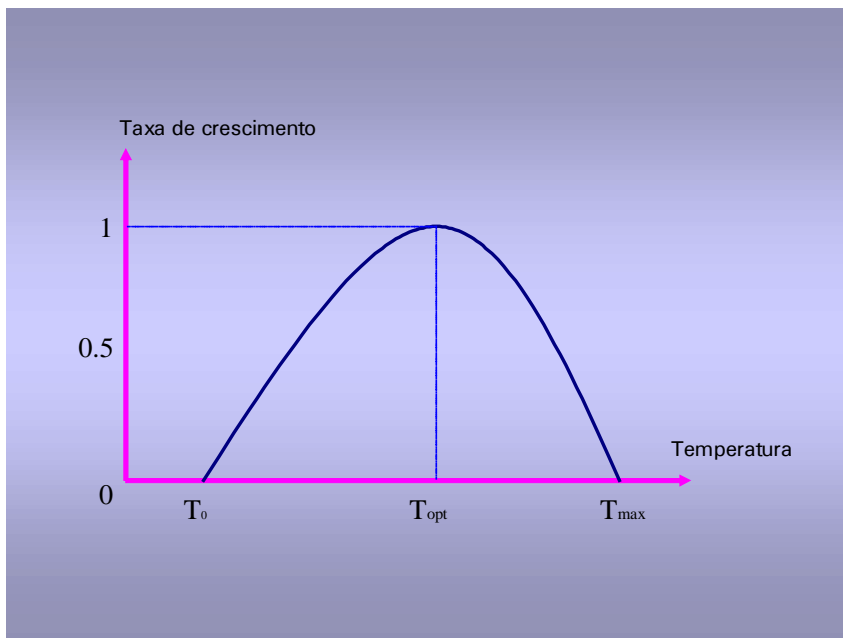


Fig. 2. Resposta da taxa de crescimento à temperatura.

Ao substituir o número de dias após semeadura (DAS) para expressar a duração de uma fase, pela soma térmica expressa em graus-dia, é possível aplicar o dado a qualquer ambiente. Para uma dada cultivar, a relação estabelecida em unidades térmicas num único local, permite simular as datas de florescimento e maturação para qualquer região de cultivo. Destaca-se assim uma função importante de modelagem, como fonte de economia e de precisão, depois de um investimento inicial necessário em estudos e material.

A duração da fase vegetativa pode também ser calculada de forma mais analítica, por meio do filocrono, parâmetro genético estável, definido como o número de dias decorridos entre a emergência de duas folhas consecutivas no colmo principal. Nesse caso, a duração é dada pela seguinte relação:

$$D = NF \times \varphi$$

onde :

D = duração

NF = número de folhas

φ = filocrono

Esta avaliação é muito trabalhosa, e porquanto o objetivo deve justificá-la. Esta mensuração foi feita por Tivet et al. (2000), na Embrapa Arroz e Feijão, em Goiás, com o objetivo de analisar de forma precisa a taxa de

emissão e de alongamento das folhas de três cultivares, sob três níveis de disponibilidade hídrica.

O fotoperiodismo

No arroz, planta de dias curtos, o efeito do fotoperíodo e a duração total da fase vegetativa podem ser avaliados pela equação de Major e Kiniry (1991), apresentada na Figura 3. Esta função é usada em Ceres-arroz para estimar três parâmetros: duração da fase vegetativa básica, valor crítico de resposta e susceptibilidade da resposta

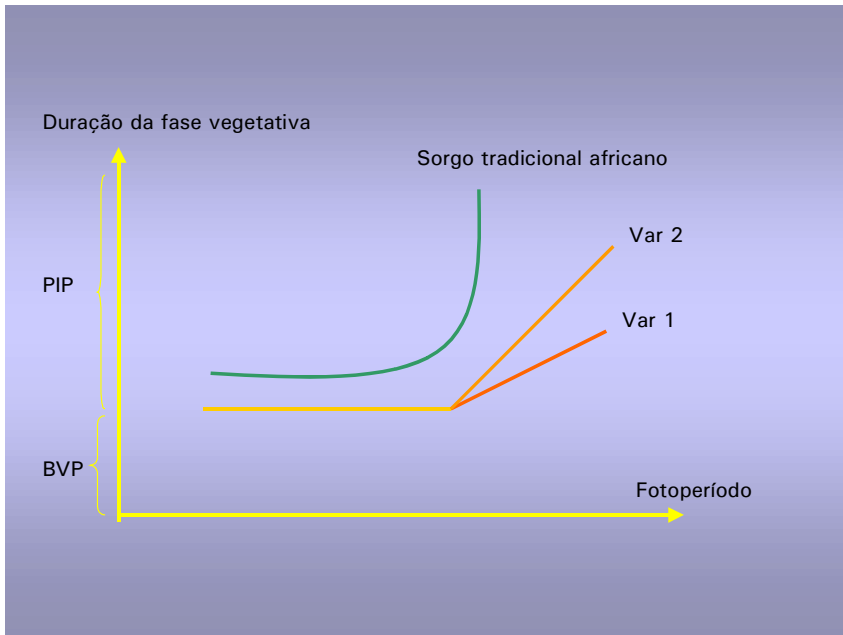


Fig. 3. Resposta do arroz e do sorgo ao fotoperíodo

Este tipo de resposta é comum, mas não é a única. No sorgo, por exemplo, dois tipos coexistem: o modelo quantitativo de Major e Kiniry e o modelo crítico (resposta do tipo tudo ou nada), presente em ecotipos tradicionais cultivados nas regiões equatoriais, onde a amplitude fotoperiódica é muito reduzida.

A temperatura

Na prática, o acúmulo diário de temperatura é calculado com base na temperatura mínima (Tmin) e temperatura máxima (Tmax) providos pela estação meteorológica. Com os modelos trabalhando no ritmo horário, é estabelecida uma relação para calcular a evolução diária da temperatura. A temperatura média do ar é uma variável de fácil acesso, mas a variável fisiologicamente relevante é a temperatura do meristema apical, sítio de multiplicação celular e de organogênese. Existem algumas equações que

permitem avaliar essa temperatura em função da radiação e do déficit de pressão de vapor (DPV).

O MÓDULO DE CRESCIMENTO

O módulo de crescimento simula a dinâmica diária da biomassa, em três etapas (Figura 4) :

- cálculo da radiação interceptada pela copa;
- estimativa da conversão da energia recebida em matéria seca;
- estimativa da partição de fotoassimilados entre os vários órgãos em crescimento.

A interceptação da luz

Essa etapa da simulação determina a fração da radiação solar que vai ser interceptada pela copa e utilizada na fotossíntese.

Os modelos utilizam como dado a radiação global recebida. Com comprimentos de onda entre 300 e 3000 nm, esta radiação é fornecida por estações meteorológicas, podendo ser calculada a partir da radiação extraterrestre recebida (função do dia do ano, da latitude e da longitude) e do albedo.

Apenas 48% da radiação global, no comprimento de ondas compreendido entre 400 e 700 nm, é ativa na fotossíntese. A fração da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura (PAR_i), é calculada pela lei de Beer:

$$PAR_i = RG \times 0.48 \times (1 - \exp(-k \text{ IAF})) = PAR \times \epsilon a, \text{ onde}$$

PAR , radiação fotossinteticamente ativa recebida;

PAR_i , radiação fotossinteticamente ativa interceptada (absorvida) pela cultura;

RG , radiação global recebida;

k , coeficiente de extinção

IAF , índice de área foliar;

$$\epsilon a = 1 - \exp(-k \text{ IAF}), \text{ eficiência de interceptação.}$$

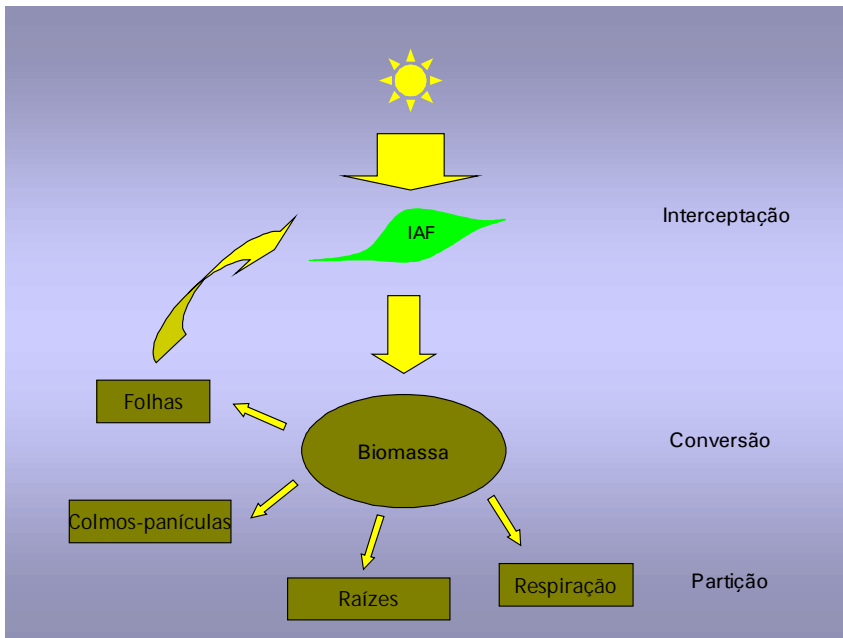


Fig. 4. Esquema simplificado do módulo de crescimento.

O coeficiente de extinção k tem papel importante no balanço de carbono, pois determina, para uma dada área foliar, a fração da radiação que será absorvida. É uma característica genética, ligada principalmente à arquitetura da planta, variando, para arroz, entre 0,4 e 0,7.

A conversão da energia em fotoassimilados

A segunda etapa do balanço de carbono consiste em converter a energia interceptada em biomassa. Essa conversão depende da eficiência da fotossíntese e da natureza dos produtos elaborados após a fotossíntese. A síntese de lipídios ou proteínas consome mais energia do que a síntese de carboidratos. Assim, segundo Penning de Vries et al (1989), são necessários 17,3; 22,7 e 37,7 kJ para a produção de 1 g de glicose, de lipídios e de proteínas, respectivamente.

Sendo a composição química dos cereais estável durante o ciclo e entre as espécies consideradas, uma simplificação admitida nos modelos é da equivalência global entre energia absorvida e matéria seca acumulada. A estimação do acréscimo de matéria seca é dada pela equação de Monteith (1977) :

$$\Delta BM = PAR_i \times \epsilon_b = PAR \times \epsilon_a \times \epsilon_b$$

onde:

- ΔBM , acréscimo de biomassa,

- PAR, radiação fotossinteticamente ativa recebida,
- PAR_i, radiação fotossinteticamente ativa absorvida,
- ϵ_a , eficiência de interceptação,
- ϵ_b , eficiência de conversão.

Nos modelos Ceres e Stics, o acréscimo calculado é líquido, ou seja, o ϵ_b inclui as perdas de energia (e massa) pelas respirações de manutenção e de crescimento. Mas, o ϵ_b refere-se ao aumento da parte aérea somente. Já no modelo Sarra, o ϵ_b é bruto e refere-se ao aumento total em biomassa, incluindo o sistema radicular. Esta particularidade permite ao modelo considerar melhor que o aumento progressivo durante o ciclo da respiração de manutenção seja proporcional à massa seca acumulada.

Enquanto os modelos consideram que ϵ_a necessita uma parametrização genética através do coeficiente k , o ϵ_b é uma característica de uma espécie, ou mesmo de uma família, sem variabilidade intra-específica. A literatura apresenta os seguintes valores (em g/MJ) para as principais plantas cultivadas :

- | | |
|---------------------------------|-----------|
| • árvores | < 1 |
| • palmeiras | 1,3 – 1,8 |
| • cereais C3 de clima tropical | 2 |
| • cereais C3 de clima temperado | 2,5 |
| • cereais C4 | 3,5 – 4,5 |

Os processos de cálculo da massa seca acumulada diferem pouco entre os modelos Ceres, Stics ou Sarra-H. Todos usam a equação de Monteith, considerando, sem distinção, o conjunto de folhas da copa como uma folha grande e única, que intercepta e converte a energia. Daí o nome de "modelos *big leaf*".

O modelo *Oryza* apresenta um processo de cálculo mais analítico e elaborado:

- a copa é dividida em várias camadas, cada uma com área foliar definida, cuja soma é o índice de área foliar (IAF);
- cada camada só recebe a fração da radiação não interceptada pelas camadas superiores;
- a fotossíntese bruta é calculada para cada camada em função da radiação, da temperatura, dos teores de nitrogênio das folhas e de CO₂ do ar (usando as curvas de resposta da fotossíntese a essas variáveis de ambiente);

- a respiração de manutenção e crescimento é estimada com base em coeficientes próprios a cada órgão, da temperatura e da massa seca acumulada;
- a respiração de crescimento é estimada conforme a composição do produto elaborado e com os coeficientes de transformação citados;
- o balanço calculado por unidade de área foliar e de tempo é integrado à cultura e ao dia.

Os processos de cálculo de *Oryza*, extremamente complexos não eram possíveis há alguns anos atrás e hoje são realizados graças aos progressos da informática e da metrologia. O desafio de acompanhar mais de perto os processos fisiológicos elementares dá, ao modelo *Oryza*, uma nuance mecanística, menos aparente nos outros modelos. Contudo, o risco de acumular erros, no espaço e no tempo, a cada etapa de integração, não é desprezível. Cabe revisar o modelo tendo em vista a finalidade que foi dada pelos criadores: apreender os fenômenos de competição entre a cultura e as plantas daninhas, que colonizam o espaço com especificidades diferentes.

A partição dos fotoassimilados

A última etapa do balanço consiste em direcionar os ganhos de carbono para os órgãos em expansão. Essa é a parte mais delicada, pois se o conhecimento do processo de aquisição do carbono se embasou em estudos na área de bioclimatologia (balanços de energia, interceptação pela copa) e de fisiologia (resposta da fotossíntese aos fatores do meio, medição das respirações de manutenção e crescimento), o conhecimento sobre o destino dos assimilados da fotossíntese é, até hoje, parcial.

Os modelos Ceres, Stics e *Oryza* reservam um percentual de biomassa para os vários órgãos em crescimento, de acordo com a fase de desenvolvimento, atuando portanto como o piloto do módulo fenológico. Dentro de uma fase, esta porcentagem pode evoluir, conforme mostra a Figura 5, no exemplo do modelo *Oryza* para o arroz.

Por trás dessa representação muito simplificada da realidade, uma questão-chave diz respeito ao crescimento do compartimento folha: o aumento da área foliar que determina o nível de interceptação e, conseqüentemente, de fotossíntese, deve ser ou não proporcional ao aumento em massa das folhas? Deve-se ligar ou desligar o acréscimo em massa ou em superfície? Os modelos fornecem várias opções, em função de diferentes hipóteses de funcionamento da planta.

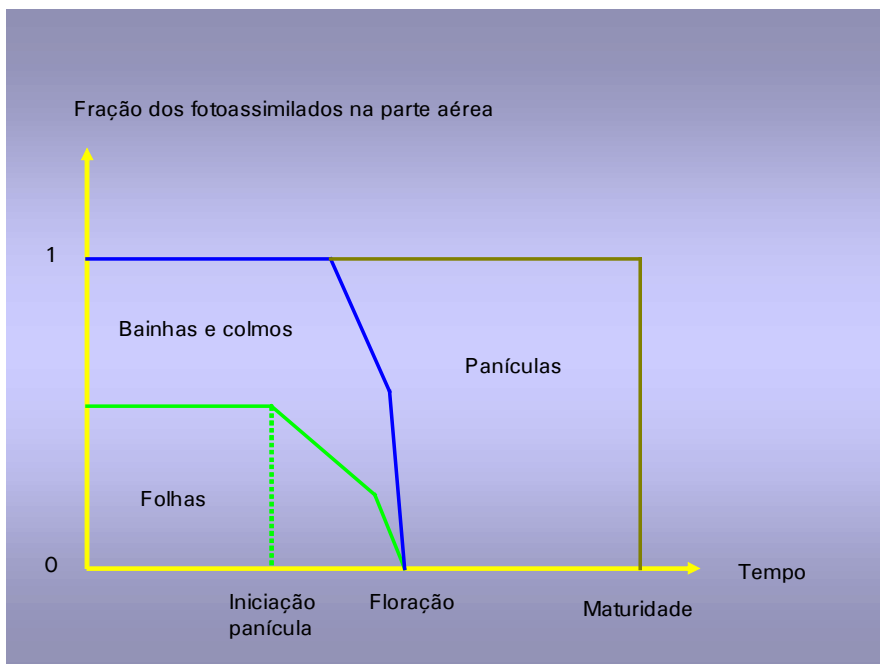


Fig. 5. Partição da biomassa aérea na planta, segundo o modelo *Oryza*.

Em Ceres e *Oryza*, o aumento do índice de área foliar (IAF) é calculado diariamente, pela multiplicação da biomassa destinada às folhas por sua área específica, caráter genético ligado à espessura da folha. Por sua vez, o modelo Stics monitora o aumento do IAF pela temperatura e densidade inicial da cultura, considerando o número de plantas e não sua área específica. O processo utilizado no Stics torna menos suscetível a uma subestimação ou superestimação da área foliar inicial. De fato, em Ceres e *Oryza*, qualquer erro de estimativa no início, vai aumentando dramaticamente com os dias: a área subestimada vai subestimar o ganho de carbono que, por sua vez, vai subestimar a fração de fotoassimilados que está sendo direcionado para o aumento da área. A questão reside, portanto, na base fisiológica de uma ou outra opção usada para os cálculos. Em Sarra-H, uma opção original é proposta, com bases fisiológicas mais explícitas: o acréscimo em biomassa das folhas é calculado da mesma forma, multiplicando a área específica pela biomassa das folhas. Por outro lado, a porcentagem de assimilados direcionados para as folhas evolui com a biomassa aérea total, e não com o tempo, conforme mostra a Figura 6.

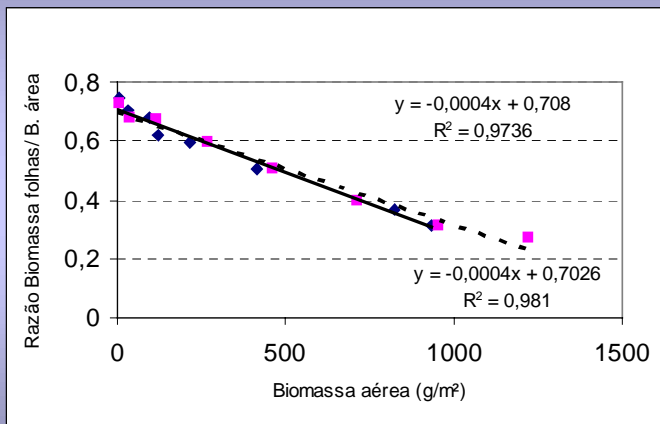


Fig. 6. Porcentagem de fotoassimilados direcionados para as folhas, em milho, com e sem deficiência hídrica, utilizando o Sarra-H

A partir da floração, a quase totalidade dos fotoassimilados é destinada ao enchimento dos grãos. Os modelos propõem, todavia, processos de cálculo que se assentam em hipóteses de funcionamento diferentes.

Em Ceres-milho, são introduzidos como parâmetros genéticos o número potencial de grãos por espiga e a velocidade máxima de enchimento. O número real de grãos a serem enchidos é deduzido da taxa de crescimento no início da fase. O enchimento obedece uma equação linear, em função da temperatura, com uma duração geneticamente determinada. A taxa de aborto aparece, assim, como fator limitante preponderante do rendimento.

Em Stics-trigo, o número de grãos formados é calculado em função da taxa de crescimento no período entre a iniciação da espiga e a floração. Após o florescimento, a velocidade de enchimento é fixada em função do número de grãos formados, independentemente da variedade. O rendimento é obtido multiplicando a velocidade pela duração da fase, caráter que apresenta variabilidade genética. Nesse caso, observa-se que a duração da fase tem papel preponderante na determinação do rendimento.

Em Sarra-H, um índice de colheita potencial é definido em função da taxa de crescimento entre a iniciação da panícula e a floração, de um modo similar ao modelo Stics. Após a floração, o aumento diário de biomassa determina o enchimento dos grãos durante um período determinado geneticamente.

O MÓDULO DE BALANÇO HÍDRICO

Esse módulo simula a dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera. Podem-se separar dois componentes principais: (i) o cálculo da evolução da reserva de água e a da satisfação das necessidades da cultura, área explorada pelos antigos modelos de balanço hídrico; (ii) o acoplamento com o módulo de crescimento pelo acionamento do freio, quando as necessidades não estão satisfeitas.

A oferta de água pelo solo

Ao contrário da radiação, a água é um recurso ambiental armazenável, que não é utilizada de imediato. Daí, os modelos costumam usar o conceito de reservatório: o solo é dividido em camadas que se enchem com a chuva ou a irrigação, até atingir um valor máximo, chamado de capacidade de campo, que desencadeia o transbordamento e o enchimento da camada inferior. Existem também outros modelos simulando os fluxos de água no solo e na interface solo-planta.

Em Sarra-H, três compartimentos de solo são considerados:

- camada superficial, com 20 cm de profundidade, em que se calculam os fenômenos de evaporação direta do solo e de escoamento;
- camada cuja profundidade desce juntamente com a frente de molhamento, e que fixa a profundidade máxima do sistema radicular;
- camada que acompanha a descida do sistema radicular.

É considerada como drenagem a água transbordando da camada mais profunda. A reserva útil de água para a planta é dada pela FTSW (Fraction of Transpirable Soil Water), fração de água do solo transpirável, definida por Sinclair e Ludlow (1986). A FTSW é um indicador do estado hídrico do solo que pouco difere da reserva útil, que toma conta da exploração incompleta das camadas profundas pelas raízes e que, conseqüentemente, faz evoluir o ponto de murcha permanente em função da profundidade.

A demanda climática e a evapotranspiração potencial

Em Sarra-H, a demanda climática é estimada pela evapotranspiração potencial E_{to} (segundo FAO), que não se refere mais à relva mas sim à fórmula de Penmann e integra apenas as variáveis climáticas, temperatura, radiação global, umidade do ar, velocidade do vento.

Usualmente, o E_{to} permite calcular a evapotranspiração máxima da cultura (ETM), com um coeficiente cultural K_c evoluindo durante o ciclo com o índice de área foliar:

$$ETM = K_c \times E_{to}$$

Em Sarra-H foram separadas a evaporação máxima do solo e a transpiração máxima da copa, definidas da seguinte maneira:

$$Tr_{max} = K_p \times E_{to} = K_{pmax} \times (1-LTR) \times E_{to}$$

$$Ev \text{ max} = K_e \times E_{to} = K_{e\text{max}} \times LTR \times E_{to}$$

Onde:

- $Tr \text{ max}$ - transpiração máxima da cultura;
- $K_{p\text{max}}$ - coeficiente máximo da variedade, ligado ao IF máximo;
- LTR - *light transmission ratio*, fração da luz transmitida;
- $Ev \text{ max}$ - evaporação máxima do solo;
- $K_{e\text{max}}$ - coeficiente do solo ligado a suas propriedades físicas e químicas.

Verifica-se que, nessa nova formulação, a transpiração e a evaporação máximas são atualizadas a cada dia, em função da área foliar medida ou simulada, e não a partir de um coeficiente K_c predeterminado em função do tempo.

O consumo real de água pela cultura

A questão é saber se a demanda de água, determinada pelas condições climáticas e o estágio de desenvolvimento da cultura, pode ser satisfeita pela oferta do solo.

Em Stics e Sarra-H, valores críticos de umidade do solo ou de FTSW provocam a redução da transpiração e/ou evaporação. A razão transpiração real/transpiração máxima obedece a uma função representada na Figura 7, e uma função idêntica é usada para calcular a evaporação.

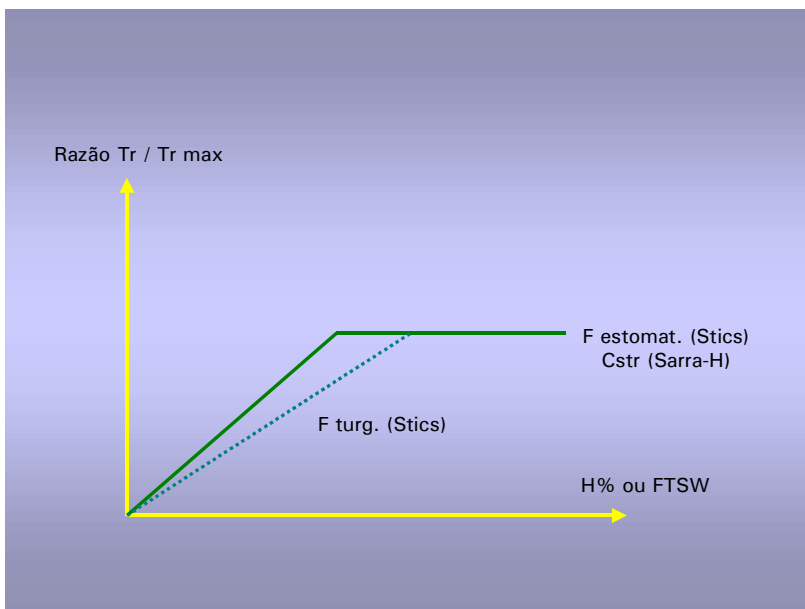


Fig. 7. Evolução da transpiração em função da disponibilidade da água no solo.

O balanço hídrico é atualizado diariamente com os abastecimentos (chuva, irrigação), as perdas (escorrimento, drenagem, evaporação) e o consumo (transpiração), que vão determinar o estado inicial do dia seguinte.

Ligação do módulo hídrico com o módulo de crescimento

O grau de satisfação das necessidades de água atua como sinal no motor de crescimento.

Em Sarra-H, a razão Tr/Tr_{max} variando entre 0 e 1 é usada diretamente como freio ao crescimento, reduzindo a eficiência de conversão ϵ_b . Dessa forma, o aumento de biomassa é reduzido e age na determinação da área foliar do dia seguinte.

Em Stics, uma função que traduz o efeito do estresse hídrico sobre os estômatos atua da mesma maneira para reduzir a eficiência de conversão, mas sem consequência na expansão foliar por serem processos independentes. Em compensação, uma função que traduz o efeito do estresse hídrico sobre o potencial de turgescência é introduzida e age no crescimento da área foliar. É interessante notar que essa desconexão entre a diminuição da fotossíntese e a expansão foliar está em conformidade com os antigos trabalhos de Boyer (1971) sobre resposta à seca.

ALGUNS EXEMPLOS DE APLICAÇÃO AGRONÔMICA DOS MODELOS

O zoneamento

Freqüentemente, nas regiões tropicais, a água constitui o fator mais limitante ao rendimento. Com o estabelecimento dos primeiros modelos de balanço hídrico, há cerca de 20 anos, foram realizados zoneamentos do potencial de produtividade das culturas em relação à disponibilidade de água. Podem citar-se os trabalhos conduzidos pela Embrapa e CIRAD, de zoneamento da cultura do arroz, utilizando os modelos BIP ou BIPODE, antecessores do modelo Sarra.

Esses modelos:

- calculavam a evolução da reserva de água no solo, com base na profundidade explorada pelas raízes e na capacidade de retenção de água do solo;
- calculavam um índice de satisfação das necessidades hídricas da cultura com base no coeficiente K_c característico de cada espécie;
- executavam as análises freqüenciais de chuva em séries climáticas longas.

Assim foram estabelecidos mapas de risco climático de acordo com o grau de satisfação das necessidades hídricas da cultura. A data de plantio e a

duração do ciclo da cultura revelaram-se fatores determinantes nos resultados – pois modificam a série climática - e foram objeto de estudo e de publicações destinadas a dar apoio ao produtor (Steinmetz et al., 1988). Atualmente, o módulo de balanço hídrico do Sarra ainda é utilizado em relação à previsão de risco climático. Assim, o modelo de balanço hídrico pode simular o grau de risco e quantificar a redução esperada da produtividade sem poder, contudo, avaliar o potencial produtivo da região.

Um exemplo pode esclarecer essa aparente contradição: o caso do arroz irrigado na Ásia. Em condições não limitantes de água, a produção é muito maior na estação seca do que durante a estação chuvosa, fato que os modelos de balanço hídrico não têm capacidade de simular. De fato, ao considerar-se uma cultura cujo ciclo, índice de área foliar máximo e índice de colheita são conhecidos, um só balanço hídrico não pode determinar a produtividade potencial, que é determinada pelas condições de temperatura e radiação solar. É preciso recorrer aos modelos de ecofisiologia, que demonstram que a diferença de produtividade entre as duas estações, sem variação notável na temperatura ou nas técnicas culturais, explica-se pela radiação recebida. Os modelos citados para o arroz (*Ceres-arroz* e *Oryza*) simulam muito bem esse fato.

Finalmente, é necessário dar uma hierarquia aos fatores limitantes da produção: primeiramente, a radiação e a temperatura que, juntas, estabelecem a energia recebida pela cultura (intensidade e duração da exposição) e daí o potencial; a seguir, a água ou o nitrogênio ou os minerais ou as temperaturas extremas, que podem exercer um estresse específico na região estudada e acionar o freio do crescimento e da produtividade. No caso das culturas de sequeiro, a água passa a ser, obviamente, o segundo fator limitante, pela impossibilidade de evitar o seu déficit.

A diagnose agrônômica

A estimativa do potencial, graças aos modelos, permite estimar um teto de produtividade, valor teoricamente possível, na ausência de qualquer estresse. Esse potencial é relativo a uma região climática homogênea, um período da cultura e uma espécie cultivada, ou até mesmo uma cultivar, quando o modelo tem parametrização varietal. Quando se mensura a diferença entre o potencial calculado e produtividade observada no campo, quantifica-se o efeito acumulado de todos os estresses aplicados à cultura, assim como a margem de progresso possível. Essa avaliação do desempenho da cultura é o primeiro passo da diagnose, sendo que o segundo consiste em identificar os estresses revelados pela análise.

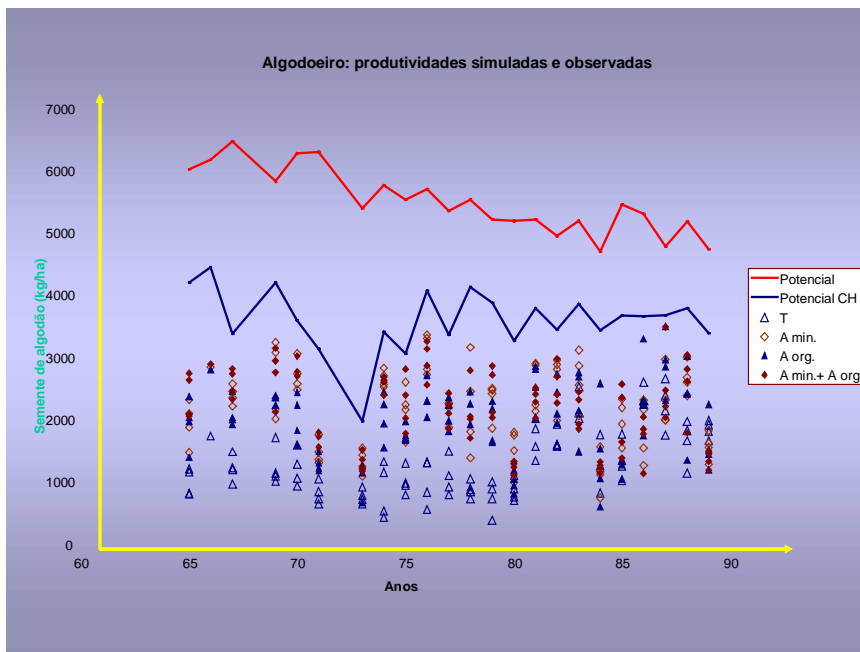


Fig. 8. Evolução da produtividade potencial e das observada, na cultura do algodoeiro, em experimentos de adubação de longo prazo (N'Tarlat, Mali).
 Legendas: CH: controle hídrico; T: testemunha sem adubação; A.min.: adubação mineral; A.org: adubação orgânica;

Um exemplo desse procedimento é dado pelo trabalho de Dureau (não publicado), com experimentos de adubação a longo prazo em N'Tarla, no Mali. Neste experimento, quatro tratamentos (testemunha sem adubação, adubo mineral, adubo orgânico, adubo mineral e orgânico) foram conduzidos em culturas de sorgo, algodoeiro, amendoim e milho, entre 1960 e 1989, com o objetivo de avaliar a evolução, a longo prazo, da fertilidade do solo nos tratamentos, bem como determinar os meios para manter um nível de fertilidade compatível com uma boa produtividade. A Figura 8 apresenta a evolução da produtividade potencial e da observada na cultura do algodoeiro, sob quatro tratamentos, em um período de 30 anos.

A análise mostra que:

- As produtividades potenciais decresceram de modo contínuo no período. Neste caso, não é a baixa da radiação *per se* que explica o fenômeno, mas o aumento da temperatura (pelo efeito estufa), que encurta o ciclo. Foi calculado que um aumento de 1°C induz uma redução de 5% na duração do ciclo, ou seja, uma perda de 1 t/ha de matéria seca sob radiação constante. No sorgo, a perda de rendimento equivale a 400 kg/ha para um potencial de 4 t/ha.

- A variabilidade inter-anual da produtividade é elevada e não tem relação explícita com a produtividade potencial. Em compensação, a “produtividade potencial sob controle hídrico” ajusta-se bem à evolução das produtividades observadas e explica mais de 50% da variabilidade.
- A diferença entre o potencial e o observado, sob controle hídrico, depende diretamente dos fatores limitantes sob os quais é possível intervir (fertilização, doenças, variedade).
- Não há, aparentemente, uma evolução à longo prazo (aumento ou decréscimo de produtividade de acordo com o tratamento) mas sim, uma interação tratamento x ano que deveria ser explicada pelas condições climáticas ou pelo manejo usado, levando a uma melhor definição das condições de uso de um nível de adubo. Vê-se, assim, que o modelo permite apontar à pesquisa os elementos inexplicados que merecem esclarecimento.
- Usando o módulo de balanço de nitrogênio, um mesmo tipo de diagnose pode ser realizado. Assim, Pinnschmidt et al. (1997), analisaram 600 parcelas de produtores nas Filipinas, na Tailândia e no Vietnã, usando o modelo Ceres-arroz para avaliar o potencial e o potencial sob controle do nitrogênio. Chegaram à conclusão que a deficiência de nitrogênio explicava a queda da produtividade, em relação ao potencial na Tailândia, mas não nos outros países, onde o déficit hídrico e as doenças eram os primeiros fatores limitantes.

Com arroz irrigado na África ocidental, Dingkuhn e Sow (1997) tentaram explicar a variabilidade espacial e inter-anual da produtividade, usando o modelo *Oryza-S*. Os resultados mostraram que as produtividades potenciais dependem primeiramente da duração do ciclo – dirigida pela temperatura, e, logo após, do índice de área foliar e da fertilidade das espiguetas. A diagnose realizada com a ajuda da modelagem permite orientar as pesquisas no melhoramento das técnicas de manejo (datas de plantio, datas e dose de adubação) ou nas características da planta a serem incorporadas num programa de melhoramento.

Finalmente, na diagnose com modelo, o procedimento utilizado é o de subtrações sucessivas: da referência absoluta – a produtividades potencial - retiram-se, um a um, os efeitos simulados de déficits de água e/ou de nitrogênio, para:

- avaliar a parte que cada um desempenha na lacuna de produtividade, isto é, na redução em relação à produtividade potencial;
- focar o resíduo, parte não explicada da diferença entre o potencial e o observado.

O suporte ao manejo da cultura

A diagnose realizada leva à busca das soluções técnicas que podem aproximar a produtividade observada do seu potencial. A recomendação de datas de plantio do arroz de terras altas no Brasil foi otimizada usando um modelo de balanço hídrico e séries climáticas regionais.

Uma outra aplicação possível diz respeito à interação água x nitrogênio. Em culturas de sequeiro, o déficit hídrico reduz o crescimento da cultura e diminui suas necessidades temporárias e acumuladas de nitrogênio. Ao contrário, todo excesso de chuva aumenta os riscos de drenagem e de perda de nitrogênio pela lixiviação. É difícil avaliar, empiricamente, as quantidades necessárias à cultura e as datas de aplicação do nutriente. A modelagem e a capacidade de cálculo dos computadores permitem, hoje, tratar essas interações, utilizando somente alguns dados simples, relativos à data de plantio, data de aplicação de nitrogênio, textura e profundidade do solo e os dados climáticos. O modelo, nesse caso, serve para testar os vários cenários climáticos e de práticas culturais (datas e quantidades aplicadas) na busca de uma otimização.

A definição do ideotipo de planta

O processo é o mesmo que o precedente, só que em vez de agir sobre o meio pelas práticas culturais, o objetivo é definir as características da planta:

- para ultrapassar os tetos atuais de produtividade;
- que lhe conferem melhor adaptação às condições de cultivo dadas.

No primeiro caso, deve-se citar o exemplo do "*new plant type*" do IRRI, que foi concebido com base nos trabalhos conduzidos pelos ecofisiologistas. Usando o modelo *Oryza*, testaram inúmeros parâmetros genéticos para identificar os que permitiam as maiores e as melhores combinações de valores desses parâmetros. Chegaram a definir uma planta ideal que:

- tem crescimento rápido da área foliar no início do ciclo;
- perfilha pouco;
- tem crescimento foliar reduzido ao final da fase vegetativa e durante a fase reprodutiva;
- armazena assimilados no colmo durante a fase reprodutiva;
- tem alto teor de nitrogênio nas folhas;
- tem duração longa da fase de enchimento do grão.

No segundo caso, a adaptação à seca fornece um exemplo interessante. Deve-se admitir que não há uma adaptação única da planta à seca, pois há infinidade de secas diferentes, segundo o total de chuvas, a duração e intensidade do déficit hídrico durante o ciclo, a época do ciclo em que ocorrem, etc.

Partindo de séries climáticas e de tipos de solo conhecidos, o modelo vai desenvolver simulações, variando os parâmetros genéticos aceitos pelo modelo: duração do ciclo e de cada uma das fases, índice de área foliar máximo, aprofundamento do sistema radicular e profundidade máxima, partição da biomassa na planta, área específica das folhas, sensibilidade dos processos fisiológicos ao estresse (Figura 7), até encontrar a combinação ótima.

Essa combinação define o ideotipo de planta, cuja utilização fica restrita às condições agroclimáticas definidas inicialmente. Mas a modificação de alguns parâmetros genéticos, como profundidade do sistema radicular ou índice de área foliar máximo, dão uma informação clara para o melhorista. Em compensação, uma função de estresse, fácil de ser estabelecida no computador, não tem aplicação se não se conhece a sua tradução em características da planta. Por exemplo, uma diferença na função entre cultivares, significaria que sob um déficit hídrico similar, o crescimento da área foliar não seria reduzido do mesmo modo. Existiria, então, uma susceptibilidade alta ou baixa da resposta da área foliar ao déficit hídrico no solo ou na atmosfera, que pode ser adaptada ao ambiente, por afetar, de maneira oposta e simultânea, a disponibilidade da água durante o ciclo e a capacidade de crescimento e rendimento.

Com o objetivo de explorar a variabilidade genética para essa resposta, um trabalho foi conduzido na Embrapa em colaboração com o CIRAD (Tivet et al., 2000). Foi verificado que existe uma variabilidade de resposta da expansão foliar nos colmos assim como da capacidade de perfilhamento, entre *Oryza sativa* grupo Indica e grupo japônica, e *Oryza glaberrima*, que pode ser usada no melhoramento, em função das saídas do modelo.

CONCLUSÕES

Os modelos aqui apresentados possuem em comum um objetivo, um objeto e uma escala espaço-temporal: representar, de modo simplificado, o funcionamento e o processo de produção de uma comunidade de plantas, crescendo num espaço definido (a parcela) durante seu ciclo de crescimento. Daí, os parâmetros e variáveis usados serem os mesmos (dados climáticos, índice de área foliar, fases do ciclo, etc) ou de mesma natureza (funções de estresse hídrico para reduzir a taxa de crescimento). Eles não são meramente mecânicos, pois misturam formulações matemáticas de processos fisiológicos conhecidos, com funções empíricas grosseiras. Em compensação, são determinísticos na medida em que um evento vai desencadear uma série de conseqüências e uma só, sem considerar probabilidades de ocorrência de um evento. Um modelo estocástico pode, por exemplo, definir a probabilidade de um perfilho carregar uma panícula, ou de regredir, conforme as condições do meio ambiente.

Contudo, os modelos descritos permitem uma síntese e uma estruturação de nossos conhecimentos científicos atuais, apontando os pontos fracos. O caso discutido da modelagem da expansão foliar é particularmente claro. Não se sabe precisamente de que modo o aumento do índice de área foliar responde aos vários fatores do ambiente e qual é sua relação com o metabolismo do carbono. Portanto, é necessário estimar esse mecanismo regulador chave do qual vai depender a produtividade potencial. Conseqüentemente, os modelos propõem formalizações distintas, que tentam simular, de forma mais aproximada, os resultados observados em algumas situações, mais do que reproduzir os processos envolvidos. Dando uma visão geral do sistema e apontando as lacunas, o modelo tem um papel relevante para definir as prioridades de pesquisa, o que pode ser considerada como a principal função da modelagem. Numa lógica cartesiana, a pesquisa deve alternar experimentos analíticos com elaboração de representações sintéticas do sistema estudado, através dos modelos.

Ferramenta de pesquisa, os modelos apresentados podem ter aplicações no manejo das culturas simuladas. De fato, os casos apresentados, de zoneamento, de uso na diagnose, ou de definição de caracteres fenológicos ou morfológicos da planta adaptados a diversas situações, exemplificam o uso atual e as limitações encontradas. Com as margens de progresso esperadas em nosso conhecimento do funcionamento da cultura, esses modelos se tornarão mais potentes e precisos no futuro e se tornarão, provavelmente, uma ferramenta rotineira para fitotecnistas e melhoristas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TIVET F., Da SILVEIRA PINHEIRO, B., de RAÏSSAC, M., DINGKUHN M.(2001). Leaf blade dimensions in rice. Relationships between tillers and the main stem. *Annals of Botany* 88 : 507-511.

PENNING DE VRIES, FWT, JANSEN DM, TEN BERGE HFM, BAKEMA A (1989). Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops. *Rudoc, Wageningen*, 271 p.

MONTEITH JL., 1977. Climate and efficiency of crop production in Britain. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 281 : 277-294.

BOYER JS, 1971. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potentials in corn and soybean. *Plant Physiol* (46) : 236-239.

PINNSCHMIDT HO, CHAMARECK V, CABULISAN N, DELA PENA E, LONG ND, SAVARY S, Teng PS (1997) . Yield gap analysis of rainfed lowland systems to guide rice crop and pest management. II "Applications of systems approach at field level. *Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.*

DINGKUHN M, SOW A (1997). Potential yield of irrigated rice in african arid environments. *Idem*

ESTRATÉGIAS DE MANEJO VISANDO AO AUMENTO DE COMPETITIVIDADE E SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO

Valmir Gaedke Menezes e Hector Ramirez¹

INTRODUÇÃO

O arroz é uma importante *commodity* na economia dos países latino americanos e do Caribe e contribui com cerca de US\$ 5 bilhões anualmente para a economia agrícola da região (Sanint & Gutiérrez, 2001). Para a grande maioria da população da América Latina e do Caribe, o arroz constitui-se no principal alimento, sendo que no Brasil é o responsável por 18% das calorias e por 12% das proteínas da dieta básica da população (Pereira et al. 1990).

A produção deste cereal, no Brasil, é originária, principalmente, das lavouras irrigadas do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) que, em conjunto, respondem por quase 60% da produção nacional, sendo que somente o RS contribui com cerca de 50%. A orizicultura gaúcha contribui com 2,3% do produto interno bruto do Estado (Langon, 2000).

A produtividade de arroz irrigado nas últimas décadas tem uma trajetória ascendente no RS, em virtude do uso de cultivares com alto potencial produtivo e do uso apropriado de insumos e tecnologias modernas (Figura 1). No entanto, ela está aquém do que poderia estar. O potencial produtivo das oito cultivares de arroz irrigado, lançadas pela pesquisa nas últimas décadas e cultivadas em mais de 90% da área, é superior a 8 t ha^{-1} , representando uma superioridade de 32% em relação ao obtido em nível de lavouras (Figura 2).

O censo da lavoura orizícola gaúcha, feito pelo IRGA no ano de 2000, mostra que em 10% da área cultivada e 16% do número de produtores produzem mais de 7 t ha^{-1} (Figura 3). Ou seja, em quase 100 mil ha da área orizícola do RS são produzidos 22,86% a mais que a média do Estado. Os dados deste censo revelam ainda que as altas produtividades são alcançadas em todas as áreas cultivadas com arroz e independem do tamanho da área (IRGA, 2002). Frequentemente encontra-se orizicultores produzindo 8, 9 e até 10 t ha^{-1} (Tabela 1). Os produtores cujas lavouras apresentam rendimento médio entre 5 e 6 t ha^{-1} produzem em parte de suas áreas o que é produzido nas melhores lavouras e bem próximo do que se obtêm nos campos experimentais. O mesmo pode ser observado para o Estado de Santa Catarina.

EEA/IRGA Caixa Postal 29, CEP 94930-030-Cachoeirinha-RS.
irgafito@via-rs.net

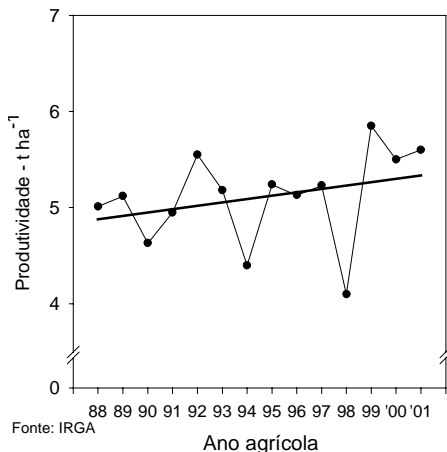


Fig. 1. Produtividade de arroz irrigado no RS, no período de 1998 a 2001, IRGA, Política Setorial, Cachoeirinha - RS, 2001. Fonte: IRGA

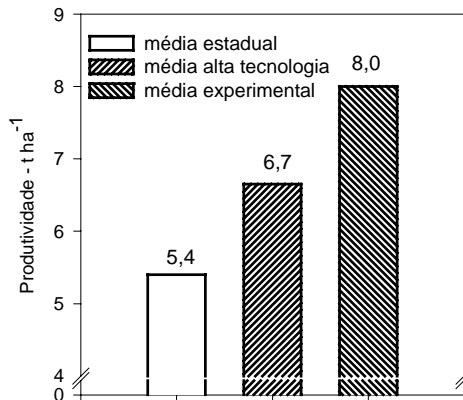


Fig. 2. Produtividade média de arroz irrigado no RS em lavouras de alta tecnologia e a nível experimental, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2001.

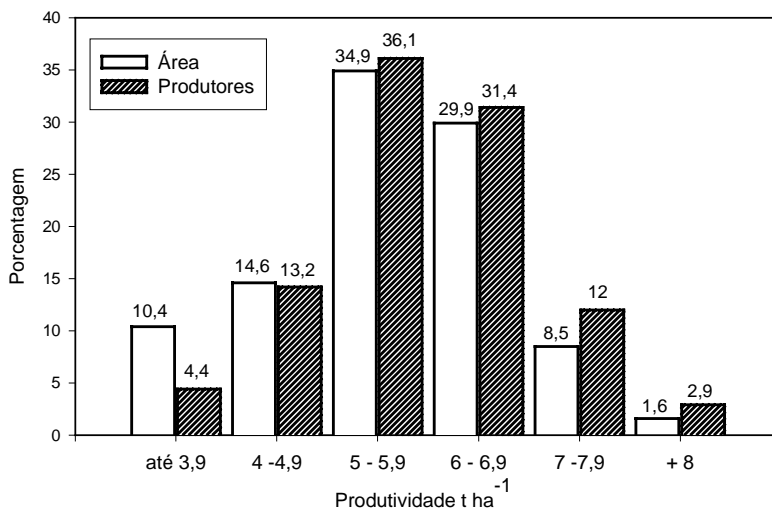


Fig. 3. Porcentagem de área e de produtores em função da produtividade de arroz irrigado no RS, IRGA/DATER, Porto Alegre, RS, 2002.

Tabela 1. Rendimento de grãos de arroz irrigado em diferentes lavouras de várias regiões produtoras do RS, safra de 2001/02. IRGA/EEA, Cachoeirinha-RS, 2002.

Produtor	Município	Cultivar	Área ha	Produtividade Kg ha ⁻¹	Média	
					Região	Município
A	S. Vicente do Sul	Irga 417	110	8.450	5.860	5.900
B	Charqueadas	Irga 417	24	10.316	5.172	5.550
C	Dom Pedrito	Irga 417	153	10.358	5.860	6.450
C	Dom Pedrito	El Passo 144	183	10.369	5.860	6.450
D	Sto. Antônio da Patrulha	IRGA 417 e IRGA 418	500	6.900	5.500	5.106
E	Dom Pedrito	Irga 418	65	8.820	5.860	6.450
F	Pelotas		5	7.153	4.500	5.200
G	Restinga Seca	Irga 419	2	8.064	5.898	6.012
H	Dona Francisca	Epagri 108	100	9.000	5.898	7.300
I	Uruguaiana	BR-Irga 410	87	8.900	7.139	5.590
J	São Gabriel	El Passo 144	70	9.412	5.860	5.970
L	Piratini	Irga 417	20	8.064	5.181	5.587

A análise acurada destes dados revela dois aspectos importantes. Em primeiro lugar, o potencial de produção das cultivares à disposição dos agricultores não é o limitante para se atingir um novo patamar de produtividade nas lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil. Com esta afirmação não se quer dizer que as cultivares de arroz disponíveis não tenham limitações. É necessário continuar buscando aumentar o potencial produtivo, qualidade de grãos, plantas resistentes à toxidez por ferro, às principais doenças e ao acamamento para o sistema pré-germinado. Além destes fatores, um dos maiores limitantes das atuais cultivares é a falta de tolerância ao frio, tanto na fase inicial de implantação do cultivo como na fase reprodutiva.

Em segundo lugar, se alguns orizicultores conseguem obter produtividades próximas ao potencial produtivo das cultivares, em toda a área cultivada ou em parte dela, é porque as práticas agronômicas para aumentar o teto de produtividade já estão desenvolvidas. Então, um dos problemas básicos é de transferência de tecnologia (Menezes, 2001). Isto não significa que não há muito que ser feito pela pesquisa em termos de manejo ou que se está transferindo a responsabilidade para o serviço de extensão e aos produtores. Mas, se não houver uma alteração das práticas utilizadas pelos orizicultores, os progressos em termos de rendimentos sempre estarão aquém daquilo que seria possível. Dificilmente ter-se-á um salto de produtividade, como se teve no passado, em função pura e simplesmente da utilização de novas cultivares de arroz. Além disso, o ritmo da adoção de novas cultivares de arroz irrigado pelos rizicultores nas décadas passadas não foi acompanhado das devidas mudanças, no que diz respeito às práticas agronômicas necessárias para atingir o potencial produtivo (Pulver, 2001 e Clampett, 2001).

TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

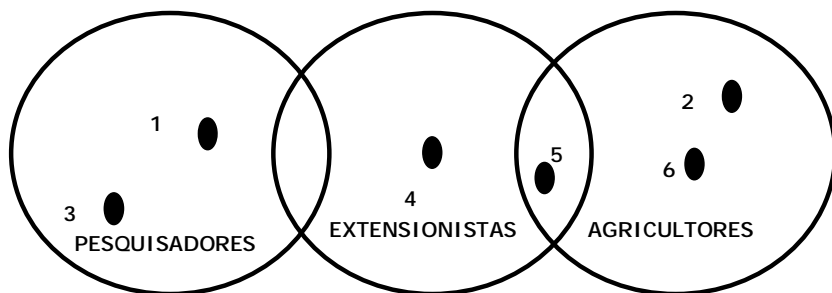
Partindo-se da premissa de que se tem cultivares de arroz irrigado e tecnologia de manejo para se produzir mais do que se vem produzindo, então quais seriam os fatores que estariam limitando a obtenção de uma produtividade mais elevada? Estudos da FAO, em 2000, em colaboração com o Fundo Latino Americano de Arroz Irrigado (FLAR), identificam a debilidade da transferência de tecnologia como uma das primeiras causas para a lacuna de produtividade nos países desta região (FAO, 2001).

Se os agricultores não adotam a tecnologia disponível, a responsabilidade é de quem está gerando e/ou difundindo esta tecnologia. A razão básica para o descompasso entre a tecnologia disponível e a adotada pelos agricultores está, na maior parte das vezes, na forma como são geradas e difundidas. De um modo geral, elas são geradas dissociadas da realidade dos produtores e sem a sua presença na identificação da demanda dos problemas mais importantes para as comunidades (Figura 4). Além disso, muitos dos estudos gerados nas estações experimentais têm dificuldade de serem adotados pelos agricultores face às dificuldades de adaptabilidade às diferentes realidades locais (Pulver, 2001 e Clappett, 2001).

A complexidade da agricultura de hoje no contexto da globalização exige um comportamento diferenciado da pesquisa. O agricultor tem muito a dizer aos pesquisadores e os seus conhecimentos práticos são complementares (Doll & Francis, 1992). A maior participação dos agricultores na identificação dos problemas e na busca de solução aumenta a probabilidade da pesquisa e extensão responderem de fato à demanda de adoção das novas tecnologias e recomendações geradas (Woolley, 1985).

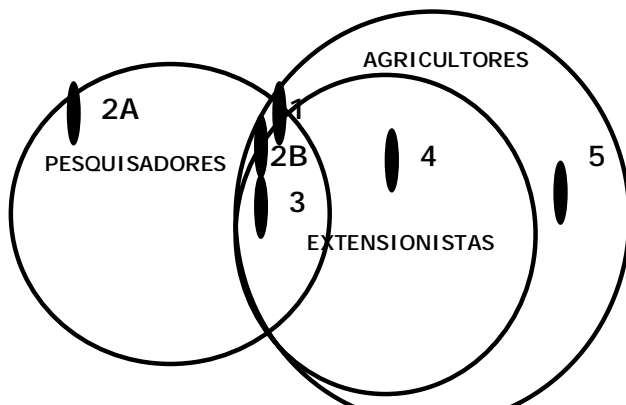
Ao longo dos anos a experiência tem mostrado que os produtores de arroz adotam com facilidade as novas cultivares de arroz liberados pela pesquisa. No entanto, o mesmo não se verifica em relação às práticas agronômicas (Sanint & Gutiérrez, 2001). A pesquisa e o serviço de extensão terão que identificar quais são as práticas limitantes e alterar o modo de difundí-las. Neste sentido, o trabalho em nível de propriedades será fundamental para que os produtores passem a mudar de comportamento.

FLUXO TRADICIONAL DE INFORMAÇÃO



1. A pesquisa inicia segundo idéias e princípios biológicos;
2. observa-se a possibilidade de usá-la em propriedades;
3. desenvolve-se a tecnologia na estação experimental;
4. passa a informação para o extensionista;
5. extensionista passa a informação ao produtor;
6. o agricultor prova-a em escala comercial e aceita (talvez).

NOVA SUGESTÃO DE FLUXO DE INFORMAÇÃO



1. Problemas dos agricultores se definem falando com eles e observando seus cultivos e circunstâncias;
- 2A. desenvolvem-se soluções nas estações experimentais...
- 2B. ou na própria propriedade;
3. adaptam-se e verificam-se as tecnologias nas propriedades;
4. seguem dias de campo e demonstrações;
5. o agricultor adota-a em escala comercial.

Fig. 4. Comparação de fluxos de informações entre pesquisadores e agricultores. Woolley, J. - CIAT, Cali, Colômbia, 1985.

PRÁTICAS AGRONÔMICAS

Por que os rendimentos de grãos dos produtores de arroz estão muito abaixo do potencial produtivo das cultivares do tipo moderno? A rápida adoção de genótipos de arroz irrigado com alto potencial produtivo durante os anos 70 e 80 resultou em rápido incremento na produtividade de arroz

nos países da América Latina e Caribe. Entretanto, práticas de cultivo mais adequadas para incrementar a produtividade não foram adotadas com o mesmo ritmo (Sanint & Gutiérrez, 2001). Atualmente, cultivares para alto rendimento ocupam mais de 90% da área cultivada com arroz, mas o rendimento obtido pelos produtores continua muito aquém do que é possível produzir com as cultivares disponíveis.

A obtenção de alto rendimento de grãos de arroz irrigado depende de vários fatores, alguns dos quais passíveis de controle e outros não. A interação desses vários fatores que atuam no sistema produtivo como um todo é que determinará o rendimento, a qualidade de grãos e o retorno econômico esperado. Portanto, não será a adoção de uma ou outra prática agrônômica isolada que alterará o atual patamar de produtividade.

Para as condições do RS, mesmo levando-se em conta a importância da ação conjunta das diferentes práticas agrônômicas, considera-se que a adequação da área (sistema de irrigação e drenagem, estradas, etc), época de semeadura, controle de plantas daninhas, manejo da irrigação e nutrição de plantas são as práticas chave para atingir altos rendimentos de grãos de arroz.

Época de semeadura

A época de semeadura deverá ser planejada não somente em função das temperaturas baixas durante a fase reprodutiva da cultura, como se faz atualmente, mas também como meta para alcançar uma maior produtividade, fazendo coincidir a fase de acumulação de fotoassimilados com os dias de maior radiação solar (Figura 4). Semeaduras tardias normalmente não proporcionam rendimentos tão altos quanto as semeaduras feitas mais cedo (Figura 5). A semeadura deve iniciar tão logo as temperaturas do solo sejam adequadas para a germinação das sementes.

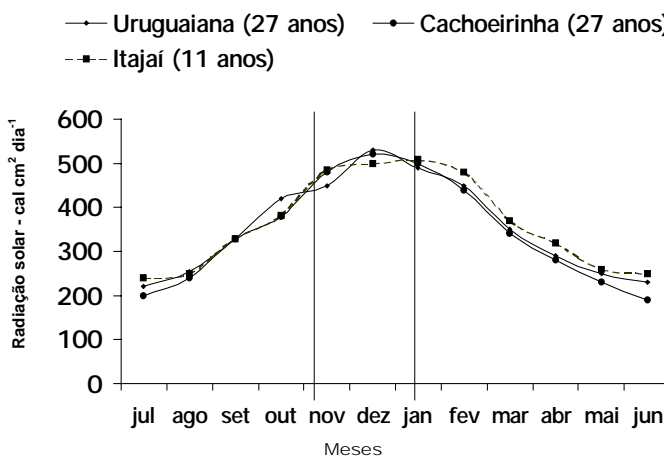


Fig. 5. Radiação solar incidente nos municípios de Cachoeirinha e Uruguaiiana no RS e Itajaí em SC. Eberhardt, D.S.; UFRGS, Porto Alegre, 2001.

Fonte dados primários: FEPAGRO e EPAGRI

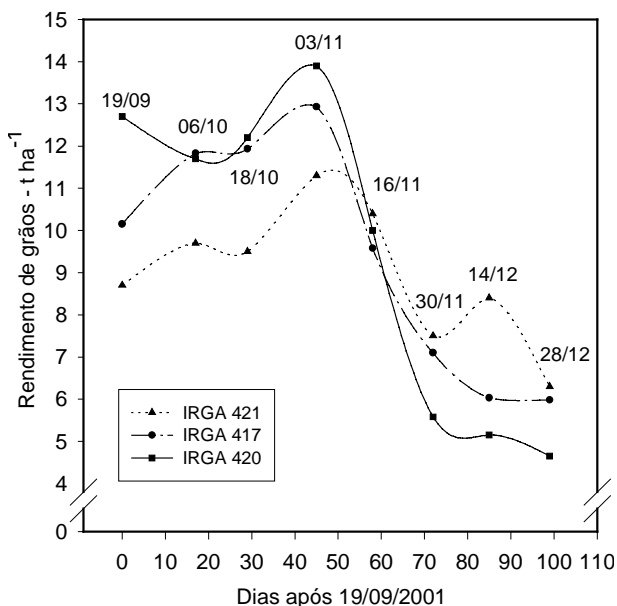


Fig. 6. Rendimento de grãos de cultivares de arroz irrigado em função da época de semeadura no município de Uruguaiana-RS. EEA/IRGA, 2002.

Baixas temperaturas do ar na fase de estabelecimento, durante os meses de setembro e outubro, ou na fase reprodutiva, nos meses de fevereiro e março, afetam negativamente a produtividade da lavoura gaúcha. Materiais genéticos com maior capacidade de tolerar o frio na fase de implantação do cultivo permitiriam antecipar a implantação das lavouras, possibilitando usufruir dos benefícios da temperatura e radiação solar dos meses de novembro, dezembro e janeiro. Além disso, cultivares com esta característica possibilitariam o alargamento da época de semeadura, minimizando os elevados investimentos necessários para semear a grande área cultivada com arroz no RS na melhor época.

Para a semeadura na época mais adequada é necessário contornar os problemas decorrentes da drenagem deficiente dos solos de várzeas devido às precipitações pluviométricas elevadas que ocorrem durante o inverno e a primavera. Para tanto, é preciso melhorar a drenagem das lavouras e adotar sistemas de cultivo que dependam menos das condições do ambiente para a realização da semeadura, tais como o pré-germinado e a semeadura direta.

Controle de plantas daninhas

Para alcançar os máximos rendimentos de grãos de arroz, as lavouras devem crescer livres de plantas daninhas desde o início. As lavouras de arroz irrigado do RS estão altamente infestadas por plantas daninhas. A

interferência destas é um dos principais fatores que limitam a produtividade e rentabilidade da cultura do arroz. Dentre as espécies daninhas, o arroz vermelho merece um destaque especial, por estar disseminado em quase toda a área cultivada com arroz no RS. As alternativas de controle desta infestante são somente parciais e estima-se uma redução anual de 1,2 milhão de toneladas por safra. Além dos prejuízos causados pelo arroz vermelho, sua presença não permite a adoção de determinadas práticas agrônômicas fundamentais para se alcançarem altos rendimentos com, por exemplo, a adubação nitrogenada. Para que o Estado altere o atual teto de produtividade é necessário reduzir a infestação de arroz vermelho de suas lavouras.

Com relação às demais plantas daninhas, na quase totalidade da área, os produtores utilizam o controle químico, e no mercado existem herbicidas eficientes. No entanto, como em muitas áreas os produtores atrasam o controle das plantas daninhas, o resultado é um custo maior com herbicidas, menor eficiência no controle e uma redução no rendimento de grãos. A época mais adequada para o controle de plantas daninhas é quando elas estão com três folhas, antes do estágio de afilhamento do arroz (Figura 7).

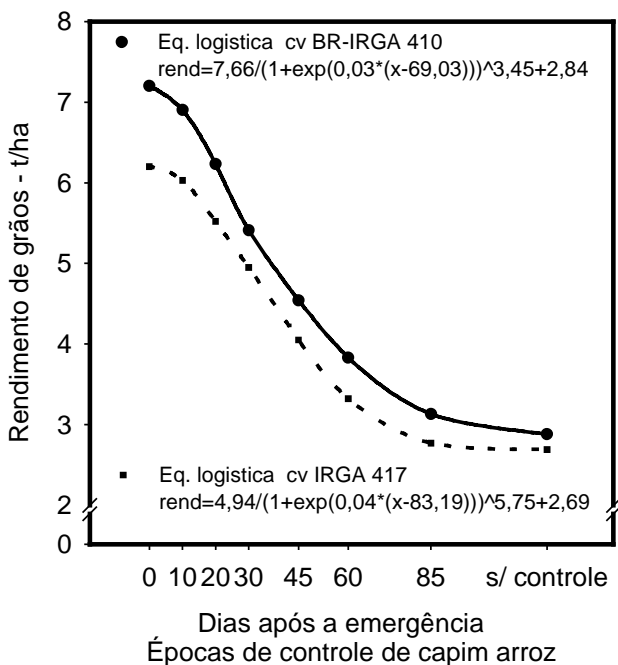


Fig. 7. Rendimento de grãos de arroz das cultivares BR-IRGA 410 e IRGA 417 em função de época de controle de capim arroz, na média de três anos. EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999.

Manejo da irrigação

De um modo geral, na lavoura de arroz do RS, o início da irrigação é atrasado. Além disso, os produtores costumam dar um ou dois “banhos” para o arroz aphilhar até o estabelecimento da irrigação definitiva. O atraso na irrigação interfere negativamente na produção (Figura 8). Os melhores rendimentos têm-se obtido com o início da irrigação logo após o controle precoce das plantas daninhas e quando as plantas de arroz tenham altura suficiente para suportar uma lâmina de água permanente (4-5 folhas) até a drenagem para a colheita (estádio grão pastoso). A irrigação, logo após a aplicação dos herbicidas, interage na sua ação, evitando o rebrote das espécies daninhas ou a emergência de novas plantas. Outro fator importante a ser lembrado é que a disponibilidade de nutrientes na solução do solo aumenta com a inundação (Tabela 2). Por isso, quanto mais cedo se iniciar a irrigação mais prontamente as plantas de arroz poderão usufruir deste benefício.

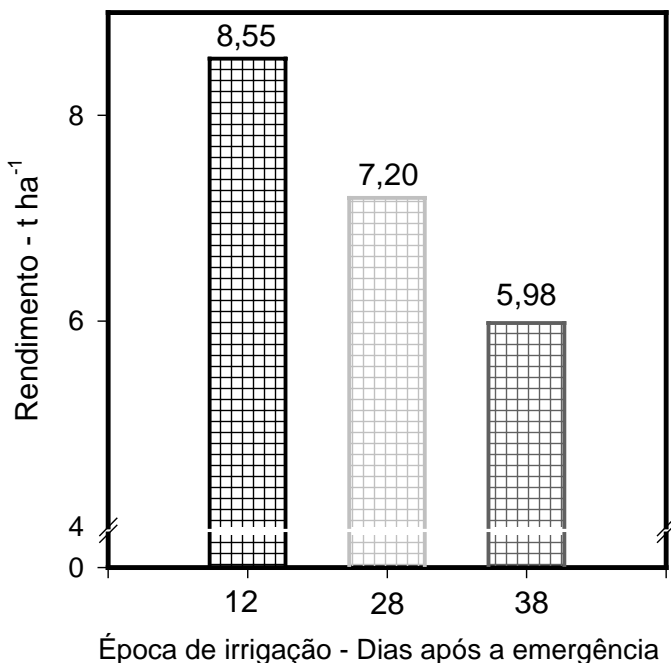


Fig. 8. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função do início da irrigação após a emergência do arroz, na média de cinco tratamentos com herbicidas EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998.

Tabela 2. pH e disponibilidade de nutrientes na solução do solo em função de diferentes períodos após o alagamento do solo (GLEISSOLO), EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 2001.

Dias após alagamento	pH	NO ₃	NH ⁺ ₄	Ca total	Mg total	K ⁺	Na ⁺
		-----mg/L-----					
0	5,0	3,3	2,3	16,5	4,6	11,8	10,8
2	5,0	1,4	1,9	17,6	4,9	12,6	11,4
5	5,4	<0,2	2,3	18,8	5,6	14,1	11,8
7	5,6	<0,2	3,6	22,4	6,4	16,6	13,0
10	5,8	<0,2	6,5	43,5	12,2	21,2	16,6
15	5,9	<0,2	10,0	60,7	17,0	22,7	22,8
17	6,0	<0,2	13,7	46,8	12,8	23,9	16,8
22	6,0	<0,2	16,8	60,5	16,9	25,2	21,6
29	6,0	<0,2	20,4	60,1	16,1	25,2	20,4
31	6,0	<0,2	19,5	54,1	14,6	21,6	19,0

Nutrição de plantas

Para que a lavoura de arroz irrigado do RS rompa o atual patamar de produtividade (5,4 t ha⁻¹), é preciso mudar a atual estratégia de adubação utilizada. Para uma adequada adubação, com o objetivo de atingir um patamar de 7 t ha⁻¹ ou superior, será necessário considerar, além da análise de solo, o histórico da área cultivada e a quantidade de nutrientes disponíveis e removidos pela cultura. Caso os nutrientes não estejam disponíveis ou estejam abaixo das necessidades das plantas, o potencial desejado não será alcançado.

Além disso, é necessário considerar a interação da nutrição de plantas com as demais práticas agrônômicas, tais como época de semeadura, controle de plantas daninhas e manejo de água. De um modo geral, as plantas daninhas utilizam melhor os recursos disponíveis do que as culturas. Por isso, se não houver um bom controle de invasoras, a resposta à adubação será baixa ou até terá reflexos negativos sobre a produção.

Tão importante quanto adubar é ter os nutrientes disponíveis nos momentos fundamentais para o desenvolvimento das plantas. Sempre que possível, deve-se colocar toda a adubação de base por ocasião da semeadura. Já a adubação nitrogenada deve ser feita, em duas aplicações, segundo os estádios de desenvolvimento da planta. O nitrogênio deve estar disponível para as plantas em quantidade suficiente nos estádios de desenvolvimento em que são definidos os componentes do rendimento. Após a definição do número de panículas e de espiguetas, esta prática será pouco eficiente. De pouco valem os investimentos em adubação se a semeadura não for na melhor época, o controle de plantas daninhas não for eficiente e houver atraso na irrigação ou a aplicação do nitrogênio fora das épocas mais adequadas. A adubação só terá resultados positivos se os demais fatores não forem limitantes.

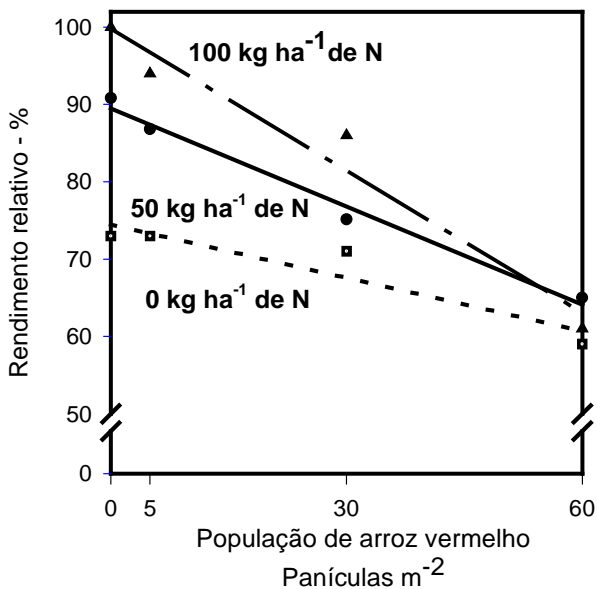


Fig. 9. Rendimento relativo de arroz irrigado em função da população de arroz vermelho e de níveis de adubação nitrogenada, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1997/98.

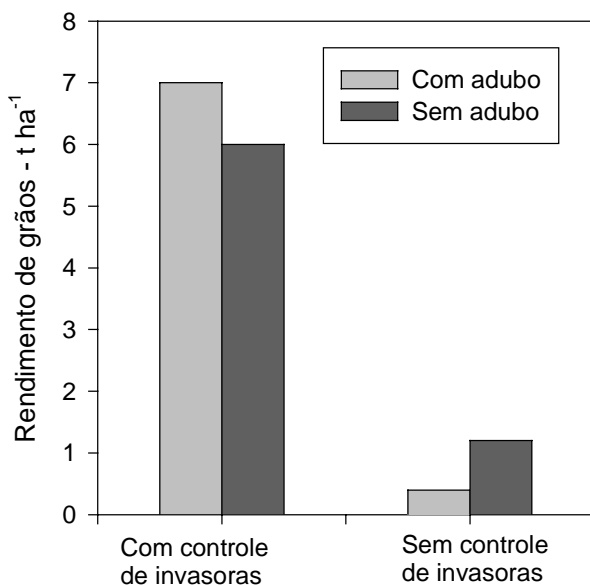


Fig. 10. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função do controle de capim arroz na presença e ausência de adubo, na média de três densidades de semeadura, adaptado de Bermudes et al., 1981.

Toda a estratégia de manejo, da mais simples à mais complexa, deve considerar os momentos fundamentais de definição dos componentes do rendimento e que, embora existam algumas práticas que interferem mais diretamente no desenvolvimento e crescimento da cultura, o resultado final é fruto da interação de todas elas – Manejo Integrado do Cultivo. O manejo integrado da cultura do arroz é uma estratégia de manejo que busca desenvolver, ao nível da propriedade, práticas culturais para a lavoura de arroz como um sistema total de produção. Isto resultará na adoção pelos produtores de tecnologias e de manejo mais adequadas e em rendimentos mais elevados (CLAMPETT, 2001).

PRODUTIVIDADE – COMPETITIVIDADE E SUSTENTABILIDADE

No mundo globalizado, mesmo aqueles setores da economia agrícola voltados para o mercado interno, como a produção de arroz, sofrem com as interferências das políticas adotadas por outros países, tanto no que diz respeito à compra de insumos como da concorrência através da entrada de produtos, muitas vezes com preços subsidiados. Por esta razão, se os orizicultores querem continuar na sua atividade, necessitam buscar competitividade similar à obtida pelos países que atuam neste mercado. Além disso, o setor arroseiro tem que ter a capacidade de competir com os outros setores agropecuários. Por exemplo, nas últimas duas safras, os investimentos nas culturas da soja e do algodão são mais atrativos que o cultivo de “arroz de sequeiro” na Região Centro-Oeste do Brasil.

Com as constantes crises vividas pela orizicultura, notadamente nas duas últimas décadas, os agricultores buscaram reduzir custos como uma forma de aumentarem a competitividade. Esta estratégia, para aqueles que não estavam com os custos ajustados, teve algum sucesso. No entanto, reajustados os custos de produção, o que fazer para aumentar a competitividade da lavoura? Certamente a melhor saída não será a redução de insumos que impliquem menor produtividade. Também não será a semeadura de grandes áreas com produtividades baixas. Os produtores com os melhores retornos econômicos, independentes de grandes, pequenos ou médios, são aqueles que estão com os custos ajustados e que têm uma produtividade alta. A análise dos itens do custo de produção do IRGA da safra passada revela que 60 a 70% dos itens deste custo não variam em função da produtividade (IRGA, 2002). Por exemplo, os custos com irrigação, herbicidas, sementes, combustíveis não são maiores se a produtividade for 5 ou 8 t ha⁻¹. Pelo contrário, se forem utilizadas as recomendações da pesquisa, é possível reduzir os custos desses itens. Pelas recomendações da pesquisa do IRGA, para incrementar a produtividade, o único item que teria os custos aumentados seria o de adubação. Outros itens que têm seus custos aumentados são uma decorrência da maior produção, tais como custo de colheita, transporte, secagem, impostos e taxas.

SUSTENTABILIDADE DA LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO

Ao recorrer-se à literatura, constata-se que para a expressão agricultura sustentável existem quase que literalmente uma centena de definições. Doll e Francis, 1992, consideram que a melhor definição de agricultura sustentável é aquela que, com o passar do tempo, não promova o esgotamento dos recursos naturais e dos agricultores. Entretanto, mais que uma definição precisa acerca de agricultura sustentável, o que se precisa entender é que há a necessidade de melhorar a produtividade, conservar os recursos e proteger o ambiente.

Sem dúvida, a prática da agricultura acaba por causar impacto nos ecossistemas naturais, assim como qualquer outra atividade do homem na face da terra. No entanto, a visão de que o segmento agrícola é o grande vilão da erosão dos recursos do ambiente tem gerado fortes atritos e poucos avanços na busca de uma agricultura sustentável. A descoberta de sistemas socialmente aceitáveis, que sustentem os produtores e as comunidades rurais e urbanas, deveria ser o foco de discussão da sociedade em geral, pois com certeza não haverá agricultura sustentável com práticas agronômicas “agressivas” ao ambiente, nem com agricultura de baixa produtividade ou com agricultores pobres e incultos (Doll & Francis, 1992).

Com relação à lavoura de arroz irrigado, é necessário incrementar os estudos básicos para definir com clareza quais são os pontos de estrangulamento. No entanto, já há trabalhos que demonstram existirem algumas práticas agronômicas que podem ser utilizadas pelos orizicultores para reduzir o impacto da lavoura de arroz. Por exemplo, a não aspersão de pesticidas na lâmina de água, a aplicação de doses mínimas letais e manutenção da lâmina de água até o final do ciclo para evitar as perdas de solo e nutrientes, principalmente no sistema pré-germinado, e contaminação por pesticidas, que persistem na água até ao redor de 30 dias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transferência de tecnologia é um dos maiores entraves para a redução da lacuna de produtividade na lavoura de arroz irrigado;

- O manejo integrado da cultura do arroz irrigado, considerando a lavoura como um sistema total de produção, é uma estratégia que permite aos produtores aumentar os rendimentos e reduzir o impacto ambiental causado pela sua atividade;
- o envolvimento da pesquisa, extensão e produtores, como sujeitos no processo de geração de tecnologias e conhecimento, é fundamental para a busca de maior sustentabilidade econômica e ambiental da orizicultura;

- não haverá agricultura com práticas agrônômicas “agressivas” ao ambiente e nem com baixa produtividade e agricultores pobres e incultos;
- o maior desafio dos orizicultores será produzir a maior quantidade de alimento com o menor impacto ambiental possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLAMPETT, W.S. Integrated crop management for improving rice yields – The Australian ricecheck Extension model. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24, 2001, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 863-865.
- DOLL J.D.; FRANCIS, C.A. Participatory research and extension strategies for sustainable agricultural systems. *Weed Technology*, 1992, v. 6, n. 2, p. 473-482.
- FAO. Expert consultation on yield gap and productivity decline in rice production: conclusions and recommendations. *International Rice Commission Newsletter*, 2001, v. 50, p. 73-77.
- IRGA. Caracterização da lavoura de arroz irrigado, safra 1999/2000. Censo 1999 /2000. Disponível: <http://www.irga.rs.gov.br/revista.html> (15 nov. 2002).
- IRGA. Custo de produção ponderado – safra 2001/2002 - versão comentada. Disponível: <http://www.irga.rs.gov.br/dados.htm> (15 nov. 2002).
- LANGON, A. Arroz é a base econômica da Região Sul. *Lavoura Arrozeira*, 2000, v. 51, n. 434, p. 35-37.
- MENEZES, V.G. Limitantes para alcançar altos rendimentos de grãos de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24, 2001, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: IRGA, 2001, p. 888-894.
- PEREIRA, P.A.A.; PINHEIRO, B. de S.; et al. Rice in Brazil. *International Rice Commission Newsletter*, 1990, Roma, v. 39, p. 241-248.
- PINHEIRO, B. da S.; RANGEL, P.H.N.; CARMONA, P.S.; MARTINS, J.F. da S. Yield gap in irrigated rice production in Brazil. *Italia: FAO - International Rice Commission*, 2000. 16 f. Separata de: Expert consultation on yield gap and productivity decline in rice production, 5-7 set. 2000, Roma, Italia.
- PULVER, E.L. Brecha de rendimiento de arroz en América Latina y la región del Caribe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24, 2001, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 885-886.
- SANINT, L.R; GUTIÉRREZ, N.F. Agricultura siglo XX y arroz siglo XXI: una mirada desde América Latina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24, 2001, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 839-862.
- WOOLLEY, J. La evaluación varietal a nivel de finca. *Colômbia: CIAT – Programa de Fríjol*, 1985 30 f. 1985, Cali, Colômbia.

MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS NO SÉCULO 21: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

E. A. "Short" Heinrichs¹

INTRODUÇÃO

Ao longo da história, produzir alimentos foi a ocupação primária da maioria da populações do mundo fato que, na atualidade, remanesce em muitos países (Mannion, 1995). Porém, esta situação está mudando rapidamente em alguns países. Em 1860, mais que 50% da população nos EUA, estava envolvida em agricultura, mas hoje só tem aproximadamente 5%. Em outros países industrializados esta porcentagem é até mesmo mais baixa. As mudanças no número das pessoas envolvidas em agricultura resulta de um aumento na produtividade da terra, do trabalho e do uso de produtos desenvolvidos pela indústria. Há uma expectativa de aumento no rendimento do trabalho e do solo para a maioria das áreas agrícolas do mundo. Se estes avanços tecnológicos forem administrados corretamente, a produção de alimento para o mundo pode ser assegurada e o impacto negativo no ambiente reduzido, possibilitando o desenvolvimento de uma agricultura sustentável (CFS, 1993). Um enfoque integrado para o manejo de artrópodes, doenças e plantas daninhas deve ser um componente fundamental destes sistemas agrícolas sustentáveis.

A revolução agrícola e o desenvolvimento de sistemas agrícolas modernos aumentaram a necessidade de aproximação integrada global para o manejo de pragas. A agricultura tradicional foi até certo ponto sustentável mas com o crescimento de população e a urgente necessidade de alimento e fibra houve uma troca para uma forma mais 'moderna' de produção agrícola. A revolução agrícola mundial e a 'Revolução Verde', principalmente em arroz e trigo, tiveram muito êxito no rendimento crescente e na mitigação da fome mundial. Porém, houve muitos problemas inerentes em agricultura moderna e não tem tido, em muitas áreas, um enfoque sustentável.

"Agricultura moderna não é viável sem o controle eficiente de pragas, doenças e plantas daninhas, e desde o início da agricultura, há cerca de 10.000 anos, os agricultores vem enfrentando estes mesmos problemas" (J. Dekker (1991) Tropical Grassy Weeds).

¹Department de Entomologia, Universidade de Nebraska, Lincoln, NE, EUA...
ehinrichs2@unl.edu Funded por Embrapa.

Apesar das significantes mudanças e aumentos na produção agrícola no último século, em termos globais, a escassez de alimento continua a ameaçar o bem-estar do gênero humano. A população mundial dobrou a 6 bilhões nos últimos 40 anos e as projeções das Nações Unidas indicam que poderia atingir 10.7 bilhões em 2050. O maior crescimento dar-se-á nas regiões mais pobres e menos desenvolvidas. Com o crescimento da população, não só mais alimento precisará ser produzido como também haverá menos disponibilidade de área para cultivo terra. É necessário tecnologia nova para superar o déficit de alimento

NECESSIDADE DE UM MIP, ENFOQUE GLOBAL PARA PRODUÇÃO

Desde o começo da agricultura, os insetos, doenças e plantas daninhas causam problemas, mas sua coexistência com os cultivos resultaram em sistemas agrícolas tradicionais que geralmente mantiveram os danos minimizados. Porém, a intensificação da agricultura, que incluiu mudanças de cultivares, colheita e padrões de cultivo, criou condições mais favoráveis para a disseminação desses agentes contaminantes (Altieri 1993).

Interações de parasitas/hospedeiro são dinâmicas e influenciadas por muitos fatores, muitos dos quais envolvem a atividade humana. A obtenção de um melhor equilíbrio entre produção e a competição envolve o desenvolvimento de estratégias e táticas baseadas na compreensão das interações entre o ambiente e a população daninha.

Calcula-se que artrópodes, doenças e plantas daninhas podem causar perdas de cerca de 30% na produção potencial de alimento e fibra no mundo e que continua sendo o principal obstáculo no incremento daquela produção. Variações nas populações daninhas atestam a necessidade por programas de produção dinâmicos que incluam aproximações novas e modernas para o desenvolvimento e implementação de estratégias de MIP. Interações de parasita/hospedeiro são influenciadas por um miríade de fatores muitos dos quais envolvem a atividade humana.

A Revolução Verde e a agricultura moderna criaram um dilema no qual se acreditava que falta de alimento só pudesse ser evitada pela adoção de tecnologias, mas em alguns casos prejudiciais ao ambiente. Apesar do significativo progresso no desenvolvimento agrícola, a necessidade de aumento na produção de alimento e fibra continua inabalada. A situação é especialmente aguda na África onde crescimento da população continuará ocorrendo mais rapidamente do que o de produção de alimento por muitos anos, a menos que esforço seja feito para aumentar o crescimento agrícola.

O crescimento da população mundial é previsto estabilizar-se antes das 2050 em 11 bilhões, representando aumento de 100% em relação a 1998. Um progresso sociológico e econômico enorme necessita acontecer para permitir tal aumento e nossa habilidade para produzir alimento em quantidade suficiente e de qualidade apropriada, que permita sustentar um padrão aceitável de vida,

terá importância fundamental. Infelizmente, começaremos este século em desvantagem, enfrentando uma escassez global de alimentos . A freqüente escassez de alimentos em regiões em desenvolvimento serve para nos lembrar que, apesar de nosso nível atual de capacidade política e tecnológica, uma proporção grande da população se mantém no linear da insegurança de alimentar-se. A disponibilidade de alimentos pode ser elevada tanto pelo aumento das áreas de cultivo ou elevando os níveis de produtividade. Há um consenso geral de que, em escala global, a população crescente somente poderá ser alimentada pela agricultura intensiva.

AGRICULTURA MODERNA

O resultado da mudança do modelo tradicional para moderna foi tornar a agricultura mais intensiva, produzindo rendimentos mais altos por área e mais dependente de produtos químicos e outros recursos tecnológicos (Altieri 1987). A atividade também ficou mais cara, em razão da exigência de maquinaria e demais insumos que reduzem a carga de trabalho antes existente. Para permanecerem competitivos, os produtores foram forçados a tornarem-se mais eficientes, aumentando as áreas de cultivo que, por sua vez exigiam máquinas mais potentes, mais fertilizantes e mais pesticidas. Áreas antes ocupadas por pequenas propriedades com policultura foram substituídas em grande parte por fazendas maiores constituídas por monoculturas. Como nos E.U o número de fazendas no U. S. foi reduzido a metade desde 1950 e o tamanho das fazendas comuns duplicou. Atualmente, apenas 2 por cento de fazendas norte-americanas produzem 70 por cento dos legumes, 50 por cento de frutas e nozes, e 35 por cento dos produtos de avícolas.

Na transição de agricultura tradicional, para agricultura moderna, aconteceram várias mudanças significantes. Embora a intensificação de agricultura aumentasse a produtividade imensamente, também teve várias conseqüências potencialmente prejudiciais ao ambiente, variando desde a erosão do horizonte de solo fértil a contaminação da água potável pelos químicos utilizados no processo. Mas, tecnologia agrícola moderna também é responsável pela antecipação de "primaveras silenciosas". Tivessem as produtividades dos cereais permanecido as mesmas de 1950, em 1999 teríamos necessitado aumentar a área em quase 1.8 bilhão ha em vez dos 600 milhões usados para igualar à colheita global atual.

Revolução verde

É possível determinar exatamente onde a "Revolução Verde" em arroz cultivado começou. Foi na terceira planta, da fila 288 em um campo experimental operado pelo Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI) nas Filipinas. Foi lá que em 1963, o Dr. Henry Beachell, recentemente aposentado de uma próspera carreira de 32 anos como melhorista de arroz no Departamento norte-americano de Agricultura, encontrou exatamente o que procurava. O que Beachell localizou foi uma planta de arroz robusta e

de porte baixo; de ciclo precoce, que responderia mais efetivamente à aplicação de fertilizantes propiciando rendimentos maiores do que as variedades tradicionais. A planta era o produto de cruzamento entre uma variedade de Taiwan, de porte baixo e colmos firmes, com uma alta, da Indonésia. Foi designada IR8 porque fora o oitavo cruzamento realizado pelos cientistas do IIRRI. O que é a Revolução Verde? 'Revolução verde', é um termo que decorre do espantoso aumento nos rendimentos de grão dos cereais, ocorrido em muitos países em desenvolvimento que começou nos anos 60 - devido em grande parte ao uso de variedades geneticamente melhoradas. Nos anos setenta, foi bem aplicado o termo "revolução", pois as novas variedades, secundadas pelo uso de irrigação, fertilizantes e pesticidas, alteraram as práticas de agricultura tradicionais de milhões de fazendeiros do Terceiro Mundo. A Revolução Verde teve início em meados de 1940 quando os melhoristas de trigo no México desenvolveram variedades com ampla adaptação e capazes de converter água e nutrientes em rendimentos altos (Borlaug 1970). Antes dos anos noventa, quase 75 por cento de áreas de arroz asiáticas eram semeadas com estas variedades. O mesmo era verdade para quase a metade do trigo plantado na África, mais que metade do da América Latina e Ásia, - bem como cerca de 70 por cento do milho do mundo. Em termos gerais foi estimado que 40 por cento de todos os fazendeiros no Terceiro Mundo estavam usando materiais da evolução Verde, com o destaque para a Ásia, seguida pela América Latina.

A IR 8 foi a primeira variedade da Revolução Verde liberada na Ásia e embora de alto rendimento, era suscetível à maioria dos insetos e doenças. Como resultante, a produção entre as safras não era estável. Dessa forma continuaram os esforços para incorporar resistência às tensões bióticas e abióticas. Usando o IR 8 como uma base genética e cruzando-o com 13 variedades de procedências diversas, foi obtida a IR 36, uma variedade semi-anã que provou ser altamente resistente aos principais insetos e doenças. IR 36 é precoce (105 dias) comparada com a IR 8 (130 dias) com os tipos tradicionais (150-170 dias) e produz um grão longo e fino, preferido em muitos países asiáticos. A combinação destas características fez do IR 36 uma das variedades mais plantadas no mundo. Desde então, numerosas variedades, superiores a IR 36 foram desenvolvidas, ocupando atualmente cerca de 70 % da área cultivada com arroz do mundo. Essas variedades mais que dobraram a produção de arroz mundial, alimentando aproximadamente 700 milhões de pessoas, além do que as variedades tradicionais alimentariam. A maior disponibilidade de arroz também reduziu custos e melhorou a nutrição de milhões das pessoas.

A expectativa de vida em países menos desenvolvidos aumentou em 10 anos em duas décadas (passou de menos de 43 anos no início da década de 50, para mais de 53 anos no início da década de 70) O aumento é principalmente atribuível à nutrição melhorada. A ingestão de calorias aumentou, enquanto a população de consumidores de arroz estava

crescendo anualmente por mais que dois por cento, e a disponibilidade de terra para produção de arroz permaneceu estável.

Recentes tendências na produção de grão

Entre 1950 e 1990, produção mundial de grãos aumentou, em média, cerca de 2.6% por ano -- confortavelmente acima da taxa de crescimento da população em grande parte daquele período. Mas os aumentos começaram a reduzir e, entre 1990 e 1996, a produção aumentou só 0.7% por ano, já não se mantendo à frente do crescimento de população. Fatores naturais contribuíram para a queda na produção de grãos no mundo. Por exemplo, em 1987 houve inexistência de monção na Índia; também, em 1988 a seca e em 1993 as inundações, diminuíram a produção de milho nos EUA (houve uma diminuição 31% na colheita de milho nos EUA entre 1992 e 1993). Note-se que a produção total de grãos não diminuiu, mas a taxa do aumento na produção está diminuindo. Pode haver várias razões para a diminuição no crescimento da taxa de aumento na produção de grão que gradualmente podem se tornar importantes no correr do tempo.

Há numerosas restrições que limitam a produção de alimentos, forragens e fibra (Heinrichs 1988) que incluem, entre outras, água, terra, e pragas.

A água é um dos recursos cada vez mais escasso . Grande parte da irrigação é feita com a água retirada do aquífero, mas muitas vezes ela é retirada numa velocidade maior do que a de reposição. EUA, Índia, Líbia e Arábia Saudita dependem dessas fontes para irrigar grandes áreas. Terra é outro recurso também em crescente escassez pois em muitos países, as áreas disponíveis para tal já estão sendo cultivada. Em termos gerais, calcula-se que menos de 25% dos, aproximadamente, 14.900 milhões de ha no mundo são potencialmente produtivos e que só 9% seriam potencialmente altamente produtivos .

As pragas estão entre os fatores limitantes principais (Mengech e Saxena 1995) sendo que os sistemas agrícolas modernos contribuíram muito para isso (Dhaliwal e Arora 1996) Desde o começo de agricultura as pragas causaram problemas, mas a coexistência de pragas e cultivos resultou nos sistemas de agricultura tradicionais que geralmente mantiveram os danos minimizados. Porém, a intensificação da agricultura, que incluiu mudanças na colheita, cultivares, e padrões de cultivo, freqüentemente criou condições mais favoráveis para as pragas. Fatores que enfatizam a necessidade por um enfoque global no manejo de pragas são (1) deslocamento a longa distância de pragas e fitopatógenos, (2) introdução de pragas exóticas, (3) conseqüência ambiental e social do uso de praguicidas, e (4) mudanças nos sistemas agrícolas

Deslocamento de pragas e patógenos à distância.

Tanto os insetos (Heinrichs e Moleiro 1991) como os fitopatógenos se deslocam a longas distâncias. Pelo menos 100 espécies de insetos

parasitas de cultivos e árvores florestais foram relatados como de migração a longa distância. A maioria dos insetos só se dispersam dos locais de ovoposição ou habitats larvais para adquirir os suprimentos alimentares satisfatórios. Espécies migratórias representam o outro extremo, onde o deslocamento à procura de alimento pode cobrir centenas e, em alguns casos, até mesmo milhares de quilômetros. Algumas das espécies de insetos migratórias importantes incluem as seguintes:

Mythimna unipuncta na América do Norte e Europa

Agrotis ipsilon na América do Norte, Europa, África, Ásia, Australasia

Anticarsia gemmatalis na América do Norte

Choristoneura fumiferana na América do Norte

Helicoverpa zea na América do Norte

Pectnaophora gossypiella na América do Norte

Plutella xylostella na América do Norte, Europa, Ásia

Pseudoplusia nacludens na América do Norte

Cochliomyia homnivorax na América do Norte, África

Aphis craccivora na África

Sitobion avenae na América do Norte

Myzus persicae na América do Norte e Europa

Schizaphis grammaum na América do Norte

Empoasca fabae na América do Norte

Nilaparvata lugens na Ásia

Sogatella furcifera na Ásia

Bemisia tabaci na África

Oscnaella frit na Europa

Anthonomus greis na América do Norte e América do Sul

Nezara viridula na América do Norte

Locusta migratoria na África

Schistocerca cancellata na América do Sul

Schistocerca gregaria na América do Sul

Duas espécies de cigarrinhas encontradas nas áreas de cultivo de arroz na Ásia, a *Nilaparvata lugens*, geralmente conhecida como cigarrinha marrom (BPH), e a *Sogatella furcifera* (WBPH), só se alimentam de *Oryza sativa* (Heinrichs 1994). Tanto uma espécie como outra, representam insetos internacionais que migram de áreas tropicais para temperadas na Ásia Oriental, todos os anos (Kazushige Sogawa e Takahasi). As cigarrinhas são pragas mais severas nas áreas temperadas do norte por causa da falta de inimigos naturais nessa região. Assim, em contraste com os da Ásia tropical, os fazendeiros precisam tratar suas lavouras com inseticidas para prevenir a destruição da cultura.

Com relação a doenças, há evidência crescente de que surtos de doença podem ser causados pelo movimento de esporos a longa distância. A lista de fungos capazes de dispersar seus esporos a longas distâncias inclui alguns de alta patogenicidade, tais como *Helminthosporium maydis*,

Hemileia vastatrix, *Puccinia melanocephala*, *Melampsora spp*,
Mycosphaerella musicola, *Puccinia graminis f. sp. Triticis*, *Puccinia
recondite*.

Introdução de artrópodes, plantas daninhas e patógenos exóticos

Os meios de transporte modernos, a crescente atividade de importação e exportação, e a procura de variedades com maior produtividade aumentaram o intercâmbio de material vegetal ao redor do mundo. Desse intercâmbio resultou a introdução de pragas e doenças em países onde não existiam anteriormente. O isolamento desses artrópodes, vertebrados, fitopatógenos e plantas daninhas de seus agentes de controle natural resultou em que as espécies exóticas tornaram-se freqüentemente mais severas do que as nativas.

Remessas de ajuda em alimentos, companhias de exportação/importação e melhoristas têm sido responsáveis pela introdução acidental e involuntária de espécies exóticas. A distribuição de colheitas em regiões novas não só cria ambiente potencial para pragas exóticas como, por adaptação, espécies locais se transformam em novos problemas. Algumas doenças tropicais sérias surgiram pela adaptação de um patógeno de uma espécie nativa à uma cultura exótica.

Algumas das recentes introduções de pragas e patógenos exóticos em vários países incluem:

Prostephanus truncatus em milho, da América Central para a África

Hypothenemus hampei da África para América Central e Índia

Rottboellia cochinchinensis uma praga de cereais e cana de açúcar, do sul da Ásia para América Central

Pomacea canaliculata, de arroz da América Latina para o sudeste da Ásia

Anoplophora glabripennis, uma praga arbórea, da China para os Estados Unidos

Tilletia indica, de trigo, centeio e triticales, de Karnal, Índia, para o Paquistão, Iraque, Afeganistão, América Latina e América do Norte

Xanthomonas axonopodis do sudeste da Ásia para o Japão, África do Sul, Austrália, Ilhas do Pacífico e Américas do Sul e do Norte

Lissorhoptrus oryzophilus Kuschel dos EUA para o Japão

O gorgulho de água-de, nativo da América, é uma das principais pragas do arroz nos Estados Unidos. Foi detectado pela primeira vez no Japão, em 1976, em Aichi, e se espalhou rapidamente pelas regiões de cultivo japonesas. Acredita-se ser das primeiras espécies exóticas a se estabelecer no cultivo de arroz no Japão onde, em 1985, a área atingida chegou a

770.000 ha. O controle desta praga no Japão tem sido difícil. Em seguida o inseto invadiu as áreas de cultivo da Coréia e posteriormente de Taiwan.

Nenhum inimigo natural do gorgulho foi registrado no Japão. Foram recomendadas medidas de controle cultural como manejo de água, mas geralmente não foram aplicados por causa de problemas associados com a disponibilidade de água. Nenhum cultivar resistente está disponível e assim os fazendeiros japoneses de arroz recorreram ao controle químico. O tratamento com inseticida resultou em um expressivo aumento em produção e a intensificação de seu uso representa ameaça ao meio ambiente.

Mudanças nos sistemas agrícolas

Mudanças nos sistemas agrícolas intensificaram os problemas e aumentaram a necessidade de um enfoque racional no manejo das pragas, incluindo: a introdução de novas culturas que são altamente suscetíveis a pragas locais; aumento no número de espécies cultivadas por ano; aumento de densidade dos plantios; plantação de áreas grandes, contíguas em vez de áreas pequenas, isoladas; mudança de policultura para monocultura; aumento no uso de fertilizantes; e aumento no uso de pesticidas. Estas mudanças limitaram a sustentabilidade dos sistemas de produção modernos.

Introdução de novos cultivos

As pragas têm freqüentemente coevoluído com as espécies cultivadas que atacam o que se considera sistema coevolutivo. Porém, outros problemas constituem situações novas onde a cultura foi introduzida em uma área onde as pragas que evoluíram com espécies relacionadas, atacam a introduzida. Um exemplo de tal situação é o delphacideo do arroz *Tagosodes orizicolus* (Muir), nativo da América do Sul, que se tornou uma praga severa depois da introdução do arroz nas Américas do Sul e Central. Além de causar dano direto pela remoção da seiva de planta, é também um vetor de "hoja blanca", a doença virótica de arroz mais séria no hemisfério ocidental.

Existem também situações de "reencontro" entre hospede e hospedeiro, quando um parasita termina por seguir uma espécie deslocada para uma nova região. Tais situações podem acontecer depois de separações históricas como nos casos da cochonilha *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferero e do ácaro verde da mandioca, *Mononychellus tanajoa* (Bondar), que foram introduzidos acidentalmente da América do Sul na África, nos 1970, e separados do hospedeiro, de origem americana, durante aproximadamente 400 anos. Um exemplo posterior refere-se a uma praga do milho armazenado (*Prostephanus truncatus*) na América Central e México, que foi introduzida recentemente na África. Nos casos destas três pragas, a ausência de inimigos naturais e a falta de resistência de planta, resultaram

em surtos de incidência de consqüências devastadoras que causaram escassez de comida na Africa.

O movimento intercontinental de espécies cultivadas vem ocorrendo há cerca de 400 anos. Muitas pragas que coevoluíram com estas espécies de plantas se separaram. Para evitar deslocamento das pragas, sistemas de manejo, como a quarentena, foram desenvolvidos (Dent, 2000).

Intensificação cultivo

Muitas táticas empregadas para aumentar rendimento das culturas, como a mudança de um sistema equilibrado de 'subsistência ' para um sistema 'moderno', tendem a desestabilizar o equilíbrio (Dent, 2000). Assim sendo, as metas da intensificação agrícola estão sendo minadas por problemas de praga que são o resultado inadvertido daquele mesmo processo. A modificação nas comunidades vegetais, para atender as necessidades de produção de alimento e fibra, resultou em perdas severas causadas pelas pragas. Há ampla evidência de que a intensificação do cultivo foi responsável por mudanças nas populações das pragas. As respostas da praga às mudanças ambientais são dinâmicas e o que pode ser prejudicial a uma espécie pode dar novas oportunidades a outra, levando a alterações na incidência e composição das espécies. Características da intensificação da agricultura, incluem:

- Plantio de cultivares modernos de alto rendimento
- Aumento no número de cultivos por ano
- Aumento de densidade no plantio
- Cultivo em grandes áreas contíguas em vez de áreas pequenas e isoladas
- Mudança de policultura para monocultura
- Mecanização
- Aumento no uso de fertilizantes
- Aumento no uso de praguicidas

Cultivares modernas de alto rendimento

Cultivares da revolução agrícola apresentam elevado potencial genético para rendimentos, respondem a aplicações de fertilizante, são precoces e insensíveis a fotoperíodo para permitir 2-3 colheitas por ano e podem ter níveis mais altos de resistência a pragas que as tradicionais. O potencial para altos rendimentos é um fator importante na determinação do dano causado por pragas e subseqüentemente no cálculo de seus níveis econômicos. Em razão da alta resistência monogênica para pragas algumas cultivares, apresentam propensão para o desenvolvimento de biótipos que complicam as estratégias de manejo das pragas. Biótipos são populações de

insetos capazes de sobreviver causar dano em variedades que são resistentes a outras populações da mesma espécie de inseto.

Cultivo múltiplo

Na Ásia, o cultivo duplo ou triplo (plantando duas ou três vezes na mesma área por ano) e a semeadura contínua com sobreposição de cultivos, aumentam o crescimento da população de cigarrinha marrom e permitem gerações múltiplas de outras pragas. Não há nenhum espaço entre cultivo quando ocorreria uma escassez de hospedeiros para a praga. A Revolução Verde, em paralelo com projetos de irrigação e outras medidas culturais, propiciaram vários cultivos por ano e maior incidência de insetos.

Densidade de plantio

Uma forma de aumentar o rendimento das culturas é aumentar o número de plantas por ha, reduzindo o espaçamento entre plantas. Em geral, um aumento na densidade de plantio pode reduzir o número da praga mas em alguns casos, dependendo da praga, o número pode ser aumentado. Na Índia, a diminuição do espaçamento do arroz transplantado proporcionou um aumento no número de afilhos e de folhas por unidade de área mas aumentou a incidência de "Asian rice gall midge", *Orseolia oryzae*. Possível razão para esse aumento seria uma alteração microambiental (por exemplo umidade), que afetasse tanto a praga como seus inimigos naturais.

Monocultura e extensas áreas contíguas

A agricultura tradicional geralmente envolve o plantio simultâneo de várias culturas em pequenos campos. Frequentemente estes campos são rodeados de pastagens, florestas ou áreas de ervas daninhas. Estes sistemas são diversos em espécies de plantas e animais incluindo os inimigos naturais de pragas. Após a "Revolução Verde" dos 1950 e 1960, a produção agrícola, no mundo inteiro, mudou de fazendas familiares pequenas para grandes fazendas industriais. Avanços na hibridação e engenharia genética permitiram as fazendas comerciais escolher as características mais desejáveis, como aspectos vívidos e coloridos de apelo estético, e rendimentos muito altos.

Tal fato conduziu ao que é conhecido como "monocultura", a plantação em grande escala de uma única variedade. Enquanto a monocultura realmente permite ao fazendeiro produzir grandes cultivos que exibam características consistentemente favoráveis, também apresenta problemas inerentes a qualquer população geneticamente pequena.

Mecanização

A mecanização de agricultura tem em alguns casos causado mudanças em relação às pragas. Como um exemplo, a troca de transplante manual para mecânico no Japão permitiu antecipar o transplante e aumentar a densidade de plantas. Isto induziu a mudanças de hábito em algumas

espécies de inseto que se reproduzem na fase vegetativa do arroz. Durante os anos 60, aproximadamente 150,000 ha de arroz eram infestadas anualmente com o besouro de folha de arroz, *Oulema oryzae*. A área infestada aumentou para aproximadamente 600,000 ha na década de 70 depois da introdução do plantio mecânico. Além disso, o gorgulho de planta de arroz, *Echinocnemus squameu*, e *Hydrellia griseola* aumentaram a incidência no território japonês.

Fertilizantes

O aumento na fertilização nitrogenada foi um dos componentes principais para os altos rendimentos das cultivares modernas de arroz (De Datta 1981). Porém, o alto nível de nitrogênio é geralmente favorável a populações de pragas inclusive artrópodes, fitopatógenos e ervas daninhas. A influência de plantas mais viçosas nos insetos são maior sobrevivência, aumentando sua taxa de alimentação, fecundidade e velocidade de crescimento. Um estudo no efeito do nitrogênio no desenvolvimento da cigarrinha marrom, *Nilaparvata lugens*, em arroz na Ásia, indicou que o nitrogênio favoreceu crescimento de população de cigarrinhas, independentemente do nível de resistência na planta hospedeira.

Pesticidas

Resistência genética dos insetos a praguicidas e o processo de transformação pragas secundárias em pragas primárias, é uma característica da Revolução Verde e dos sistemas agrícolas modernos (Pimentel et al., 1991). A crescente resistência aos praguicidas é um problema cada vez maior. Em 1970, por exemplo, não havia nenhuma erva daninha conhecida com resistência a herbicidas, enquanto agora há mais de 273. Estima-se que, entre todos os tipos de pragas agrícolas e doenças, aproximadamente 1000 espécies estejam resistentes a pelo menos um praguicida. Hoje algumas pragas apresentam múltipla resistência, sendo algumas resistentes a todos os praguicidas legalmente aprovados para seu controle. Em 1999, foi estimado que a resistência de pragas a praguicidas custava à agricultura dos EUA aproximadamente \$1,5 bilhões entre custos de pesticidas e perdas de rendimento .

A resistência aos pesticidas aumentou por causa do uso intensivo de pesticidas (intensa pressão seletiva) e pela natureza variável dos próprios pesticidas (Dhaliwal e Heinrichs, 1998). Os pesticidas de primeira geração tinham múltiplos objetivos e era mais difícil para as pragas desenvolverem resistência a estes. Em contraste, praguicidas mais novos são freqüentemente e especificamente dirigidos à uma cadeia bioquímica, o que permite o desenvolvimento mais rápido de resistência. A maior especificidade de praguicidas modernos é uma tentativa para lhes reduzir o espectro de ação e assim minimizar seus efeitos ecológicos. Esta tentativa para resolver um problema acabou por criar outro problema; o esforço para fazer praguicidas de menor espectro torna mais fácil para pragas desenvolverem resistência a eles.

Os fazendeiros e fabricantes de praguicidas se engajaram em uma corrida com a evolução rápida das pragas. Muitas áreas do mundo de fato são vistas como "de risco" face a problemas de resistência a pesticidas, inclusive as de milho e batata nos EUA. Com a crescente resistência das pragas, a estratégia dos produtores é freqüentemente aplicar cada vez mais praguicida, na esperança de superar a resistência. Isto só aumenta a pressão de seleção por pragas resistentes e agrava os problemas ecológicos associados com praguicidas. Os produtores também têm a opção de mudar para outros tipos de praguicidas, mas esta opção também é limitada. O desenvolvimento de um praguicida novo leva anos entre testes e aprovação legal de uso, e a troca para um novo produto é uma solução a curto prazo, porque resistência a surgirá rapidamente. Substâncias químicas (pesticidas) projetadas para aumentar e estabilizar a produção agrícola têm, em alguns casos, feito exatamente o oposto, causando diminuições de rendimento. Isto acontece quando os sistemas naturais de controle são debilitados ou destruídos ou quando os praguicidas não são efetivos no controle da praga por causa de problemas de resistência (Heinrichs, 1988).

Outro problema embutido no uso de praguicida, e causa de uso mais intensivo para a obtenção de um nível satisfatório de controle, é que organismos que antes eram pragas secundárias se tornaram pragas principais quando o sistema foi alterado com o uso do praguicida. Tais pragas são chamadas "pragas secundárias." A praga secundária pode não ser sensível ao praguicida usado, ou pode ter adquirido resistência a ele mais rapidamente. Considerando que controladas por inimigos naturais como predadores e parasitas que fossem são sensíveis ao praguicida, as pragas secundárias recebem uma vantagem competitiva sendo tolerantes a ele. Este aparecimento de pragas secundárias, como resultado do uso de praguicidas, foi um fenômeno comum da revolução agrícola. Na realidade, muitas de nossas pragas mais sérias eram pragas secundárias.

Um paradigma de praga secundária é a cigarrinha marrom, *Nilaparvata lugens* Stål em arroz do sudeste da Ásia (Heinrichs 1994). Graças ao uso de variedades da Revolução Verde e práticas de manejo, a Indonésia tornou-se auto-suficiente na produção de arroz, em 1984. O governo indonésio encorajou fortemente o uso de praguicidas como parte deste esforço, oferecendo-os aos produtores por apenas 15% do preço de mercado, resultando em seu uso intensivo. Inicialmente, os praguicidas contribuíram para o aumento de rendimento, mas eles foram efetivos somente no início. Com o decorrer do tempo, os fazendeiros começaram a ter dificuldade cada vez maiores com pragas, particularmente com a cigarrinha marrom e o vírus do qual é vetor. Na realidade, a produção de arroz na Indonésia estava a ponto de fracassar por causa dos tremendos surtos desta praga.

A cigarrinha marrom era um 'praga secundária', no mais das vezes sem causar dano econômico ao arroz. Em razão de se concentrar na base do colmo, a maioria dos inseticidas não a atinge e assim mortalidade é baixa. Por outro

lado, seus predadores principais (por exemplo, aranhas), movendo-se por toda planta, morrem ao entrar em contato com os pesticidas. A cigarrinha marrom se reproduz em profusão na ausência de seus predadores e parasitas, enquanto estes inimigos naturais são lentos em se recuperar e desenvolver populações após o uso de inseticidas (Heinrichs 1988).

Além disso, dose sub-letal do inseticida estimula a reprodução da cigarrinha marrom. As combinações entre a baixa mortalidade, devido a seu comportamento, a resistência ao inseticida e a destruição de seus inimigos naturais, causa surtos de cigarrinha marrom devastadores. Na realidade, áreas tratadas com inseticidas têm surtos severos de cigarrinha marrom algumas semanas depois da aplicação, enquanto as áreas não tratadas apresentam baixa infestação e poucos danos. Este fenômeno é conhecido como ressurgência, ou seja um aumento significativo da população de um inseto após tratamento com inseticidas, quando comparado com populações que não receberam tratamentos químicos.

Apesar do uso de variedades de alto rendimento da Revolução Verdes e demais práticas agrícolas, a produção de arroz na Indonésia diminuiu tanto que, pela primeira vez por muitos anos, houve necessidade de importação. Após consultar especialistas, o governo convenceu-se de que o uso excessivo de pesticidas realmente era responsável pelo problema causado pela cigarrinha e que punha em risco a produção de arroz futura. Em resposta, o Presidente Suharto, da Indonésia, proibiu 57 dos 63 produtos que vinham sendo usados e eliminou subsídios para compra de pesticidas pelos fazendeiros (Dent, 2000).

Desde 1987, o uso de pesticidas em arroz na Indonésia diminuiu de 67% (com uma economia de US\$120 milhões) e a produção deste cereal aumentou 25%. De forma reduzida os produtores continuam usando alguns produtos, mas em centros de treinamento para fazendeiros, mantidos pela FAO, eles são instruídos (1) a manter a sanidade no cultivo, a examinar os campos para problemas de praga, a pulverizar somente quando necessário, e a favorecer os inimigos naturais das pragas. O treinamento dos fazendeiros de arroz indonésios resultou em um dos melhores exemplos no mundo de uma estratégia de MIP de sucesso (Pontius et al., 2002).

O uso de pesticidas em cultivos agrícolas criou vários problemas. Seu uso continuado e crescente é contestado por causas, sócio-econômicas, de saúde e ambientais (Rola et al., 1993). Como já discutimos, uma consequência inesperada do uso de químicos é a sua capacidade para aumentar os problemas causados pelas pragas. A preocupação principal, especialmente em países em desenvolvimento, é o efeito do uso indiscriminado na saúde da população. Foram conduzidos vários estudos para calcular o impacto do uso de agrotóxicos no ambiente e na saúde humana. Estes estudos indicam que enquanto os benefícios atingem vários milhões de dólares por ano, também há significativo custo social e ambiental associado com seu uso (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativa anual dos custos sociais e ambientais associados com o uso de pesticidas nos EUA (Pimentel et al. 1991).

Causa	Custo (milhões de US\$)
Envenenamento humano	250
Envenenamento de animais e contaminação de produtos	15
Redução de inimigos naturais de pragas	150
Aparecimento e pragas resistentes	150
Envenenamento de abelhas e redução da polinização	150
Perdas de cultivo e árvores	75
Perdas de peixes e da vida selvagem	15
Regulamentação do governo sobre poluentes	150
Total	955

As recomendações de controle de pragas na época da Revolução Verde, nos anos setenta, freqüentemente consistiu de um calendário profilático que não estava baseado em infestações reais e cálculos de perda de produção (Rola et al., 1993). Tal aproximação resulta em prejuízo da integridade ambiental, da resistência do hospedeiro (desenvolvimento de biotipo), da saúde humana e, finalmente, da rentabilidade da cultura. Calcula-se que mundialmente, há 25 milhões de casos de envenenamento por agrotóxicos a cada ano. Enquanto a maioria dos produtos é aplicada em países desenvolvidos, 80% dos envenenamentos acontecem em países em desenvolvimento onde a regulamentação e os sistemas de saúde e ensino são mais fracos. Um estudo na Indonésia com produtores de arroz irrigado e hortigranjeiros, determinou que mais de 20% das pulverizações com praguicida resultaram em envenenamento caracterizados pela presença de sintomas neuro-comportamentais, respiratórios, e intestinais. Tais números denotam importante ameaça à saúde e bem estar das comunidades rurais, principalmente em comunidades pobres.

Devido à Revolução Verde, o Vietnã, que no passado normalmente importou arroz, tornou-se o terceiro maior exportador no mundo. Avanços tecnológicos em agricultura, como novas cultivares, agricultura intensiva, eletrificação e mecanização das lavouras e o uso de praguicidas, aumentaram a produtividade e, até certo ponto, melhoraram os padrões de vida dos fazendeiros. Porém, o uso crescente de agroquímicos e pesticidas causou impacto no ambiente e na saúde humana, com conseqüências imediatas e para as gerações futuras.

O total de pesticidas usado no Vietnã aumentou de 20,300 toneladas em 1991, para 24,800 toneladas em 1993 e 32,571 toneladas em 1996. Objetivando proteger a saúde dos trabalhadores agrícolas e assegurar desenvolvimento sustentável em agricultura, o governo vietnamita, organizações sociais e instituições científicas, desenvolveram e têm implementado muitas atividades destinadas a aumentar a consciência dos

efeitos perigosos de praguicidas na saúde humana e no ambiente. A aplicação de MIP e o uso de variedades novas na produção agrícola reduziu os gastos com agroquímicos e praguicidas pela metade ou até mesmo de dois-terços; ao mesmo tempo, foram melhorados os padrões de vida e saúde dos agricultores, bem como a produtividade agrícola.

Necessidade de uma nova Revolução Verde

De acordo com James D. Wolfensohn, Presidente do Banco Mundial, "ao amanhecer do 21º Século, o mundo se depara com a perspectiva de uma crise de alimento nova e complexa que requererá melhores meios de assegurar que os famintos e os subnutridos possam satisfazer suas necessidades alimentares. Para enfrentar este desafio enorme, a comunidade internacional tem que lançar uma nova "Revolução Verde", mais poderosa e envolvente do que a que dobrou a produção aos cultivos fundamentais como arroz e trigo, trinta anos atrás.

A produção de alimentos terá que aumentar mais que 50% para alimentar um adicional de dois bilhões de pessoas, por volta de 2025. Mas o desafio é mais complexo do que a simples produção de comida. As condições são muito diferentes do que eram às vésperas da Revolução Verde. Para prevenir de uma crise, a comunidade mundial tem que confrontar assuntos como pobreza, insegurança de suprimentos, degradação ambiental, e erosão de recursos genéticos, simultaneamente. Numerosas medidas, em várias fases de desenvolvimento, podem ajudar a produção de alimentos a acompanhar o crescimento rápido da população. Estas medidas são discutidas como segue.

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

O MIP foi definido como um 'sistema de manejo de pragas que no contexto do ambiente, associado à dinâmica de população das espécies, utiliza técnicas e métodos adequados que possibilitam manter as populações daninhas dentro de níveis abaixo dos que causam dano econômico'. A história do manejo de pragas data dos primórdios da agricultura e eventos importantes, pessoas influentes, instituições, organizações e governos conduziram ao conceito atual de MIP.

Antigamente, a humanidade tolerava as devastações causadas pelas pragas, mas, pelo processo de erro e tentativa, desenvolveram técnicas para minimizar seus danos. Durante séculos, fazendeiros desenvolveram medidas mecânicas, culturais, físicas e biológicas para minimizar os danos das pragas. Foram desenvolvidos inseticidas orgânicos sintéticos durante meados do Século vinte que, inicialmente, propiciaram controle espetacular e resultaram no abandono de práticas tradicionais de controle. Isto foi seguido pelo desenvolvimento de variedades modernas de alto rendimento. O cultivo intensivo destas variedades, junto com a aplicação de quantias

crescentes de fertilizantes e praguicidas, resultou em um aumento espetacular em produtividade. Porém, este aumento em produtividade não foi completamente sem custos e resultou em risco para saúde ecológica e humana e pesados custos econômicos, resultantes do alto e generalizado uso de praguicidas químicos de largo espectro. Os problemas crescentes criados com o uso de inseticida resultaram na evolução do conceito de manejo integrado de pragas. A história do controle das pragas agrícolas pode ser dividida em três fases distintas: (1) a era de enfoques tradicionais; (2) a dos praguicidas; e (3) a era do MIP (Dhaliwal e Heinrichs, 1998).

(1) ERA DE ENFOQUES TRADICIONAIS (antiguidade-1938)

Substâncias que ocorrem naturalmente

A utilização de várias técnicas de maneira tão compatível como possível não é nova e várias técnicas de controle hoje disponíveis foram utilizadas, de alguma forma, muitos anos AC. O uso de inseticida pelos Sumérios, que aplicavam compostos de enxofre para controlar insetos e ácaros foi registrado pela primeira vez em 2500 a.C. Inseticidas vegetais eram usados como tratamento de semente aproximadamente 1200 a.C. pelos chineses que também aplicavam compostos de mercúrio e arsênico. Em 1000 a.C. Homero referiu-se ao uso de compostos de enxofre.

Práticas culturais

Muitas práticas culturais como rotação de cultura, inundação, época de plantio, etc. foram desenvolvidas por agricultores no decorrer dos tempos. As primeiras descrições do uso de controle cultural, especialmente manipulação de épocas de plantio, foram registradas ao redor 1500 a.C. Queimadas como um método de controle cultural foi descrito pela primeira vez em 950 a.C.

Manejo biológico de artrópodes

O uso de organismos benéficos para manejo de pragas tem uma história longa. As primeiras evidências vem da China e lêmen onde já em 324 a.C. colônias de formigas predadoras (*Oecophylla smaragdina*) foram introduzidas em pomares cítricos para controlar larvas de besouro. Linnaeus reportou o uso de artrópodes predadores para controlar pragas nos cultivos. Em 1873, C.V. Riley foi responsável pelo primeiro deslocamento internacional de um agente de controle biológico: o ácaro *Tyroglyphus phylloxerae* que foi introduzido de América no norte, da França, em 1873 para controlar, um inseto que ataca uva, a filoxera. Embora estes esforços falhassem, eles prepararam o palco para a mais impressionante e conhecida aplicação precursora de um organismo benéfico dentro o EUA - a introdução do besouro de australiano ladybird, de *Rodolia cardinalis*, para controlar a cochonilha *Icerya purchasi*, na Califórnia, ao longo dos anos de 1880.

Manejo biológico de ervas daninhas

Numa das primeiras tentativas de controle biológico clássico no EUA, Asa Fitch sugeriu que "toadflax", uma planta exótica introduzida nos EUA da Europa, poderia ser controlada importando o inimigo natural desta erva daninha de seu hábitat nativo. Mais tarde, nos anos trinta, o cacto, "prickly pear" *Opuntia spp*, foi controlado com sucesso por um inseto, *Dactylopus opuntiae*, na Ilha Santa Cruz na costa da Califórnia. Na Índia, foram sugeridos fitopatógenos como possível meio de controle do "Lyacinth" nos anos 1930.

Resistência de plantas hospedeiras a pragas

A resistência genética às pragas é uma das mais velhas bases de controle de pragas. Cerca de 300 a.C., Theophrastus reconheceu as diferenças em suscetibilidade para doenças entre cultivares. Durante séculos os fazendeiros selecionaram sementes de plantas com resistência para pragas para semeadura na próxima estação. Durante muitas gerações de seleção foram desenvolvidas "land races" com níveis sustentáveis de rendimento. Antes de 500 d.C. todos os tipos gerais de medidas de controle atualmente disponíveis - inseticidas, controle cultural, controle biológico, e resistência do hospedeiro - já tinha sido desenvolvidas e usadas por uma ou outra civilização. Porém; não foi antes do século 19 que o melhoramento de plantas selecionando características desejáveis e resistência a pragas se tornou uma ciência bem estabelecida. Só depois do redescobrimento da Lei de Mendel, em 1900, é que os melhoristas entenderam a herança qualitativa e fortuitamente descobriram resistência a doenças e, posteriormente, resistência a insetos, fatores de importância econômica. A pesquisa de R. H. Painter na Universidade do Estado de Kansas nos anos vinte, na resistência da Hessian fly, *Mayetiola destructor*, em cultivares de trigo estabeleceu as bases para o desenvolvimento de resistência contra insetos utilizando genéticas qualitativa. Porém, não foi antes dos anos sessenta que o potencial da resistência do hospedeiro foi devidamente apreciado mas até então o uso inseticidas químicos para controle de inseto tinha alcançado proporções espetaculares.

(2) ERA DOS PRAGUICIDAS (1939 -)

Os inseticidas químicos entraram em evidência em 1939, quando Paul Muller que trabalhava para companhia química Geigy na Alemanha descobriu as propriedades do DDT. O DDT oferecia ação duradoura de baixo custo, atividade de largo espectro e baixa toxicidade aguda em mamíferos. Foi pela primeira vez usado em 1941 por fazendeiros suíços para controlar o "Colorado potato beetle". O sucesso de DDT estimulou a procura por outras substâncias químicas semelhantes e subseqüentemente foram desenvolvidos aldrin, dieldrin, heptachlor e chlordane. Em décadas seguintes foram desenvolvidos organophosphatos (1946), carbamatos

(1951) e piretróides (1973). Apesar do sucesso dos inseticidas as conseqüências negativas inerentes do seu uso difundido e indiscriminado gerou a necessidade por uma aproximação nova para controle de insetos, e conseqüentemente a teoria do MIP foi concebida.

(3) ERA DO MIP

Ao mesmo tempo que o DDT obteve notoriedade como uma panacéia para controle de pragas em 1946, a filosofia do MIP estava emergindo nos campos de alfafa do Vale de San Joaquin na Califórnia onde Ken Hagen começou um estudo com a lagarta da alfafa, *Colias eurytheme*, e sua parasita, *Apanteles medicanis*. Da experiência de combinar os inimigos naturais com resistência do hospedeiro e o uso racional de praguicidas químicos, nos anos cinquenta, contra o spotted alfalfa aphid *Therioaphis maculata*, emergiu a filosofia de controle integrado de pragas.

O contexto no qual MIP alcançaria significação estava acontecendo em campos ao redor do mundo, onde praguicidas eram usados em excesso. A primeira resistência a inseticida, foi relatada em moscas em 1946, na Suécia e, nos anos 50, a resistência a inseticida difundiu-se entre muitas pragas agrícolas. Ressurgimento de pragas, agravamento de pragas secundárias, toxicidade humana e poluição ambiental causadas por programas de controle se tornaram uma ameaça principal à sustentabilidade de muitos sistemas agrícolas.

Um evento significativo na história do manejo de pragas foi a publicação em 1962 do livro "Primavera Silenciosa" por Rachel Carson. O livro não era importante em seu conteúdo técnico mas bastante em seu impacto sobre o público em geral. Este livro trouxe o MIP pela primeira vez ao domínio público e despertou um aumento na consciência do público geral para os problemas associados com uso de praguicidas. Como resultado, houve um aumento nos fundos para o desenvolvimento de alternativas menos danosas ao ambiente, inclusive feromônios de inseto, técnicas de esterilização de insetos, inseticidas microbianos e resistência de planta hospedeiras.

O conceito de MIP nos anos sessenta estava baseado em restringir uso de praguicida pela adoção de patamares econômicos e a utilização de controles alternativos como biopesticidas, resistência de plantas hospedeiras e métodos culturais. O MIP foi lançado nos EUA, e subseqüentemente ao redor do mundo, pela influência de um projeto de pesquisa em destaque conhecido como Huffaker que se focalizou em algodão, soja, alfafa, cítricos, maçãs e pêras. Na atualidade, o conceito de MIP espalhou-se ao redor do mundo onde os governos estivessem buscando desesperadamente meios para deter os efeitos danosos decorrentes do uso sempre crescente de inseticidas e seus efeitos subseqüentes no ambiente. Em 1985, Índia e Malásia declararam o MIP como a Política Ministerial Oficial, como fez a Alemanha em 1986. Em resposta para o problema de ressurgimento da cigarrinha marrom em arroz depois do uso de inseticida, o Presidente

indonésio Suharto, em 1986, endossou o MIP como a estratégia oficial para produção de arroz ao assinar o Decreto Presidencial Número 3 que proibiu o uso 57 inseticidas de largo espectro. Em 1992 na Conferência sobre Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, realizada no Rio de Janeiro, Chefes de Estado do Mundo endossaram o MIP como política sustentável para o manejo de pragas. O endosso político de MIP ocorreu por causa da maior preocupação pela política de preservação ambiental nos últimos 30 anos. Esta preocupação para com o ambiente será um fator chave que sustenta MIP durante o resto deste século.

Tabela 2. Fatos que marcaram a história do manejo de pragas (Dhaliwal and Heinrichs 1998).

Data	Fato
4700 a.C	Cultura do bicho da seda na China
1500 a.C	Primeira descrição de métodos de controle cultural, especialmente épocas de plantio
1200 a.C	Extratos vegetais usados no tratamento de sementes e como fungicidas na China.
1100 a.C	Homero refere-se ao uso do enxofre para o controle de pragas
950 a.C	Primeiro relato do uso de queimadas como método de controle
324 a.C	Os chineses introduzem formigas, <i>Oecophylla smaragdina</i> , em pomares cítricos para controle de lagartas e brocas
200 a.C	O romano Cato, o Censor, advoga pulverizações com óleo para o controle de pragas
70	Plínio, o Velho, menciona métodos de controle da literatura grega nos 3 séculos precedentes
400	Ko Hung, um alquimista, recomenda a aplicação de arsênico branco nas raízes, no transplante de arroz para prevenção de insetos
1476	Em Berna, Suíça, lagartas foram levadas à julgamento, consideradas culpadas, excomungadas pelo arcebispo e banidas
1602	Primeiro relato de parasitismo por artrópodes
1669	Primeiro relato do uso de arsênico como inseticida no mundo ocidental
1690	Extrato de fumo é usado para pulverizar plantas na Europa
1732	Começa o cultivo de plantas em linha para facilitar o controle de plantas daninhas
1752	Lineu recomenda o uso de artrópodes predatórios contra artrópodes nocivos
1782	Variedade "Underhill" de trigo mostra resistência a Hessian fly nos EUA
1821	Enxofre é usado contra o míldio na Inglaterra
1840	Epifítia da requeima da batata (<i>Phytophthora infestans</i>) causa crise de fome na Irlanda, Inglaterra e Bélgica
1845	Sociedade Italiana para a Promoção de Artes e Ofícios concede medalha de ouro a Antonio Villa pelo uso com sucesso de artrópode predadores contra artrópodes daninhos
1858	Piretro é usado pela primeira vez para controlar insetos nos EUA
1866	Mendel publica trabalho sobre fatores "hereditários"
1870	A filoxera da videira (<i>Viteus vitifoliae</i>) e o míldio pulverulento é controlado nos vinhais franceses com calda bordalesa e verde de Paris e uso de cavalos resistentes na enxertia

Data	Fato
1883	Milardet descobre o valor da calda bordalesa
1889	A joaninha australiana foi introduzida para controlar a cochonilha em citrus na Califórnia, EUA
1890	Controle da filoxera da videira pela enxertia de cepas européias sobre cavalos resistentes da América.
1892	Arsenato de chumbo é usado para controle da mariposa cigarra nos EUA
1896	Foi encontrado o primeiro herbicida seletivo, sulfato de ferro, para o combate de plantas de folha larga.
1901	Primeiro caso de sucesso do controle biológico de sucesso em planta daninha (Lantana no Havaí)
1911	"Cotton Pest Act" decretado no estado de Madras, Índia para o controle de lagarta rosada pela remoção dos talos remanescentes após cultivo.
1915	Controle dos mosquitos vetores de Malária e Febre Amarela, permitindo a conclusão da obra do canal do Panamá depois da interrupção no final do século anterior
1923	Técnicas de supressão do bicudo do algodoeiro integrando o uso de variedades resistentes, sanidade, e necessidade de aplicação de inseticidas
1929	Primeira erradicação de um inseto em grande área, a mosca do mediterrâneo, na Flórida, EUA
1938	TEPP, primeiro inseticida OP descoberto; <i>B. thuringiensis</i> é usado pela primeira vez como inseticida microbial; é lançada a cultivar de trigo resistente à ferrugem do colmo <i>Puccinia graminis</i> .
1939	Na Suíça é descoberto o DDT como inseticida; 2,4D é sintetizado como um análogo do hormônio chamado ácido indol acético
1941	A ação inseticida do HCH é descoberta na França
1942	Primeiro programa de melhoramento com sucesso na obtenção de cultura resistente a insetos, através do lançamento de trigo resistente à <i>Mayetiola destructor</i> . DDT é exportado da Europa para os EUA pela primeira vez
1943	É lançado o fungicida ditiocarbamato
1945	São lançados Chlordane, primeiro inseticida clorado (chlorinated cyclodiene insecticide) e o primeiro herbicida com base em carbamato
1946	Foi descoberto Parathion, primeiro inseticida OP; foram encontradas as primeiras moscas domésticas resistentes ao DDT na Suécia
1948	Primeiro registro da ação pesticida microbial do <i>Bacillus popilliae</i> and <i>B. lentimorbus</i> , para controle do besouro japonês <i>Popillia japonica</i> Newman nos EUA
1949	Captan, primeiro fungicida dicarboximida é desenvolvido
1951	R. H. Painter publica o clássico " <i>Insect Resistance to Plants</i>
1953	Watson e Crick descobrem a estrutura em dupla hélice do DNA
1959	Stern et al. Publicam "Concept of economic thresholds", os fundamentos do MIP
1960	Nurenberg decifra o código genético; o <i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner é registrado para controle de larvas de lepdópteros
1962	É publicado o livro "Primavera silenciosa" de Rachel Carson
1964	Publicação do livro " <i>Biological Control of Insect Pests and Weeds</i> , por Paul DeBach.
1969	Moratória no uso de DDT no Arizona, EUA A Academia Nacional de Ciências dos EUA formalizou o termo 'Integrated Pest Management' (Manejo Integrado de Pragas)
1970	É estabelecida a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA
1971	Cohen e Boyer desenvolvem a tecnologia do DNA recombinante, usando enzimas de restrição

Data	Fato
1972	EPA cancela praticamente todos os usos DDT A primeira molécula de DNA recombinante foi sintetizada
1973	Descoberta do primeiro piretróide foto-estável; foi realizado o primeiro isolamento de um gene
1974	EPA estabelece os primeiros requisitos para a reentrada de trabalhadores em campos tratados com pesticidas
1975	Publicação do livro, " <i>Introduction to Pest Management</i> " por R. L. Metcalf e W.H. Luckmann; Elcar (<i>Helicoverpa</i> Nuclear Polyhedrosis Virus) registrado para lagarta da maçã em algodão; EPA cancela o uso de aldrin e dieldrin para uso fora do controle de térmitas; Methoprene, é o primeiro regulador de crescimento de artrópode a ser registrado
1977	Primeiro registro de um feromônio (gossyplure) para o controle da lagarta rosada em algodão MIP é declarado como política oficial dos EUA pelo presidente Carter em sua "mensagem ambiental"
1979	<i>Agrobacterium radiobacter</i> é registrada para controle da doença galha de coroa
1980	Protozoário <i>Nosema locustae</i> é registrado para o controle de cigarrinha
1981	Mycoherbicide DeVine®, baseado no fungo <i>P. palmivora</i> , é registrado para controle do strangler vine dos citrus
1982	Foi desenvolvida a primeira planta cultivada (tomate) por engenharia genética
1983	Primeira transferência bem sucedida de genes entre duas espécies diferentes de vegetais
1984	Os primeiros porcos e ovelhas transgênicos foram desenvolvidos
1986	Evolução de plantas resistentes a vírus usando proteína gênica O presidente Suharto, da Indonésia assinou o Decreto Presidencial No. 3 banindo o uso em arroz de 57 inseticidas de largo espectro.
1987	Primeiros ensaios de campo com plantas transgênicas (tomates), com um gene de resistência para artrópodes ou vírus Evolução de fumo com endotoxina de gene proveniente de <i>Bacillus thuringiensis</i> , para controlar o manderová do fumo (<i>Manduca sexta</i>)
1988	<i>Bacillus thuringiensis</i> "San Diego" e "tenebrions" é registrado para controle de larvas de coleóptero. Destacado sucesso do MIP nos sistemas orizícolas da Indonésia
1989	Grupo de Trabalho em Manejo Integrado de Pragas (MIPWG) a estabelecer-se para dar suporte internacional ao MIP
1990	O fungo <i>Gliocladium virens</i> , é registrado para controle de <i>Pythium</i> e <i>Rhizoctonia</i>
1992	O enfoque da inclusão de pesticidas como base nos custos ambientais em níveis de danos de danos econômico (NDE) é publicado por L. G. Higley e W. K. Wintersteen UNCED, Rio de Janeiro Chefes de Estado do Mundo; Agenda 21
1994	Regulamentação para a aprovação de transgênicos de abóbora tolerante a vírus, algodão tolerante a artrópodes, e soja e algodão resistentes a herbicidas
1996	A base biológica do nível de dano econômico é publicado por L. Higley e R.K.D. Peterson
1999	É anunciado milho transgênico resistente a "rootworm" por Paula Davis, Monsanto, no encontro da ESA nos EUA
2001	EPA registra milho Bt para o controle de <i>Ostrinia nussialis</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Diatrea grandiosella</i> , <i>Agrotis ipsilon</i>

O MIP EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

A Revolução Verde e a agricultura moderna criaram um dilema no qual se acreditou que fome em grandes escala só pudesse ser evitada pela adoção generalizada de tecnologias, que em alguns casos prejudiciais ao ambiente natural. Apesar de progresso significativo em desenvolvimento agrícola, a necessidade de aumentar a produção de comida, forragens e fibra continua sem decrescer. A situação é especialmente aguda na África onde crescimento da população continuará por muitos anos superando a produção de alimento a menos que mais seja feito para aumentar crescimento agrícola. Se as tendências atuais continuarem, antes de 2025 a África poderá ter um déficit de alimento de 185 milhões de toneladas (Heinrichs e Barrion 2002). O segmento mais pobre da população está aumentando rapidamente.

A agricultura sustentável é uma forma de agricultura que:

- mantém a produtividade por longo tempo otimizando o uso dos recursos locais em combinação com os diferentes componentes do sistema agrícola, i. é, plantas, animais, solo, água, clima e pessoas, de tal forma que complementam-se para maximizar o efeito sinérgico;
- reduz os insumos externos e os não renováveis com maior potencial de dano ao ambiente e aos agricultores;
- fundamenta-se principalmente nos recursos dentro do agrossistema, repondo insumos externos com a reciclagem de nutrientes, melhor conservação e crescente uso dos recursos locais;
- Melhora o pareamento dos sistemas culturais e o potencial produtivo e restrições do clima e topografia para assegurar uma sustentação duradoura dos níveis correntes de produtividade, conservando a diversidade biológica tanto nas regiões de cultivo como nas selvagens e fazendo melhor uso do potencial biológico e genético de espécies vegetais e animais;
- e se beneficia da vantagem do conhecimento e práticas locais.

Os programas de MIP, baseados em princípios ecológicos são principais componentes num enfoque agroecológico que inclui propriedades de sustentabilidade ecológica, segurança de alimento, viabilidade econômica, conservação de recursos, equidade social e aumento na which includes produção (Altieri 1987, 1993).

O aumento de biodiversidade é importante no desenvolvimento de agroecossistemas sustentável. Com o aumento de diversidade, cria-se oportunidades para coexistência e interações benéficas entre espécies que podem aumentar a sustentabilidade do agroecossistema. Maior diversidade permite freqüentemente melhora a eficiência na utilização dos recursos em agrossistema. Ecossistemas nos quais são misturadas espécies de planta,

possuem uma resistência associada a herbívoros, que como em sistemas diversos há uma maior abundância e diversidade de inimigos naturais, de insetos de pragas que detêm cheque as populações de espécies de herbívoro individuais. Uma associação de diversos cultivos pode criar uma diversidade de microclima, dentro do sistema, que pode ser habitado por uma gama de organismos benéficos às culturas como por exemplo, a fauna de predadores benéficos, parasitas, polinizadores.

A diversidade de cultivos reduz risco para agricultores, especialmente em áreas marginais com condições ambientais mais imprevisíveis. Se um cultivo não for bem, a renda de outro pode compensar. Estratégias para restabelecer diversidade agrícola a tempo e espaço inclui rotações de culturas e uso de cultura de cobertura.

Em uma estratégia de agroecológica, os componentes de manejo devem realçar a conservação e melhoria de recursos agrícolas locais (germoplasma, solo, fauna benéfica, biodiversidade de planta, etc.) enfatizando uma metodologia de desenvolvimento que encoraja a participação de agricultores, o uso de conhecimento tradicional, e o uso de empreendimentos que se ajustem às necessidades locais e condições socioeconômicas e biofísicas.

MANEJO INTEGRADO BIOINTENSIVO DE PRAGAS EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Alguns críticos acreditam que MIP desviou-se de suas raízes ecológicas. Críticos do que poderia ser chamado de MIP "convencional" alegam que foi implementado como Manejo de Pesticida Integrado (ou até mesmo Melhorar na Comercialização de Praguicida) com ênfase em usar praguicidas como a primeira ferramenta a recorrer

O que falta nesta aproximação, que é essencialmente reacionária, é uma compreensão da base ecológica de infestações por pragas. Também o que está faltando no enfoque convencional são diretrizes para manejos ecologicamente baseadas do agroecossistema que desperta as perguntas:

- “ Por que a praga está lá?
- “ Como chegou?
- “ Por que o complexo parasita/predador não controla complexo não controla a praga?

“Os insetos não irão herdar a Terra. Eles já a possuem. Desta forma devemos fazer as pazes com o proprietário.” T. Eisner

O manejo biointensivo de pragas foi definido como o nível mais alto de MIP - "um sistema de abordagem do manejo de pragas baseado na compreensão da ecologia da praga. Ele começa com passos para diagnosticar a natureza

e fonte de problemas da praga com precisão, e então baseia-se em uma gama de medidas preventivas com suporte na compreensão de ecologia da praga. Inicia com passos para diagnosticar com acurácia a natureza e fonte dos problemas e então apoia-se em uma gama de táticas preventivas e controle biológico para manter populações das pragas dentro de limites aceitáveis. Praguicidas de reduzido risco são usados como último recurso se outras táticas não forem adequadamente efetivas, como último recurso, e com o cuidado de minimizar riscos."

A abordagem "biointensiva" do manejo parece semelhante ao conceito original de MIP. Porém, a meta primária do MIP biointensivo é prover diretrizes e opções para o manejo efetivo de pragas e organismos benéficos em um contexto ecológico. A flexibilidade e compatibilidade ambiental de uma estratégia biointensiva de MIP torna-a útil em todos os tipos de sistemas culturais. O MIP biointensivo incorpora fatores ecológicos e econômicos no modelo do sistema agrícola e na decisão do que fazer, preocupa-se com qualidade ambiental e segurança de alimento. Os benefícios de implementar o MIP biointensivo podem incluir a redução dos custos com produtos químicos, redução dos impactos ambientais na lavoura e fora dela, e um manejo de praga mais efetivo e sustentável. Um MIP baseado na ecologia tem o potencial de reduzir os insumos referentes a combustível, maquinaria, e substâncias químicas sintéticas - todos os quais tem custo crescente em termos de impacto financeiro e ambiental. Tais reduções beneficiarão o agricultor e a sociedade.

As características do MIP biointensivo e do convencional são ilustradas na Figura 1.

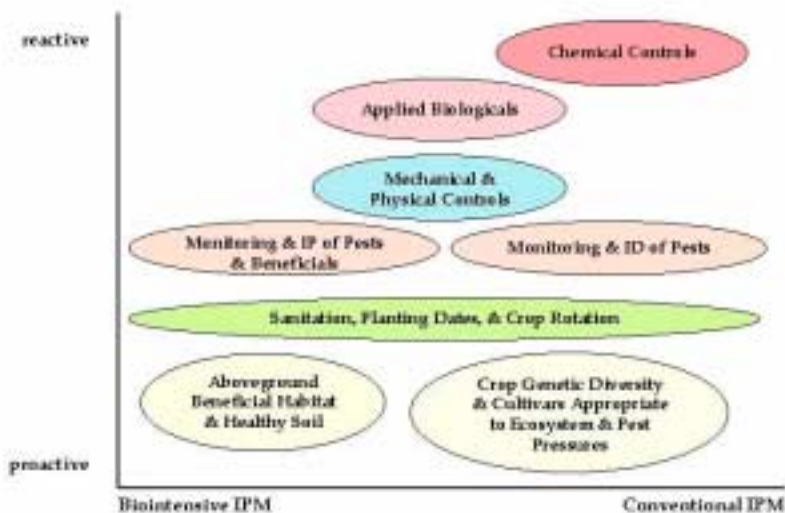


Fig. 1. Manejo Biointensivo Integrado de Pragas vs MIP Convencional.

SITUAÇÃO GLOBAL DO MIP EM GRANDES CULTURAS

Em um movimento 'além da Revolução Verde' houve significantes conquistas no desenvolvimento no enfoque de MIP para o manejo de pragas. Foram feitas conquistas tanto por pesquisa no desenvolvimento dos componentes do manejo como nos métodos por implementação do MIP ao nível de produtor. O papel do MIP em arroz na conservação da biodiversidade, minimizando o impacto ecológico das práticas de controle das pragas e aumentando o rendimento dos povos de baixa renda e preservando a estabilidade política será apresentado

CONTROLE CULTURAL DE ERVAS DANINHAS

Alelopatia

Mundialmente, as ervas daninhas são um dos principais fatores bióticos como redutor da produção de arroz. Uma opção para reduzir a dependência do uso de herbicidas seria utilizar os efeitos alelopáticos que o arroz tem em relação a certas ervas daninhas (Olofsdotter, 1998).

Na Coréia, a semeadura direta está recebendo grande atenção por causa de sua natureza de baixo uso de insumos. Agricultores que adotam a semeadura direta estão tendo problemas com a erva daninha *Echinochloa crus-galli*. O desenvolvimento de arroz de alelopático seria uma alternativa para substituir as substâncias químicas e outras práticas para reduzir a ocorrência desta erva daninha que desenvolve bem em semeadura direta. Recentemente foram realizados estudos para triagem de arroz alelopático sob as condições coreanas, usando acessos obtidos do IRRI e foram melhorados na Coréia, da mesma forma que as cultivares tradicionais. Sete cultivares--CA 1423, Sabor Gan, Kouketsumuchi, Musashikogane, Takanenishiki, PSDRC-10, e Dandura--mostraram-se promissoras sob as condições coreanas. Isolamento e identificação de aleloquímicos existentes no arroz, por bioteste e análise química, estão em desenvolvimento para prover a informação necessária para desenvolver um arroz alelopático para a Coréia.

Dos mais de 16,000 acessos de arroz ou variedades de 99 países na coleção de germoplasma do Departamento norte-americano do Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos E.U. um número significativo foi avaliado para efeitos alelopáticos sobre ervas daninhas aquáticas, aproximadamente 12,000 para *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd e ao redor 5,000 para *Ammannia coccinea* Rottb. Em testes de campo durante 1988-90, os investigadores identificaram 412 acessos de arroz que produziram atividade alelopática da planta de arroz maiores que 10 cm, para a primeira e 145 acessos de mesma amplitude para a segunda.

Os acessos que demonstram efeitos alelopáticos em *H. limosa* provinham de 31 países. Um híbrido de PI 338046 (alelopático) e Katy (não

alelopático) teve características agrônômicas superiores em testes de campo, e significativamente menos plantas de foram achadas vegetando com este híbrido em testes de estufa. Dados genéticos preliminares indicam que a atividade alelopática em arroz é herdada quantitativamente.

No Egito, foram avaliadas aproximadamente 1,000 variedades de arroz em campo, estufa, e laboratório durante 1993-96 para identificar efeitos alelopáticos em *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. (capim arroz) e *Cyperus difformis* L. Mais de 30 variedades, incluindo RP 2269-424, LD 183-3, LDS 183-7, IET 1444, Dular, CI seleção-63, UPR 82-1-7, GZ 1368-5-2, e OU 131-58, causaram 50 a 90% de controle em *E. crus-galli* em condições de campo. A incorporação de resíduos de algumas destas plantas no solo reduziram germinação das semente de *E. crus-galli*. Mais de 10 variedades, inclusive RP 2271-433-231, IET 11754, Dular, e OU 131-5-8 suprimiram o desenvolvimento de *C difformis* em 50 a 75%. As variedades expressaram propriedades alelopáticas na fase de 3 - 4 -folhas. Elas inibiram o desenvolvimento da raiz e aparecimento da primeira ou segunda folha de ambas as ervas daninhas. Os resíduos destas variedades não afetaram os cultivos de inverno subseqüentes.

Ammannia sp estimulou o crescimento do arroz e reduziu o crescimento de ervas daninhas. Resultados promissores da pesquisa em alelopátia no arroz oferecem a possibilidade de usar esta característica em programas de melhoramento para aumentar o controle de erva daninha em arroz de sequeiro. Para incorporar a característica em variedades de arroz de sequeiro melhoradas é necessário: 1) uma boa metodologia de triagem; 2) a existência de variabilidade genética dentro de *Oryza sativa*, *O. glaberrima*, e especies silvestres afins; e 3) conhecimento da estrutura e controle genético da característica.

Lantana camara L., uma das 10 piores ervas daninhas do mundo introduzida na Índia durante a primeira metade do século 19, se tornou um problema da maior importância. O crescimento rápido da erva daninha foi responsável por perdas econômicas significativas na agricultura, criação de animais, e indústria florestal. Porém, por mais prejudicial que a própria erva daninha tenha sido para a agricultura, descobriu-se que extratos aquosos de ramos de *L. camara* inibem, em grau variável, a germinação e crescimento de plântulas de ervas daninhas associadas ao arroz, por exemplo, *Echinochloa colonum*, *Digitaria sanguinalis*, *Panicum psilopodium*, e *Commelina benghalensis*. Nos últimos 25-30 anos, o cultivo de arroz no noroeste da Índia, onde irrigação é ampla durante o verão, estação chuvosa, cresceu em importância. Alternar a colheita de arroz de verão com uma colheita de trigo de inverno tornou-se muito popular por causa do alto potencial de rendimento em ambos os cultivares. Infelizmente, ambos os cultivos sofrem pesadamente com ervas daninhas, forçando os agricultores a usar em grandes quantidades de herbicidas.

O pesado uso de herbicidas na rotação arroz-trigo contribuiu para vários problemas no noroeste da Índia: mudança na flora de ervas daninhas naturais; desenvolvimento de ervas daninhas resistentes a herbicida; prejuízos à saúde humana; e contaminação das águas. Estratégias de controle envolvendo o uso de Allelopatia podem prover uma alternativa para superar os sérios problemas ecológicos associados com uso de herbicida. Estudos mostram que a introdução de cultivos "minimizadores" pode suprimir consideravelmente as populações de ervas daninhas nos cultivos que se sucedem. Por exemplo, semeadura de forragens no começo do verão (abril-junho) como sorgo, milheto, e milho reduziram drasticamente a população e biomassa de ervas daninhas. Os efeitos supressores do milheto também persistiram até 45 dias do próximo cultivo de sorgo. A inclusão dessas forragens na rotação de arroz-trigo pode prover bastante controle de ervas daninhas no cultivo de arroz e reduzir consideravelmente a necessidade de uso de herbicidas. Além disso, o cultivo de aveia e de *Trifolium alexandrinum* em lugar de trigo também controlou ervas daninhas durante a estação de inverno. São necessários estudos adicionais sobre alelopatia antes de uma estratégia de manejo de ervas daninhas satisfatória possa ser utilizada em lugar da rotação arroz-trigo.

Os resíduos culturais sempre foram considerados benéficos aos cultivos sucesivos. Porém, agora existem evidências indicando que aqueles resíduos às vezes podem inibir o crescimento de plantas. No que é chamado auto-intoxicação adaptável, um aspecto da alelopatia, fitotoxinas produzidas por uma planta podem limitar o crescimento e/ou tamanho da população, não só de outras espécies de planta como de suas próprias espécies. Por exemplo, uma redução de 25% em rendimento de arroz num segundo cultivo em Taiwan foi atribuída principalmente a fitotoxinas produzidas durante a decomposição de resíduos de cultura remanescentes no solo. Biotestes de substâncias fitotóxicas obtidas dos restos de cultura arroz em decomposição no solo, foram feitos em laboratório e casa de vegetação. Os extratos aquosos dos resíduos em decomposição reduziram significativamente o crescimento de mudas de arroz e outras plantas teste. Os principais fenóis fitotóxicos identificados incluíram p-coumarico -hidroxifenilacetico, e ácidos vanillic, ferulic, siringio.

A fitotoxicidade destes extratos persistiu por até 4 meses. A disponibilidade de N também parece ser afetada. As quantidades de $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ e $\text{NO}_3^- - \text{N}$ no solo foram significativamente mais altas no primeiro cultivo quando comparadas ao segundo. A incorporação de palha de arroz ao solo pode diminuir a disponibilidade de ambas as formas de N. A auto-intoxicação parece ser um problema, particularmente nas áreas de monocultura contínua com arroz e agravada nos campos de drenagem deficiente.

Experiências realizadas no Egito e EUA. mostraram que várias variedades de arroz coletadas do Sri Lanka são alelopáticas em relação às principais ervas daninhas. Foram testadas quatro variedades de arroz, BG 1165-2, BG 34-11, LD 183-3, e LD 183-7 e estabelecer seu potencial alelopatico controlando contra *Echinochloa crus-galli* (L) Beauv. O conhecimento da

alelopatia em arroz e suas funções aleloquímicas oferece várias possibilidades para práticas agrícolas no Sri Lanka.

COMPETITIVIDADE NO CULTIVO

Algumas cultivares de arroz são mais competitivas com ervas daninhas que outros por apresentar um rápido crescimento inicial ou elevado perfilhamento. Cultivos transplantados são mais competitivos do que os de semeadura normal. Cultivos saudáveis, vigorosos sempre são mais competitivos do que os de lento crescimento ou baixo estande. Uma variedade de arroz de sequeiro recentemente liberada para a África Ocidental conhecida como ' novo arroz para a África', ou 'NERICA', compete com sucesso com as ervas daninhas por causa de seu hábito de crescimento.

Manejo de fertilizantes

Componentes bióticos dos ecossistemas agrícolas (i.e. micróbios, flora, e fauna) mudam diante da alteração dos níveis de adubação usados para novas cultivares. A intensificação do cultivo, normalmente associada com o aumento do uso de fertilizantes pode, então, agravar os problemas com pragas. Reciprocamente, algumas medidas de manejo, como queimar de restolho ou ajustar os níveis de água para controlar insetos em arroz, afetam a fertilidade do solo e reduzem os rendimentos de alguns cultivares. Pouco se conhece sobre como as pragas das novas cultivares responderão à combinação do MIP com o manejo de nutrientes, como o manejo de nutrientes afeta os inimigos naturais, e a comunidade ecológica, e como a qualidade é afetada pelas interações praga-nutriente.

Sistema arroz-azola-peixe

A China tem uma longa tradição na criação de peixes em campos de arroz. Porém, rendimentos em peixe são baixos por causa de dificuldades na distribuição de ração nas grandes áreas de criação. Azola é uma pequena planta aquática que contém abundância de nutrientes porque pode fixar nitrogênio atmosférico, levar a cabo fotossíntese, e captar nutriente do ambiente circunvizinho por meio de seu sistema radicular. Também é um alimento excelente para peixes. Azola é rica em arginina que pode ter papel importante no crescimento dos peixes (MacKay 1995). A azola cresce depressa, apresenta altos rendimentos, tem tamanho satisfatório a alimentação dos peixes, não requer colheita ou corte, e pode crescer no arrozal. Para aumentar seus benefícios ecológicos e econômicos, um sistema de arroz-azola-peixe foi estabelecido em 1981. Estas experiências indicaram o potencial deste sistema de cultivo (Liu Chung Chu al de et.).

Rendimento de peixe

No sistema tradicional de arroz-peixe tradicional, os peixes crescem lentamente porque há alimento insuficiente. Este problema pode ser

resolvido introduzindo azola. Experiências de mais de 3 anos demonstraram que o sistema de arroz-azola-peixe produzirá rendimentos de peixe de 1000 kg/ha. Mesmo assim, os rendimentos podem ser posteriormente aumentados usando outras técnicas (por exemplo, o policultivo de carpa capim e tilápia do Nilo). O sistema de arroz-azola-peixe aumentou a renda da propriedade acima de CNY 1954/ha.

Efeito no rendimento de arroz

O sistema de arroz-azola-peixe provê um ambiente excelente para o crescimento de arroz, peixe, e azola. O arroz cresce bem por causa da alta quantidade de fertilizante orgânico provida pelos peixes, e, porque os peixes comem azola, pragas de arroz, e ervas daninhas, o uso de praguicidas químicos pode ser reduzido. O ambiente criado pelo sistema arroz-azola-peixe também é propício à sobrevivência dos inimigos naturais das pragas do arroz. Isto diminui as exigências posteriores no uso de praguicidas. Por exemplo, durante uma erupção de gafanhoto na Província de Fujian, em 1984, foram requeridas quatro aplicações de praguicidas em sistemas arroz tradicionais e ainda com controle deficiente. Em contraste, só uma aplicação foi requerida no sistema arroz-azola-peixe. Observações indicam que o sistema de arroz-azola-peixe suprime as ervas daninhas e pragas de arroz efetivamente.

Fertilidade do solo

No sistema arroz-azola-peixe, os nutrientes são providos pela decomposição da azola e pela excreção de fezes pelos peixes. A melhora em fertilidade era maior nos canais do que na superfície do campo. Isto pode ser atribuído ao efeito do peixe no sistema, especialmente o papel de suas fezes no melhoramento da fertilidade do solo. O aumento rápido do potássio disponível também é evidente, o que demonstra a capacidade da azola para enriquecer os níveis de potássio. Embora o rendimento do arroz deste sistema seja semelhante ao dos sistemas tradicionais, são obtidos 375-600 kg/ha de peixe. Os peixes diminuem a quantidade de fertilizante mineral requerida pelas plantas de arroz, mantêm ou melhoram fertilidade do solo, e criam um ambiente ecológico excelente.

Crescimento de plantas daninhas

As carpas em geral são onívoras e as carpas capim são herbívoras. Porém, os alevinos de carpa capim também comem insetos aquáticos. Quando são providas estas duas espécies de peixe junto, ervas daninhas são podem ser controladas no arrozal. No campo experimental, de forma significativa, haviam menos ervas daninhas ao longo do período de cultivo.

Densidade de Mosquitos e Incidência de Malária

Comparada com a testemunha, a densidade de larvas de mosquitos adultos foi notavelmente inferior quando houve criação de peixes nos campos de arroz. Uma comparação da frequência de picadas de mosquitos nos dois

locais mostrou que a relação entre picadas de mosquito nos humanos era muito reduzida na aldeia onde uma área grande dos campos de arroz era usada para a cultura de peixes. É razoável sugerir que os peixes são um método eficiente de controle biológico de mosquitos. Como a área de cultura de arroz-peixe aumentou no Condado de Quangzhou, a incidência anual de malária diminuiu (Tabela 3).

Tabela 3. Relação entre a incidência anual de malária e a área de rizipiscicultura no condado de Quangzhou.

Ano	Área com rizipiscicultura/ total (%)	Incidência anual de malária (1:100 000)	
		Quangzhou	Todo o Distrito
1978	0	11.6	6.6
1979	11	4.7	8.7
1980	25	2.4	23.7
1981	29	0.5	34.3
1982	35	0.6	35.4
1983	35	0.5	22.6
1984	34	0.4	14.0
1985	34	0.1	6.9
1986	43	0.1	6.5
1987	43	0.1	7.0

Controle de gafanhotos

O desenvolvimento de pequenos peixes, inicialmente apresentou baixa eficiência no controle dos gafanhotos porém, a criação de espécies de peixe melhoradas vem apresentando bom controle. A medida que os peixes crescem em tamanho durante o período de cultivo, eles provêm bom controle. Diferentes tipos de peixe produziram efeitos diferentes no controle do gafanhoto.

Controle da broca do colmo

Observações em Shangyu de 1986 a 1987 indicaram que havia, em média, 1980 brocas do colmo do arroz por hectare em arrozais cultivados em associação com peixes. Isso representava uma diminuição de 51.1% nas infestações da broca se comparada com arrozais apenas irrigados, e uma diminuição de 47.2% em comparação aos de água profunda - ambos sem peixe.

Controle de ervas daninhas

Os peixes criados em associação com arroz exercem controle das ervas daninhas que crescem nos arrozais. A carpa capim pode alimentar-se de 21 espécies diferentes de ervas daninhas em 16 famílias (por exemplo, *Echinochloa crus-galli*, *Eleocharis yokoscensis*, *Cyperus difformis*, *Rotala indica*, *Sagittaria pygmaea*, *Monochria vagikalis*, e *Marsilea quadrifolia*).

Além disso, a carpa comum come raízes, brotos, e talos subterrâneos jovens de ervas daninhas no arrozal. Só *Echinochloa crus-galli*, *Paspalum distichum*, e *Alternanthera philoxeroides* sobreviveram nos campos de rizipiscicultura. O controle de ervas daninhas na rizipiscicultura foi mais efetivo que a capina manual ou o uso de herbicidas.

Benefícios ecológicos

As interações entre peixe e arroz criam mudanças na ecologia do arrozal. O arrozal mantém a água durante toda a estação por causa do peixe. Os movimentos do peixe revolvem a terra desempenhando um papel de "capina" e ocasionando aumentos no conteúdo de oxigênio dissolvido no solo também são melhoradas a aeração e a penetração de luz. Os peixes comem ervas daninhas, folhas de planta estragadas, e algumas pragas. Em troca, eles descarregam resíduos que acrescentam adubo orgânico ao arrozal. Experiências mostraram que 3000 carpas capim por hectare (6.3-11.2 cm em comprimento) descarregam 1440 kg de resíduos em um mês. Desta forma, elas contribuem com uma provisão constante de fertilizante para as plantas de arroz. Campos com rizipiscicultura requerem menos substâncias agroquímicas. Isto diminui os problemas relacionados com a poluição e resíduos tóxicos e, até certo ponto, protege os inimigos naturais de pragas e aumenta sua eficiência no controle biológico

Benefícios econômicos

O sistema arroz-peixe cria um ecossistema mutuamente benéfico. No sistema "ridge-ditch", a produção de peixe pode alcançar 642 kg/ha. Ao mesmo tempo, os peixes acrescentam fertilizante e eliminam pragas e ervas daninhas do arrozal. Rendimentos de arroz foram aumentados de 14,4%. Foi estimado que o sistema "ridge-ditch" pode dobrar os ganhos totais. Além do 253,5 kg/ha de produção de peixe fresco, o arroz em associação rendeu 7,8% a mais. Arroz e peixes em conjunto produziram um valor total de produção 41% mais alto que o do arroz isoladamente. Em termos de proteína produzida, a associação arroz-peixe foi 26,8% mais alta. Do aumento em proteína, mais que 70% proveio do peixe (Tabela 4).

Tabela 4. Retorno de diferentes tipos de cultivo.

Tipo de cultivo	Produção (kg/ha)		Valor produto (CNY/ha)			Proteína (kg/ha)
	Arroz	Peixe	Arroz	Peixe	Total	
Arroz-peixe	8250,0	253,5	2970,0	912,0	3882,0	394,5
Só arroz	7650,0	—	2754,0	—	2754,0	310,5
Aumento	600,0	253,5	216,0	912,0	1128,0	84,0
Aumento percentual	7,8	—	7,8	—	41,0	13,4

Os benefícios econômicos da rizipiscicultura foram relacionados ao

- Aumento no rendimento da cultura e a economia em uso de insumos. Comparado com a produção em cultivo solteiro, a produção de arroz no sistema arroz-peixe foi 7.8% mais alto, e o peso de trabalho 19.4% mais baixo, e os custos materiais foram 7% mais baixos, resultante da economia no controle de doenças e pragas.
- Aumento nos benefícios líquidos graças à produção de peixe (CNY 286.5/ha).

Praguicidas: enfoques "bioracionais"

"Bioracional" se refere ao controle de pragas insetos e doenças pelo uso de um agente biológico diferente de um organismo vivo (Dhaliwal e Arora 1996). Substâncias químicas bioracionais oferecem várias vantagens sobre os inseticidas de largo espectro convencionais: de certa forma não são tóxicos ao homem; não persistem ou se acumulam no ambiente; muitos são específicos a determinadas espécies; a maioria é ativa em baixas concentrações. Os agentes de controle bioracional consistem de reguladores de crescimento e de semioquímicos (modificadores de hábito). Apesar do seu potencial, atualmente eles ocupam só uma parte desprezível no mercado de pesticidas. O uso de "semioquímicos" tem sido limitado porque eles têm que ser usados em uma área bastante extensa para alcançar resultados desejáveis. O regulador de crescimento de insetos, diflubenzuron, é um inibidor da síntese de quitina com o nome químico de [(1-(4-chlorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) ureia] e o nome comercial de buprofezin. É usado contra o gafanhoto marrom e outros gafanhotos do arroz na Ásia onde entre muitas vantagens, não causa ressurgimento nas populações do inseto

RESISTÊNCIA DE PLANTAS (programas de melhoramento de arroz)

Em 1989, o IRRI começou o desenvolvimento de uma planta de arroz completamente nova que poderia quebrar o platô de rendimento alcançado pelas variedades modernas de alta produtividade. 'O "super Arroz"', produz mais grãos e tem menos colmos que as variedades tradicionais. As primeiras de alto rendimento, como o IR8, da Revolução Verde vem passando atualmente por um processo de refinamento adicional. Espera-se que o "super arroz" tenha potencial para aumentar os rendimentos em cerca de 25 por cento e que seja liberado para cultivo em 2003. Atualmente a luta por alimento é desesperadora na África Ocidental hoje e 'comida' para muitos africanos Ocidentais agora significa arroz. Em três décadas, as importações de arroz aumentaram oito vezes, mais de 3 milhões de toneladas por ano, a um custo de cerca de Us \$ 1 bilhão.

O arroz africano tradicional, *Oryza glaberrima*, prosperou na África Ocidental durante 3500 anos (Heinrichs e Barrion, 2002). Ele tem as desejáveis características de folhas decumbentes e largas que abafam as ervas daninhas e prosperam no ambiente severo da África Ocidental onde resiste a seca, terras ácidas, e pragas locais. Os africanos Ocidentais também apreciam seu sabor servindo-o nos casamentos e festas. Mas, o arroz tradicional não produz o bastante para a maioria dos africanos Ocidentais alimentarem suas famílias - e muito menos vender excedentes de grãos. Para prover os altos rendimentos necessários, eles estão cultivando o arroz asiático, *Oryza glaberrima* que tem rendimentos de potencial mais altos que o arroz africano mas não tem o gosto desejável, nem a tolerância aos estresses abióticos e bióticos apresentadas pelo arroz africano. Para combinar as características desejáveis das duas espécies de arroz, os cientistas da África Ocidental e os da Associação para o Desenvolvimento do Arroz da África Ocidental (WARDA) na Costa do Marfim tiveram de recorrer ao uso de uma técnica de biotecnologia conhecida como 'cultivo de embrião'. Esta técnica é empregada porque estas duas espécies não podem ser cruzadas pelos meios convencionais.

Esta estratégia de melhoramento resultou no desenvolvimento de um arroz novo para a África, NERICA. A 'heterose' ou 'vigor híbrido' resultante deste cruzamento resultou na habilidade da progênie em crescer mais rápido, render mais, e resistir aos estresses melhor do que qualquer dos pais. NERICA herdou as folhas decumbentes do genitor africano que, abafa as ervas daninhas no início do seu crescimento.

NERICA herdou do genitor asiático as panículas mais longas de 400 grãos, em contrapartida ao genitor africano que produz só 100 grãos. O novo arroz supera outros rendimentos sem insumos extras mas responde generosamente a fertilização mesmo modesta - que resulta em aumentos de rendimento que variam de 25% a 250%. NERICA também têm mais 2% de proteínas estruturais do que seus pais africanos ou asiáticos. NERICA foi liberado para agricultores da Guiné em 2000 e previu-se que antes das 2002 haveriam 330,000 hectares em cultivo. É previsto que a adoção de NERICA por apenas três países - Guiné africana Ocidental, Costa do Marfim e Serra Leoa - trará retorno de US\$ 8 milhões aos agricultores por ano.

Algumas cultivares podem ser mais competitivos que outras por causa de seu crescimento inicial rápido ou seu hábito de propagação característico. Cultivos transplantados são mais competitivos do que os de semeadura normal. Cultivos saudáveis e vigorosos sempre são mais competitivos do que os de crescimento lento ou estande baixo. Novas plantas de trigo com arquitetura semelhante ao "super arroz" (espigas maiores, mais grãos, menos afilhos) poderia conduzir a um aumento potencial de rendimento da ordem de 10 a 15%. A introdução de genes de espécies selvagens relacionadas ao trigo cultivado - pode introduzir fontes importantes de resistência para vários estresses bióticos e abióticos e talvez para potencial

de rendimento mais alto. O sucesso do arroz híbrido (ISB 2000) na China (cobrindo agora mais que 50 por cento da área irrigada) reforçou o interesse em arroz híbrido.

Milho de proteína de qualidade com alto rendimento (QPM) obtidas por métodos de melhoramento convencional responde por melhorar a qualidade nutricional do grão sem sacrificar os rendimentos. Esta realização de pesquisa oferece benefícios nutricionais importantes para gado e os seres humanos.

O recente desenvolvimento de variedades de sorgo com resistência a erva daninha *Striga spp.*, é uma novidade da pesquisa importante para muitas áreas de Ásia e África. Há evidência crescente de que existe variabilidade genética dentro da maioria das espécies de cereais para a obtenção de genótipos mais eficientes no uso de nitrogênio, fósforo, e outros nutrientes, do que atualmente disponível nas melhores variedades e híbridos. Também há boas evidências de que tolerância ao calor e seca pode ser incorporada em germoplasma de alto rendimento.

Biotecnologia

Biotecnologia pode reduzir o tempo e os custos exigidos para desenvolver novas variedades (Persley, 1996). Suas ferramentas podem introduzir genes que neutralizem a toxicidade do solo, ofereçam resistência aos insetos (Datta et al., 1998), e aumentem o conteúdo nutritivo dos grãos. Entretanto, questões éticas e de bio segurança sobre a manipulação de material genético, precisam ser solucionadas antes de que o potencial da biotecnologia e engenharia genética possa ser avaliado completamente.

Os novos avanços científicos têm potencial para oferecer benefícios consideráveis à produção agrícola, qualidade de alimento, nutrição e saúde, mas têm de ser baseados em sólidas evidências científicas e um sistema de controle que permita conquistar a confiança de produtores e consumidores. Entretanto, os agricultores do mundo já estão compartilhando ou logo estarão os benefícios da engenharia genética. Exemplos incluem:

- Tomate de maturação tardia.
- Linho tolerante a herbicida.
- Variedades de beterraba açucareira, arroz, abóbora, cevada e trigo resistentes a vírus já estão em várias fases de avaliações de campo.
- Inserção de um gene que produz beta caroteno, um precursor da vitamina A, na canola e em arroz que naturalmente não contém beta-caroteno. As deficiências de vitamina A, comuns no mundo em desenvolvimento, podem causar danos irreversíveis à visão.

Variedades transgênicas e híbridos de algodão, milho, e batata, contendo genes de *Bacilo thuringiensis*, que efetivamente controlam vários insetos

pragas estão sendo agora comercialmente cultivadas em grandes áreas nos Estados Unidos, Argentina, Canadá, e China. O uso de tais variedades muito reduzirá a necessidade de aplicações de pulverizações e de inseticida. A adoção comercial por fazendeiros de culturas transgênicas foi um dos casos mais rápidos de difusão de tecnologia na história.

Culturas, características, e área plantada

A área geral cultivada com culturas geneticamente modificadas subiu para 52,6 milhões de hectares em 2001. O transgênico mais importante, em termos de área plantada, é a soja, seguido por algodão, canola e milho. Soja, milho, algodão e canola criados biotecnologicamente, responderam por mais que 99% dos materiais resultantes desta técnica, plantados em 2001. A tolerância a herbicida em todas as quatro principais culturas respondem por 77 por cento do total. A resistência a insetos em milho e algodão responderam por 15 por cento. Oito por cento eram algodão e milho cultivados com variedades acumulando tolerância a herbicida e resistência a inseto.

O nível de adoção global varia com a cultura. Em 2001, plantas resultantes da biotecnologia responderam por 46 por cento área colhida com soja, 20 por cento do algodão, 11% do óleo de canola e 7% do milho. Soja tolerante a herbicida permanece o transgênico de cultivo dominante. Plantada em 63% da área global ocupada com transgênicos em 2001, a soja transgênica cultivado em sete países - Estados Unidos, Argentina, Canadá, México, Romênia, Uruguai e África do Sul. O milho resistente a insetos, com 11% da área global com transgênicos, foi cultivados nos Estados Unidos, Canadá, Argentina, África do Sul, Espanha e Alemanha. Em 2001, quatro países - Estados Unidos, Argentina, Canadá e China - plantou 99% dos cultivos globais com transgênicos. Os Estados Unidos plantaram quase 68% do total, seguidos da Argentina com 22%. Além das quatro culturas principais, transgênicos de batata, mamão, abóbora e tomate foram aprovados em um ou mais países, e muitas outras espécies estão em processo de aprovação.

Em 2002, os três países mais populosos da Ásia (a China, Índia e Indonésia), as três economias principais da América Latina (Argentina, Brasil e México) e a economia principal da África (África do Sul), irão estabelecer cultivos comerciais de materiais biotecnologicamente obtidos expectativa de que, dentro de 10 anos, a China pode estar plantando variedades transgênicas de arroz, trigo, milho, feijão-soja e algodão, em 20 a 50% de seus 242 milhões de acres.

Em maio de 2001, Argentina aprovou o plantio algodão tolerante a herbicida, terminando com moratória de três anos para novas aprovações, consequência em parte de preocupações com o sentimento antibiotecnológico existente na Europa. Depois dos Estados Unidos (68% do total global), a Argentina é maior usuário do mundo de variedades

resultantes da biotecnologia (22% do total global), incluindo, milho, algodão e feijão-soja.

A adoção de cultivos transgênicos nos EUA foi muito maior do que nos demais países. A Figura 2 mostra a porcentagem da área cultivada semeada com materiais transgênicos nos EUA de 1996 a 2002. O plantio de variedades transgênicas atingiu 74% da área total de soja, 71% da de algodão e 32% da de milho em 2002. Aquelas porcentagens continuarão a crescer.

A maioria das variedades atualmente utilizadas pelos produtores é tolerante a herbicidas ou insetos. Além das colheitas listadas abaixo (Tabela 5), foram plantadas áreas secundárias com abóbora e mamão transgênicos.

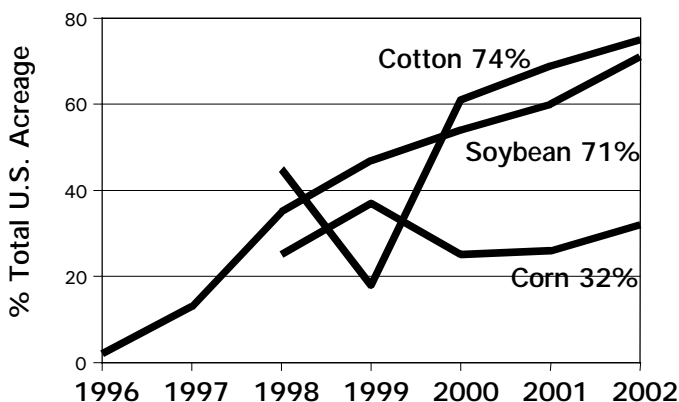


Fig. 2. Adoption of GM crops in the USA (CLSDSC 1999).

Tabela 5. Área de produção com cultivos transgênicos por país, em 2000 (James, 2000).

País	Área (milhões de acres)	Espécie cultivada
EUA	74.8	soja, milho, algodão, colza
Argentina	24.7	soja, milho, algodão
Canadá	7.4	soja, milho, colza
China	1.2	algodão
África do Sul	0.5	milho, algodão
Austrália	0.4	algodão
México	mínima	algodão
Bulgária	mínima	milho
Romênia	mínima	soja, batata
Espanha	mínima	milho
Alemanha	mínima	milho
França	mínima	milho
Uruguai	mínima	soja

Tolerância a herbicida

O controle de ervas daninhas é um dos desafios maiores apresentados ao produtor, pois se deficientemente controlado acaba por reduzir o rendimento e a qualidade. Muitos herbicidas existentes no mercado controlam apenas alguns tipos de ervas daninhas, e são aprovados para uso em fases de crescimento e cultivos específicos. Os resíduos de alguns herbicidas permanecem no solo durante um ano ou mais, de forma que os agricultores devem atentar para a história de uso de herbicidas em um campo ao planejar o que plantar.

As culturas tolerantes aos herbicidas solucionam muitos desses problemas como provenientes que incluem transgenia que provê tolerância aos herbicidas Roundup® (nome químico: glyphosate) ou Liberty® (glufosinate). Estes herbicidas são de largo espectro, matando quase todos os tipos de plantas com exceção das que têm o gene de tolerância. Assim, um agricultor pode aplicar um único herbicida em suas lavouras de variedades tolerantes; usar Roundup e Liberty na maioria das fases de crescimento em que se façam necessários. Outro benefício importante é que esta classe de herbicidas se degrada rapidamente no solo, eliminando problemas sequenciais e reduzindo o impacto ambiental. Variedades tolerantes a herbicidas são populares entre os agricultores porque lhes permita controlar ervas daninhas de forma mais simples e flexível.

Cultivares Bt, resistentes a insetos

“Bt” é uma abreviatura para *Bacilo thuringiensis*, uma bactéria do solo cujos esporos contêm uma proteína cristalina (Cry) (Shahina Bano Maqbool et al.). No intestino de inseto, a proteína se decompõe liberando uma toxina, conhecida como endotoxina delta. Esta toxina adere e cria poros na parede intestinal, resultando em desequilíbrio de íons, paralisia do sistema digestivo, e, depois de alguns dias, a morte do inseto. Foram identificadas versões diferentes dos genes Cry, também conhecidos como “genes Bt”. Eles são efetivos contra diferentes ordens de insetos, ou afetam o intestino do inseto de modos ligeiramente diferentes. Alguns exemplos são mostrados na Tabela 7.

Table 7. Genes Bt tóxicos a várias ordens de inseto. (Datta et al. 1998).

Designação	Tóxico às seguintes ordens
CryIA(a), CryIA(b), CryIA(c)	Lepidoptera
Cry1B, Cry1C, Cry1D	Lepidoptera
CryII	Lepidoptera, Diptera
CryIII	Coleoptera
CryIV	Diptera
CryV	Lepidoptera, Coleoptera

O uso do Bt para controlar insetos não é novo. Inseticidas que contêm Bt e suas toxinas (por exemplo, Dipel, Thuricide, Vectobac) sem sendo comercializados há anos. Os inseticidas baseados em Bt são considerados seguros para mamíferos e pássaros, e mais seguros para insetos "não-alvo" do que os produtos convencionais. A novidade em cultivos de Bt é que uma versão modificada do gene Cry bacteriano foi incorporada ao próprio DNA da planta, de forma que sua própria célula produz a toxina. Quando inseto mastiga uma folha ou broqueia o talo de uma planta contendo Bt, ingerindo a toxina, morrerá dentro de alguns dias.

O uso de variedades de Bt reduziu drasticamente a quantidade de praguicidas químicos aplicados em algodão. De acordo com a revista Science, produtores dos EUA usaram 450,000 kg menos de praguicidas em algodão Bt do que eles teriam usado em variedades convencionais, em 1998. Produção e lucros também melhoraram nos campos de algodão Bt. Porém, os benefícios de milho Bt não eram tão claros. Devido à dificuldade de controlar eficazmente a broca européia em milho com inseticidas, e devido à grande variação em suas populações, de um ano para outro, a maioria dos agricultores não usa controles químicos em seus campos de milho convencionais (Vogt, 2001). Assim, os híbridos Bt substituíram praguicidas químicos somente em 20% da área total de milho Bt dos EUA. A lucratividade do milho Bt não é tão segura quanto no algodão; variará nos anos e locais, pois depende da intensidade da população de broca no milho. Entretanto, a liberação de milho transgênico resistente ao "rootworm", provavelmente será adotada generalizadamente nos EUA face à severas perdas causadas pelo inseto a cada ano.

Os primeiros testes de campo na China de uma variedade de arroz geneticamente modificada sugerem que a colheita venha a oferecer benefícios significantes a agricultura e nutrição na região. O arroz, que foi criado para resistir dano de pragas, tem um rendimento mais alto que arroz convencional, de acordo com os investigadores das Filipinas e China que desenvolveram e testaram nova cultivar. A variedade criada foi projetada para ser resistente a certos insetos praga, produzindo Bt.

Gene de lecitina para controle de insetos

Além do gene Bt, há evidência de que o gene lecitina é promissor para uso em plantas transgênicas que objetivem o controle de insetos. Cientistas no Reino Unido introduziram três genes de ação inseticida simultaneamente (os genes Bt cry1Ac e cry2A, e o snowdrop gene gna de lecitina) nas variedades de arroz do tipo indica, comercialmente importantes, M7 e Basmati 370, através de "balística" - também conhecida como "biobalística". As plantas transgênicas expressaram Cry1Ac, Cry2A e GNA em diferentes níveis, tanto isoladamente como em combinação, como 0.03-1%, 0.01-0.5% e 0.01-2.5% de proteína solúvel total, respectivamente. Elas propiciaram significante ($p < 0.01$) proteção contra três dos insetos mais importantes de arroz na Ásia (*Cnaphalocrocis*

medinalis; *Scirpophaga incertulas*; *Nilaparvata lugens*). Os transgênicos triplos mostraram resistência significativamente mais alta a estes insetos que as plantas que expressavam um único transgênico. Biotestes utilizando o triplo transgênico mostraram também altos níveis de erradicação desses insetos (Alan, 1998). A maior redução na sobrevivência de insetos e nos danos causados à planta,

COMBINAÇÃO DA TECNOLOGIA DO BT COM ARROZ HÍBRIDO

Dois avanços tecnológicos foram combinados para melhorar a produtividade - arroz híbrido e o gene Bt da endotoxina. O arroz híbrido, desenvolvido e comercializado na China em 1976, ficou popular porque apresenta uma vantagem de 20% sobre o rendimento de variedades nativas (Virmani et al., 1998). A clonagem do gene da endotoxina delta Bt em plantas, posteriormente aumentou sua efetividade. Dez anos atrás a Monsanto mostrou que a fusão de dois genes Bt poderia melhorar mais ainda a proteção das plantas contra insetos. Em 1999, cientistas chineses desenvolveram um arroz híbrido comercial fundindo um gene Bt híbrido. Este arroz mostrou 28% de vantagem no rendimento em condições de campo. O avanço desta conquista ajudará a reduzir consideravelmente uso de praguicidas.

Foram observadas linhagens de arroz híbridas capazes de produzir rendimentos 20% mais altos do que os das variedades semi-anãs nativas. Agora são cultivados híbridos de arroz em aproximadamente 55% das áreas de expansão de arroz na China, os quais contribuem com 66% da produção de arroz total daquele País. Durante os últimos quatro anos, Índia, Vietnã, Bangladesh, e Filipinas têm usado esta tecnologia com sucesso. A produção de arroz híbrido envolve um sistema de três-linha: macho estéril citoplasmático (CMS), mantenedor, e linhas restauradoras. A incorporação de gene(s) de resistência em uma linha de CMS torna esta tecnologia extensamente aplicável ao desenvolvimento de híbridos de arroz resistentes a insetos.

Levou 10 anos para que fosse desenvolvida a primeira planta transgênica com o gene Bt. Porém, a expressão da proteína endotoxina Bt era muito baixa (<0.001% proteína solúvel na folha) para propiciar proteção adequada dos insetos. Agora a situação mudou drasticamente à medida que genes sintéticos ou truncado foram desenvolvidos pela remoção de introns potencialmente impróprios e sinais de polidelineação durante a síntese do gene Bt.

O híbrido de arroz Bt (Shanyou 63) foi testado em campo em Wuhan, China, em 1999 e 2000. Plantas do transgênico foram testadas em campo dentro de populações natural e manualmente infestadas por dois lepidópteros. Os híbridos transgênicos mostraram alta proteção contra ambos insetos. O rendimento do arroz Bt híbrido foi 28.9% maior que o do

híbrido sem Bt. Considerando que o ensaio foi conduzido sem uso de substâncias químicas após o transplante, estes resultados demonstram que a fusão da proteína Bt no genoma do transgênico propiciou proteção de longa ação durante o período contra os dois lepidópteros.

O arroz é cultivado em diferentes ecossistemas. Cultivares já adaptadas deveriam ser usadas pelos melhoristas na incorporação do gene Bt. Por exemplo, nós desenvolvemos arroz de água profunda (DWR) com o gene de Bt. O DWR normalmente cresce em áreas inundadas com mais de 50 cm (às vezes até 400 cm) durante um mês ou mais durante o ciclo. O seu rendimento é geralmente baixo (1-2 t/ha) e muito frequentemente reduzido pelo ataque de insetos. A aplicação de inseticidas para DWR causa muitos problemas. São limitados os tratamentos culturais normais ao período de pre-inundação e pulverizar não é possível quando a água estiver mais funda do que 50 cm. Além disso, praguicidas poderiam afetar os predadores naturais úteis e causar mortalidade em peixes. Os peixes produzidos no DWR são uma importante fonte de renda e de proteínas para as populações dessas áreas. O desenvolvimento de variedades de DWR ajudará os fazendeiros significativamente em ecossistemas propensos a inundação. Nós introduzimos com sucesso um gene cryIA(b) (fornecido por Novartis) em uma variedade DWR de elite (7 de Vaidehi) e material homocigoto já está pronto a ser transferido para a Índia para testes de campo e uso futuro.

Cultivos Bt de sucesso, inclusive o primeiro arroz comercial Bt híbrido, já foram avaliados extensivamente em campo. No futuro, o uso de culturas Bt, dentro de uma estratégia de Manejo Integrado de Pragas adaptado, pode conduzir à uma não agressiva proteção ambientalista e duradoura das lavouras. O sucesso da associação de Bt e arroz híbrido, provê recursos para o MIP nos países da Ásia tropical.

OGMs para Controle da larva da raiz do Milho

A larva de raiz do milho - a fase larval de um coleoptero - é praga generalizada no cinturão do milho nos EUA e muito danoso quando não controlada. As larvas alimentam-se das raízes das plantas e as deixam debilitadas comprometendo a absorção de água e nutrientes. O DDT era o inseticida extensivamente usado contra esta praga até ser retirado do mercado por causa de preocupações ambientais. Desde então tem sido recomendados vários outros inseticidas.

A praga é mais comum em estados como Nebraska onde os fazendeiros plantam milho ano após ano, sem alternar com outras culturas como soja. Até recentemente, a rotação com outras espécies era um controle cultural efetivo e geralmente exterminava com o rootworm, mas em algumas áreas a praga desenvolveu a habilidade de sobreviver em campos de soja. O que, em troca, aumentou o uso de praguicidas químicos.

Como em muitas culturas geneticamente manipuladas, o controle larva da raiz no milho é propiciado pela transferência de um gene Bt (Peairs 2002). Os genes Bt produzem toxinas Bt diferentes que matam pragas diferentes, desta forma dotando as plantas geneticamente criadas com o próprio inseticida "biológico". Os fazendeiros norte americanos aplicam atualmente aproximadamente a mesma quantia de praguicidas que aplicavam antes da revolução biotecnológica.

Isso mudaria claramente se a regulamentação federal aprovar o milho modificado para resistir à larva da raiz, que se estima custar aos fazendeiros US\$1 bilhão por ano, e é o alvo de mais da metade dos 10 milhões de libras de inseticidas usado anualmente pelos produtores de milho. A Monsanto espera que o novo milho esteja disponível para semeadura na próxima Primavera. É calculado que até 8.5 milhões de libras de inseticidas não seriam usados se a tecnologia comportar-se como esta mostrando" nos testes experimentais Isso teria um tremendo impacto tanto no ambiente quanto nos trabalhadores rurais.

OGMs para controle de insetos em soja

Imagine controlar muitos dos insetos praga mais prejudiciais sem aplicar um inseticida. Isso seria feito com soja Bt (Soybean Digest, 2001). A Monsanto, um dos protagonistas principais em tecnologia Bt, está testando sua versão do gene de cry1Ac em muitos estados do Brasil e na Argentina. Realizando testes na América do Norte e América do Sul, a companhia está obtendo o equivalente a dois anos de testes em apenas um. O principal inseto visado é a lagarta da soja, *Anticarsia gemmatalis*. As primeiras indicações apontam que este produto comporta-se muito bem contra a lagarta da soja e mostra níveis de eficácia contra outros insetos alvo.

Chicken Gene em Milho - A Universidade do Estado de Kansas e o Laboratório de Insetos de Grãos do USDA em Manhattan, desenvolveram um milho de transgênico que contém a proteína *avidin* do ovo da galinha que torna o grão resistente a insetos que atacam os produtos armazenados (ISB 2000a). Os cientistas descobriram que a *avidin* de galinha, e uma proteína relacionada, *streptavidin* bacteriano que quando administradas em dietas semi artificiais, causou deficiência de biotina na broca europeia do milho em várias espécies de insetos de produtos armazenados. Isto, resultou num crescimento debilitado à mortalidade nessas espécies.

Insetos "Biotech"

Alterando com genes, os cientistas fizeram tomates que ficam mais frescos por período mais longo, colheitas que são imunes aos herbicidas e peixes que crescem mais rápido. Agora, um inseto geneticamente criado está emergindo do laboratório. O primeiro teste de campo de um inseto "biotech"-- que contém um gene de água-viva - foi conduzido. O gene adiciona à larva uma fluorescência que permite aos cientistas localizá-las mais facilmente e monitorar o seu comportamento.

Os cientistas estão agora prontos com o próximo passo : testando uma versão biotech, chamada "*Terminator*" pelos fazendeiros, que é estéril mas sexualmente ativa; objetivam seu acasalamento com os parentes silvestres e eliminar sua descendência (Brasher, 2001).

MISTURAS GENÉTICAS PARA MANEJO DA BRUSONE

A brusone causa pesadas perdas de rendimento na cultura do arroz em regiões temperadas e tropicais. É uma das doenças mais sérias que afetam produção de arroz na China. Os fazendeiros chineses pulverizam seus cultivos de arroz por seis ou sete vezes. A resistência genética, incorporada em variedades novas, dura apenas aproximadamente três anos porque o patógeno se adapta rapidamente, superando os fatores de resistência apresentados pelas plantas.

Com estratégia simples de manejo, cientistas do IRRI coordenados pelo Dr. Tom Mew, em colaboração com cientistas da Universidade Agrícola de Yunnan, controlaram uma epidemia devastadora que ameaçou destruir a imensa colheita de arroz chinesa .

O IRRI desenvolveu um projeto com os sistemas de pesquisa agrícola nacionais (NARS) da China, Tailândia, Vietnã, e Filipinas chamado "Explorando Biodiversidade para Manejo Sustentável de Pragas. O projeto começou quando a agricultura moderna estava sendo apontada como a causa de epidemias freqüentes e problemas de praga em razão da uniformidade genética, alto uso de fertilizantes e agroquímicos, e alta produção em monocultura de um único cultivar por grandes áreas. O problema de brusone na China envolveu todos estes fatores. Os cientistas argumentaram que num extenso cultivo com uma única variedade de arroz, como aquele existente no Vale de Rio Vermelho de Yunnan, no sudoeste da China , uma única doença como a brusone poderia explodir facilmente em uma epidemia. Depois que o patógeno se adaptasse à fisiologia de uma planta, estaria habilitado para atacar o resto do cultivo. A chave seria utilizar variedades diferentes com genes de resistência diferentes.

O desafio era similar uma situação na qual a resistência natural para doenças fosse diversificada por uma estratégia de distribuição varietal nos atuais cultivos. O objetivo visado era intercalar ou cultivar variedades diferentes de arroz no mesmo campo. Uma experiência em 1997, cobrindo alguns hectares, sugeriu que a intercalação pudesse alcançar 92 a 99 por cento no controle da brusone como também atingir um sucesso inesperado, aumentando os rendimentos de meia a 1 tonelada por hectare. Em 1998, foram plantados 812 hectares com arroz híbrido e arroz glutinoso, quatro linhas de um e uma linha do outro. A lavoura só foi pulverizada com fungicida uma vez. Os rendimentos alcançaram 9 toneladas de arroz híbrido e quase 1 tonelada de arroz glutinoso por hectare. Mais impressionante foi o fato de que dentro da lavoura intercalada

a incidência de brusone caiu para cinco por cento de um patamar normal de 55 por cento, e a perda de rendimento caiu de 28% a 0%. A área cultivada assim cresceu extensivamente e os cientistas envolvidos esperam que venha cobrir a da Província de Yunnan inteira - aproximadamente um milhão de hectares de arroz.

Os elementos chave para este tipo de manejo da brusone são: usar variedades de arroz diferentes, com genes de resistência diferentes; alternar variedades diferentes cada estação; e intercalar variedades. Este enfoque reduziu o uso de fungicida, e a efetividade de resistência genética natural contra a brusone por mais tempo. A brusone também é um problema muito grande em outras regiões asiáticas e é esperado que este manejo também lá seja eficiente. Os cientistas estão realizando estudos para determinar o efeito da diversificação de germoplasma ou varietal no manejo de outras pragas.

Até o presente, os melhoristas produziram variedades de alto rendimento virtualmente de todas as principais culturas do mundo, inclusive sorgo, milho, mandioca, e feijão, e há aproximadamente 13 centros de melhoramento dedicados à esses trabalhos ao redor do mundo.

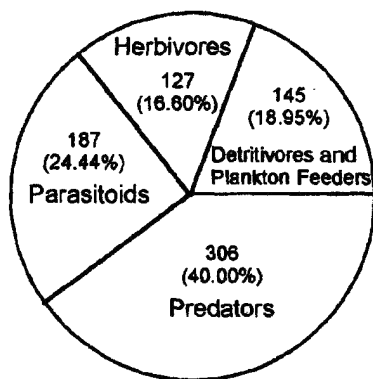


Fig. 3. Biodiversidade nos arrozais da Indonésia (Settle, 1996).

Controle biológico

Estudos com arroz realizados por William Settle (1996), cujos resultados são mostrados na Figura 3, mostram que os ecossistemas de arroz irrigado tropicais provêm um dos melhores exemplos de supressão de praga. Trabalhos em arroz irrigado tropical desde 1991 demonstraram que parasitóides e predadores compõem 64.4% dos organismos enquanto espécies de praga (herbívoros) compunham só 16.6%. Muitos sistemas tropicais exibem um padrão sazonal típico de interações no qual uma

sempre presente cadeia alimentar do solo e aquática se liga à outra sobre a água (aérea) via insetos que se alimentam de plâncton e detritos. Estas espécies de ligação são presas para uma rica composição de espécies predadoras no arrozal, proporcionando assim uma fonte alternativa de alimento para os insetos úteis, imensamente abundantes na estação. O resultado líquido é que as populações do predador "desligam-se" da dependência pela praga específica, permitindo desenvolver suas populações com antecedência - antes mesmo que a praga surja. O resultado é que as pragas migratórias de início de estação não acham nenhum santuário a sua espera e suas populações têm dificuldades em ocupar posição segura no sistema. Diante deste cenário a probabilidade de populações de praga "escaparem" do controle por inimigos naturais e alcançar níveis de surto é pequena.

Porém, certos fatores de manejo podem impedir a efetividade deste mecanismo baseado no sistema na supressão de pragas. Anos de experimentos e a experiência dos fazendeiros demonstram que os inseticidas usados em arroz tropical são virtualmente desnecessários e contraprodutivos. Eles rompem o nível normalmente alto de supressão de praga, resultando entre outras coisas, em surtos "ressurgentes" que caracterizaram a produção de arroz na Ásia durante os anos setenta e oitenta. De uma natureza diferente, mas também importante é o nível de vegetação e padrões de água. As pequenas plantações tradicionais onde o arroz é cultivado na maioria do ano em um ambiente descontínuo, pareça ser mais estável com respeito a supressão de praga. Grandes monoculturas, especialmente quando associadas com períodos secos e longos de pousio, são menos estáveis e mais propensas a problemas com pragas.

O controle biológico em arroz enfatizou principalmente a conservação de inimigos naturais - enfoque que teve êxito particularmente na Ásia. Uma campanha inovadora que promete ajudar a proteger um milhão de fazendeiros de arroz - no delta do Rio Vermelho, no Vietnã - dos efeitos prejudiciais de inseticidas nocivos, ganhou um dos principais prêmios ambientais do mundo. A campanha - que será levada adiante juntamente por um time de cientistas filipinos e vietnamitas - sustentar-se-á num esforço que reduziu drasticamente o mau uso de inseticida no Delta do Mekong no Vietnã (Nguyen An Luong). Lançada primeiro em 1994 no delta do Mekong - de longe uma grandes bacias arrozeiras da Ásia - a pesquisa e campanha subsequente marcou época na produção de arroz por duas razões. Primeiramente, identificou com clareza o dano causado pelo uso excessivo de inseticidas que exterminam insetos úteis favorecendo as pragas que deveriam controlar, e também desenvolveu um meio completamente novo de transferir informação importante aos fazendeiros.

Depois de testar a campanha no delta de Mekong, onde quase 2 milhões de produtores de arroz foram persuadidos a reduzir o uso de substâncias

químicas prejudiciais e desnecessárias, os parceiros de pesquisa, no Dia Mundial do Ambiente em junho passado, lançaram campanha semelhante, ainda em andamento na Província de Sing Buri, do norte da Tailândia. Agora eles estenderão a campanha a outros milhões de fazendeiros de arroz no delta de Rio Vermelho. A pesquisa determinou que muitas pulverizações com inseticidas aplicadas por fazendeiros de arroz asiáticos são desnecessárias porque são aplicadas no momento errado e para os objetivos errados. Além disso, muitas das substâncias químicas usadas rompem os mecanismos de controle biológicos naturais - o "sistema imunológico" da natureza - e assim criam um ambiente favorável para espécies de praga adaptadas ecologicamente. Isto impele os fazendeiros a pulverizar até mais tarde durante a estação. Não só podem os fazendeiros se tornar as vítimas de envenenamento por praguicidas como as pulverizações causarem dano a fauna aquática, reduzindo o cultivo de peixes e crustáceos, e causando grande dano ao ambiente local.

A maioria dos fazendeiros do Vietnã pulveriza nas fases iniciais de cultivo por causa do visível dano nas folhas causado por lagartas, besouros e gafanhotos. Porém, muitas das modernas variedades de arroz hoje tem resistência a insetos embutida e geralmente não requerem controle. Uso exagerado e pulverização incorreta de inseticidas devem-se a anos de propaganda e comercialização agressivos que incutiam medos freqüentemente infundados. Os que parecia motivar os fazendeiros para pulverizações inseticidas durante as fases iniciais era o mau entendimento, a falta de conhecimento e estimativas viciadas das perdas devido a pragas. O que os fazendeiros de arroz esperaram perder, se nenhum inseticida fosse aplicado, era aproximadamente 13 vezes maior que as perdas reais. Foram desenvolvidos meios para mudar a conduta dos fazendeiros e os motiva-los a pulverizar menos.

O rádio é uma fonte primária de informação para fazendeiros e constituiu o coração de uma campanha de mídia que, em seus primeiros seis anos, teve um impacto profundo no uso de inseticidas no Delta do Mekong. Atores radiofonizavam comédias breves, usando situações rústicas e fatos científicos sólidos para fazer a audiência rir. As mensagens simples, humorísticas se fixaram nas mentes de milhares de fazendeiros. Os dramas de rádio, apoiados por folhetos e cartazes, foram levados ao ar primeiro na Província de Long An, em 1994. A pesquisa tinha mostrado que nos primeiros 40 dias depois de semeadura não era necessário pulverização, informando-se aos fazendeiros que fazê-lo era um desperdício de dinheiro. Eles foram encorajados a uma experiência simples: pulverizando só parte de seus cultivos e comparando o rendimento com o das partes não pulverizadas. Os efeitos logo tornaram-se óbvios, e antes de 1997 a campanha tinha sido abraçada pelos governos de outras 11 províncias e atingindo aproximadamente 92 por cento das 2.3 milhões de propriedades do Delta do Mekong. O uso de inseticida caiu de uma média de 3.4 aplicações, por fazendeiro por estação, para apenas uma - diminuição de 72 por cento. O

número de produtores que aprendeu que os inseticidas matavam tanto as pragas como seus inimigos naturais, subiu de 29 para 79 por cento. Ao mesmo tempo, a produção total de arroz em casca do Delta do Mekong aumentou de 11 milhões para 14 de milhões de toneladas por ano.

Soja no Brasil

O programa MIP em soja está baseado em medidas preventivas incluindo exclusão de pragas, resistência no hospedeiro, controle biológico e cultural, combinado com crescente biocontrole, biopesticidas e praguicidas. Estas táticas são associadas com embargos legislativos, inspeções e quarentenas que são usadas para prevenir a introdução de pragas de soja em áreas novas. Foram identificados genótipos de sojas resistentes a insetos da folha, vagem e algumas brocas do talo. Um componente principal deste programa é o do controle biológico. Medidas de controle usadas contra insetos pragas de soja incluem liberações crescentes do *Trichogramma spp.* parasita de ovos de lepidópteros, e Vírus da Poliedrose nuclear para a lagarta da soja, *Anticarsia gemmatalis* (Moscardi e Sosa-Gomez, 1992)

Tanto no Brasil quanto no Paraguai, a redução de uso químico foi alcançada pelo uso do biopesticida de NPV, Baculovirus anticarsia para controle da lagarta da soja. Originalmente produzido pela Embrapa Soja, agora é produzido e distribuído pelo setor privado. Calcula-se que aproximadamente 1 milhão de ha fora pulverizado em 1992.

MIP E AGRICULTURA ORGÂNICA

Muitas das estratégias usadas em MIP são compatíveis com agricultura orgânica e podem ser integradas em uma aproximação de agricultura orgânica. Esta estratégia é muito comum na produção de hortaliças. Em contraste com MIP, agricultura orgânica é uma aproximação filosófica para cultivo que exclui qualquer contribuição sintética para controle de praga ou nutrição de planta. Os fazendeiros orgânicos são avessos à usar algumas das técnicas de pouco risco e tecnologias disponíveis aos produtores que praticam MIP, simplesmente porque elas são sintéticas.

A agricultura orgânica é um sistema de agricultura ecológico que promove e aumenta a biodiversidade, a atividade biológica e os ciclos naturais. Está baseada em uso mínimo de praguicidas sintéticos e fertilizantes e em práticas de manejo que restabelecem, mantêm e aumentam a harmonia ecológica. Fazendas orgânicas reduzem alguns dos impactos negativos da agricultura convencional, como erosão de solo e lixiviação de carbono e nitrogênio.

A agricultura orgânica apresenta em benefício adicional às abordagens do MIP por definir claramente os padrões e possuir um processo de certificação bem delineado e reforçado pelas agências governamentais e independentes.

MANEJO INTEGRADO DE CULTURA (IPM+ IPNM+ WM+ IWM)

O Manejo de Cultura Integrado (MIC) abraça todas as atividades do sistema de produção e está composto de várias estratégias de manejo que focalizam fatores restritivos particulares, como manejo integrado de pragas (MIP), manejo integrado de pragas e nutrientes (MIPN), manejo de ervas daninhas (MED), manejo integrado de água (MIG). O MIC preocupa-se em manejar um sistema de produção aperfeiçoando o uso do natural. O sucesso da estratégia de Manejo Integrado de Cultura em produção de arroz variou nas diversas regiões do mundo. MIC é a filosofia básica das Escolas Campo da FAO na Ásia e África.

IMPLEMENTAÇÃO DE MIP

Legislação, política e quarentenas

Existem várias leis e regulamentos que diretamente e indiretamente tratam do MIP nos níveis internacional, federal e estadual. As Leis que diretamente tem mais impacto no MIP tratam de pragas, seu manejo e, em alguns casos, dos métodos para controle. Legislação, regulamentos e códigos são usados em níveis nacionais e internacionais para assegurar a boa prática do MIP, controlar o uso seguro e a disponibilidade dos produtos de controle, a qualidade de alimento e de outros produtos que requerem tratamento contra pragas e a introdução de organismos exóticos por limites nacionais. Tal legislação apresenta muitas formas e tem impacto principal sobre as práticas de cultivo, a agroindústria e o consumidor. Exemplos de legislação com papéis relevantes no MIP incluem: (1) regulamentos de quarentena e esforços de erradicação; (2) distritos de controle e ou redução de pragas; (3) estabelecimento de uma estação restrita para cultivo para evitar formação de uma praga; (4) registro de materiais perigosos (praguicidas e organismos geneticamente modificados), autorizando e treinando de negociantes de praguicidas; (5) liberação de variedades aos fazendeiros; estabelecimento de padrões de qualidade para os alimentos; e (6) troca e exploração de diversidade biológica.

Regulamentações de quarentena são de importância crescente por causa dos maiores níveis de comércio e transporte entre países e continentes. Há numerosos exemplos de dano econômico severo causados por pragas exóticas. A ameaça da introdução acidental de uma praga principal ou espécies de patógenos que potencialmente poderiam causar problemas importantes para agricultura, silvicultura ou saúde pública, levou os governos a dar passos para reduzir a probabilidade de tais introduções ocorrerem. Isto é alcançado por regulamentos de quarentena. Os regulamentos de quarentena são desenvolvidos pelos governos para reduzir as chances de introduzir pragas em artigos importados de países estrangeiros. Um levantamento das pragas listadas em regulamentos de

quarentena em 125 países, 614 eram espécies de insetos e ácaros. As dez espécies de insetos praga mais freqüentemente citadas pela maioria são listadas na Tabela 8.

Tabela 8. Os dez insetos mais citados insetos na regulamentação de quarentena de 125 países (segundo Kahn 1993).

INSETO		N° de países citando o inseto
Nome científico	Nome comum	
<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>	Escama São José	44
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	Besouro do Colorado	40
<i>Ceratitidis capitata</i>	Moscado Mediterraneo	39
<i>Rhagoletis pomonella</i>	Apple maggot	33
<i>Bactrocera dorsalis</i>	Mosca oriental	28
<i>Popillia japonica</i>	Japanese beetle	28
<i>Anthonomus grandis grandis</i>	Boll weevil	21
<i>Anastrepha ludens</i>	Mexican fruit fly	20
<i>Rhagoletis cerasi</i>	Cherry maggot	20
<i>Pthorimaea operculella</i>	Potato tuberworm	19

A regulamentação envolvendo praguicidas que incluem substância químicas e praguicidas biológicos normalmente é levada a cabo através de agências governamentais. Nos EUA é da responsabilidade da "Environmental Protection Agency" - EPA (Agência de Proteção do Meio Ambiente) e da Food and Drug Administration - FDA (Serviço de Administração de Alimentos e Drogas Medicinais). Em nível internacional, a Organization of Economic, Cooperation and Development - OECD (Organização de economia, Cooperação e Desenvolvimento), uma organização intergovernamental com 29 países associados, a FAO e a Organização Mundial da Saúde (OMS) tem papéis importantes na harmonização de procedimentos e regulamentos que visem reduzir os impactos negativos do uso de praguicida. A FAO produziu um Código Internacional de Conduta sobre a distribuição e uso de praguicidas. Uma característica fundamental do código é uma lista de praguicidas que foram proibidos ou severamente restringidos, por razão saúde ou ambiental, em um mínimo de cinco países.

A regulamentação envolvendo organismos geneticamente modificados (OGM) foi a preocupação e interesse de várias organizações. Hoje, a maioria dos países tem seus próprios regulamentos relativos a OGM. Em termos de assuntos relativos a OGM, as preocupações se relacionam à necessidade de considerar efeitos indiretos e cumulativos das culturas geneticamente modificadas (GM), a possibilidade de transferência de gene da espécie GM para parentes selvagens e a 'contaminação' por polinização cruzada de cultivos não GM pelas variedades GM.

PAPEL DAS AGÊNCIAS FEDERAIS, UNIVERSIDADES E ORGANIZAÇÕES INTERNACIONAIS NO MIP

Pesquisa e educação em agricultura tem longa tradição e estão intimamente ligadas a inovações incrementadoras. Na maioria, se não todos os países, as agências de pesquisa dos governos nacionais e as universidades têm papel importante nas inovações agrícolas bem como no desenvolvimento de componentes de MIP e na implementação do MIP ao nível de fazendeiro. Nos EUA, o Departamento de Agricultura (USDA) e as universidades estatais trabalham de mãos dadas para desenvolver e implementar estratégias de MIP. O USDA está principalmente envolvido na pesquisa que conduz ao desenvolvimento de componentes de MIP e procedimentos reguladores, considerando que as universidades se envolvem no desenvolvimento de componentes e na implementação do MIP pelo Serviço de Extensão Federal. O treinamento de fazendeiros em MIP é uma função principal das universidades.

O Programa abrangente em MIP do CGIAR-

Os centros do Grupo Consultivo em Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR) localizados no mundo desenvolveram um programa amplo em MIP (SP-MIP). O plano de ação da Agenda 21, formulado pelas Nações Unidas "Earth Summit", decidiu no Rio de Janeiro em 1992, ser o MIP um elemento fundamental em desenvolvimento agrícola sustentável. O SP-MIP foi estabelecido em 1995 como parte da resposta a Agenda 21 e sinaliza a determinação dos Centros de Pesquisa Agrícola Internacional (IARC) e seus associados de abraçar o enfoque do MIP e de se engajar efetivamente, não só na procura de soluções técnicas mas também no esforço para assegurar que MIP se torne a estratégia de proteção preferida pelos fazendeiros ao redor do mundo.

A meta do SP-MIP é contribuir para o desenvolvimento agrícola sustentável, aumentando a efetividade de pesquisa em MIP nos Centros de Pesquisa Agrícola Internacionais. Este programa busca encorajar melhor comunicação e co-ordenação mais íntima entre os Centros e seus associados. Os IARC afirmam então que o MIP é sua estratégia preferida em relação à sanidade de plantas e animais e que, pela pesquisa e atividades relacionadas, promoverão a adoção do MIP pelos fazendeiros. De acordo com o SP-MIP, a pesquisa relativa ao MIP é interdisciplinar e procura uma aproximação holística no manejo de ecossistemas agrícolas e naturais.

MIP mantém e utiliza a biodiversidade como a base natural para manejo de pragas no contexto de desenvolvimento agrícola sustentável.

O desenvolvimento de MIP tem como guia a participação do agricultor, a diagnose do problema, a pesquisa dos componentes, para validação em campo.

A adoção do MIP depende da habilidade de fazendeiros para tomar decisões, baseadas em informação, e compreender os princípios ecológicos e econômicos. A participação do agricultor é alcançada por pesquisa e treinamento participativos que encorajem a integração de conhecimento tradicional e cientificamente-baseado' (Leimar Price e Balsubramani 1993).

O sucesso da implementação do MIP depende de política pública favorável.

Projetos atuais do SP-MIP

- Projeto global de MIP mosca branca
- Projeto de pesquisa e aprendizado participativa com agricultores
- Avaliação de impacto
- Plantas parasitárias com floração
- Manejando a biodiversidade no contexto de MIP
- Biota do solo e saúde
- Quantificando oportunidades para MIP
- Manejando brocas de vagem de leguminosas
- Papel da biotecnologia no MIP
- Microorganismos benéficos no MIP
- Manejo de ervas daninhas no Arroz

"Antes das escolas de MIP nós plantávamos nosso arroz e rezávamos para que pudéssemos ter uma boa colheita. Agora sabemos que na realidade nos podemos controlar vários dos fatores que influenciam a produção" (Um agricultor que usa MIP da Província de Thai Binh, Vietnam)

Escolas de campo para fazendeiros - ECF

As Escolas de Campo para Fazendeiros foram primeiramente estabelecidas, em 1989, na Indonésia, por oficiais fitossanitaristas para testar e desenvolver métodos de treinamento em campo como parte de um programa de MIP indonésio com assistência da FAO (Dhaliwal e Arora,

1996). As escolas de campo provaram ser uns dos meios efetivos de atingir os fazendeiros e dar-lhes acesso ao conhecimento e habilidades requeridas para produção e manejo de pragas. Em termos globais, escolas de Campo são agora ativamente promovidas por mais de 50 MIP/IPPM programas nacionais e locais, de iniciativa dos governos ou ONG. As escolas de campo foram integradas em forma modificada dentro de outros projetos como melhoramento do manejo de água, cultivo de arroz e hortaliças, manejo animal e aquacultura.

As escolas de campo estão baseadas na sólida educação de adultos na comunidade e são um modo efetivo de transferir conhecimento pelo aprender fazendo. Alguns fazendeiros que freqüentaram Escolas de Campo MIP dizem que eles têm sucesso porque adquirem idéias científicas básicas e conhecimento em grupos pequenos, amigáveis e, claro que, porque elas proporcionam para os agricultores a oportunidade de ganhar mais dinheiro e usar menos insumos, pelas contribuições trazidas pelos novos métodos às comunidades.

Escolas de campo são organizadas por grupos comunitários de 25-30 fazendeiros que compartilham interesses comuns e que apoiam uns aos outros. Um grupo de "facilitadores" ajuda os fazendeiros. A própria "escola" é uma "escola sem paredes" - uma área experimental na qual os participantes trabalham juntos para levar a cabo estudos e aprender atividades debaixo da orientação de um técnico de extensão competente. Esta área de estudo é o cerne da Escola de Campo e é essencial para permitir aos fazendeiros levar a cabo estudos sem risco pessoal, permitindo-lhes tomar decisões de administração que eles, caso contrário, não poderiam experimentar em suas próprias lavouras. A terra é mantida pelo grupo e não apenas pelo facilitador. As Escolas de campo são sempre instaladas na comunidade onde os fazendeiros vivem de forma que eles podem comparecer a reuniões semanais e manter os estudos na Escola Rural. O extensionista ou produtor facilitador viaja para o local nos dias de campo que são semanais para a maioria dos cultivos e mensais para cultivos perenes.

A filosofia principal por atrás das Escolas de Campo é que nenhuma tecnologia necessariamente funcionará em um novo local, dessa forma elas devem ser testadas, validadas e adaptadas localmente. Como resultado, sempre são testados métodos de IPM/IPPM em comparação com práticas convencionais. O resultante é que aspectos benéficos de IPM/IPPM são incorporados em melhores práticas de agricultura com altas taxas de adaptação.

Um aspecto essencial na participação nas pessoas é que os participantes recebem certificados escolares baseados na freqüência e nos resultados dos testes de campo. Tais certificados às vezes são os únicos certificados que os fazendeiros receberam na vida e podem constituir um grande objeto de orgulho para uma família. Normalmente há uma estação de estudos

seguinte, dependendo da sua intensidade da motivação dos participantes, de sua disponibilidade de tempo e, até certo ponto, de recursos financeiros. Os seguimentos podem ser reduzidos a apoios mensais, onde os fazendeiros discutem os próprios problemas implementando IPM/IPPM com facilitadores que ministram curso de campo completos para outros agricultores.

A estratégia de ECF que está baseada na anuência do fazendeiro. Os fazendeiros vivem e trabalham em um mundo onde eles enfrentam uma variedade de forças que incluem tecnologia, política, mercado, e sociedade. Estas forças podem marginalizar os fazendeiros se eles não estiverem alertas. Os participantes de ECF:

- Aprendem e podem aplicar princípios ecológicos para manejar melhor seus cultivos dentro de seu agroecosistema específico
- Torna-se mestre em aplicar a capacidade critica de pensamento tanto a nível de fazenda como de comunidade;
- Adquirem habilidade de liderança que aplicam na organização de enfoques que colaborem com o manejo do ecossistema local
- Desenvolvem capacidade dedutiva e criativa que lhes permitem juntar, sistematizar, e ampliar o conhecimento local

Mais de dois milhões de fazendeiros de arroz na Ásia e Suldeste da Ásia participaram de ECF em MIP de arroz, entre o início 1990, quando o primeiro ECF foi criado na Indonésia, e o final de 1999. Durante esses 10 anos, os fazendeiros, trabalhadores de campo em extensão agrícola, trabalhadores de campo em proteção de plantas, e trabalhadores de campo de ONG aprenderam como facilitar o enfoque ECF e criaram mais de 75.000 ECF. Os fazendeiros que participaram nas Escolas de Campo reduziram o uso de praguicidas, melhoraram o uso de insumos como a água e o fertilizante, aumentaram a produtividade, e obtiveram maiores rendas. Deste começo eles passam a outros cultivos e ampliam a exploração compatível com seus agroecosistemas. O alunos do MIP estão na vanguarda para que se estabeleçam sistemas agrícolas sustentáveis nas suas aldeias e promover segurança de alimento para eles, seus filhos , e as gerações futuras.

A Escola de Campo para Fazendeiro MIP se tornou um modelo para educação de fazendeiros na Ásia e muitas partes de África e América Latina. A aproximação foi usada com uma gama extensiva de culturas inclusive algodão, chá, café, cacau, pimenta, hortaliças, pequenos grãos, e leguminosas. A ECF provou ser efetiva em envolver uma extensa gama das pessoas no processo de aprendizagem, de crianças de escola a deficientes físicos. As ECF conduziram a um enfoque MIP comunitário.

Comunidade MIP é uma abordagem estratégica cuja meta é institucionalizar o MIP a nível de comunidade. Comunidade MIP assume que todas as

peças rurais podem participar. Nesta análise os ativos podem ser descritos em termos de cinco categorias de "capital": natural, humano, social, físico e financeiro. As atividades comunitárias MIP pretendem:

- Criar e fortalecer o capital social em comunidades rurais, apoiando os próprios esforços de fazendeiros para construir associações e redes que lhes dão voz e melhores meios de ajuda mútua.
- Criar e fortalecer capital humano em comunidades rurais apoiando os próprios esforços de fazendeiros para treinar outros agricultores usando conteúdo e métodos que promovam o pensamento crítico e melhoria no processo decisório.
- Preservar e restabelecer capital natural em comunidades rurais apoiando os esforços de fazendeiros para levar a cabo estudos e práticas agrícolas (individual ou em grupos) que tomem em consideração os processos ecológicos.
- Estabelecer a fundação para melhoria no capital financeiro e físico de comunidades rurais pela criação e fortalecimento estruturas e processos que agilizarão a provisão e administração de crédito, e a construção e administração de instalações na aldeia, como laboratórios e centros treinamento.

Estratégias baseadas nesta análise estão ajudando fazendeiros pela Ásia a criar as suas próprias abordagens para instituição e desenvolvimento adicional do MIP em suas comunidades.

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (INFORMÁTICA)

O crescimento fenomenal de redes de comunicação nos últimos anos pode ser usado para criar um sistema de pesquisa agrícola global mais interativo. No passado, o conhecimento nativo sobre variedades locais, e técnicas de cultivo testadas por gerações, raramente chegavam a cientistas que poderiam incorporá-las em seus trabalhos. Agora, o conhecimento indígena, combinado com conhecimento científico novo e o clássico está disponível mundialmente (Ilhas 1998).

Informação e Tecnologia de Comunicação, ou ICT, é o amálgama do processo de informação e as telecomunicações. O ICT recorre a sistemas para produzir, armazenar, enviar e recobrar arquivos digitais. Estes arquivos podem conter textos, sons e imagens, tanto fixas como em movimento.

O MIP freqüentemente foi descrito como abordagem agrícola baseada em "intensidade de conhecimento" em cotraposição a "intensidade de agroquímicos". Informação em lugar de praguicidas é componente fundamental para administração da fazenda, e considerável perícia é requerida para coletar e analisar os dados pertinentes. Se os fazendeiros se tornarem peritos, o pessoal de campo de agências de governo e ONGs que

os aconselham e treinam precisam de mais conhecimento e habilidade do que a requerida pelos sistemas de extensão anteriores.

Com o mencionamento acima em mente, nós podemos distinguir entre dois usos diferentes de ICT no contexto de programas de MIP. Primeiramente, ICT para suporte na **tomada de decisão**. Secundariamente, ICT para suporte de **treinamento em MIP**. O ICT para tomada de decisão tem maior relevância atual na América do Norte, Europa e Austrália onde os fazendeiros estão usando computadores, enquanto o ICT para fins de treinamento é mais apropriada aos países em desenvolvimento. Internacionalmente, o interesse de usar ICT para apoiar programas de MIP conduziu ao estabelecimento da Sociedade de Informação MIP. Os parceiros que lançaram esta iniciativa foram:

- · IPM Forum (previamente levado pelo NRI, e agora administrado pelo CAB Internacional a [www.cabi-publishing.org/IPM /](http://www.cabi-publishing.org/IPM/)),
- · IPM Europe (ainda levado pelo NRI a <http://www.nri.org/IPME>)
- · Consortium for International Crop Protection (o maior site CICP é mantido por CIPM a www.IPMnet.org)
- · System-wide Program on Integrated Pest Management of the CGIAR, ([http://www.cgiar.org/spIPM /](http://www.cgiar.org/spIPM/))

Na Austrália, o Center for Pest Information Technology and Transfer ([http://www.cpitt.uq.edu.au /](http://www.cpitt.uq.edu.au/)) tomou uma abordagem diferente.. Em lugar de criar serviços web como base, CPITT produz software com pacotes que ajudam os fazendeiros a diagnosticar e resolver problemas de cultivo. O software é fornecido sob a forma de CDs. Rice IPM é um CD produzido pelo International Rice Research Institute, IRRI, em colaboração com o CPITT.

Bancos de dados e bibliotecas *on-line* - Os *sites* da rede têm vários graus de especialização. Alguns são úteis porque provêm só um tipo de informação, mas em grande quantidade. EXTOWNET é um banco de dados sobre praguicidas mantido pela Universidade da Califórnia [http://ace.orst.edu/info/extownet /](http://ace.orst.edu/info/extownet/). O Food and Fertilizer Technology Center, fundado pelos Governos do Japão, Coréia, Filipinas e Taiwan, criaram uma grande biblioteca *on-line* de documentos científicos que focalizam na agricultura na Ásia ([http://www.agnet.org /](http://www.agnet.org/)). O ASEAN IPM Knowledge Network é até mesmo mais especializado, enquanto provendo um catálogo *on-line* de documentos que lidam com MIP na Ásia; os documentos não estão disponíveis *on-line*, mas podem ser solicitados por sócios da rede ([http://asean-ipm.searca.org /](http://asean-ipm.searca.org/))

Centros de recursos baseados na rede - Estes *sites* integram vários tipos de informação - notícias, materiais de treinamento, listagens de organizações e peritos - mas lhes falta a profundidade dos bancos de dados. O *site*

www.CommunityIPM.org começou como uma atividade Programa da FAO para Comunidade MIP na Ásia. O *site* inclui informação sobre a Escola de Campo para Fazendeiros (ECF) aproximação para IPM que propicia treinamento em doze países. O escritório da Ásia do Centro Internacional de Batata também provê uma gama de informação sobre atividades na Região, incluindo documentos científicos, materiais de treinamento e endereços de contato a <http://www.eseap.cipotato.org>. Talvez o único exemplo de um *site* da Web ao nível nacional que focalize em MIP está na China; o *site*, em inglês e chinês, é mantido pelo Comitê Jovem da Sociedade Chinesa de Proteção de Plantas <http://www.ipmchina.net/>

Materiais de treinamento referência em CD

Embora estes materiais sejam 'off-line' eles merecem menção porque têm muitos dos benefícios da mídia digital: grande quantidade de informação pode ser armazenada em um espaço pequeno, e tipos diferentes de dados (texto, vídeo, sons) podem ser integrados. As funções de procura e processamento são normalmente mais rápidos em um CD do que em um sistema em rede, mas o CD é obviamente mais difícil de atualizar. Além de cópias sobre treinamento em MIP (Reissig et al. 1985) o IRRI produz vários CDs, como 'Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management', e 'The International Bibliography of Rice Research, 1951-2000'. CAB Internacional, situado no Reino Unido, produz Crop Protection Compendium (veja <http://pest.cabweb.org/cpc/cpchp.htm>)

Cursos de aprendizado a distância

Estes cursos podem combinar os benefícios de CDs, *sites*, e E-mail. Aprendizagem a distância para MIP é um desenvolvimento recente na Ásia, com só uma organização que provendo cursos, o Asia Pacific Regional Technology Center (APRTC) que é patrocinado pela indústria de praguicidas. APRTC começou cursos correntes em Algodão MIP, Arroz MIP e Legume MIP em 2001 (para detalhes ver <http://www.aprtc.org/>).

O Departamento de Entomologia, da Universidade de Nebraska, Lincoln, NE, EUA mantém Mestrado de Educação a Distância de Ciência em Entomologia.

A opção enfatiza trabalho em entomologia e flexibilidade em treinamento específico a outras necessidades e interesses individuais do estudante. O Mestrado a distância foi desenvolvido para estudantes que não podem participar em um programa de graduação intra-campus. Esta é uma opção de graduação sem pesquisa e sem tese que enfatiza trabalho de curso e aplicação prática do treinamento. Os estudantes tem oportunidade para aplicar o treinamento que recebem neste programa às suas profissões individuais. Para informação adicional sobre o programa de distância, visite o *site* do Departamento de Entomologia
:<http://entomology.unl.edu/educatn/distancems.htm>

Os destaques do programa de Mestrado a Distância são os que seguem:

O grau requer 36 horas de crédito (os quais podem ser obtido em cursos a distância). O grau requer 18 horas de crédito em entomologia.

As exigências de curso específicas são determinadas entre o estudante e um orientador.

Os cursos a distancia que são ministrados por vídeo, CD-ROM, e Internet. Alguns créditos de outras instituições podem ser utilizados para a obtenção do grau (com permissão).

O grau pode ser completado dentro de 2 anos, mas tipicamente espera-se que leve 3 a 4 anos.

As exigências para admissão incluem grau de estudante universitário de faculdade aprovada ou universidade, e trabalho de curso em biologia, química, e matemática.

Todos os cursos de distância podem ser tirados sem créditos. Se a titulação não é desejada, as aulas podem ser cursadas para aumentar o conhecimento e entendimento de entomologia e assuntos relacionados.

Os cursos oferecidos são os seguintes:

- Identificação de insetos e História Natural
- Comportamento dos insetos
- Inseto Ecologia
- Controle biológico de pragas
- Manejo de insetos de cultivos hortícolas
- Resistência em plantas hospedeiras a insetos
- Entomologia urbana e industrial
- Fisiologia dos insetos
- Toxicologia dos inseticidas
- Entomologia de manejo de pragas
- Métodos de apresentação
- Proteção internacional em plantas

Em 10 anos, computadores e internet não serão uma tecnologia nova, eles simplesmente farão parte do ambiente no qual as pessoas vivem e trabalham. O ambiente tecnológico ajudará a forjar os valores e habilidades da próxima geração; MIP, a exemplo de cada outro empenho humano, terá de ser lidado no contexto desses valores e habilidades.

COOPERAÇÃO E PARCERIA INTERNACIONAL

Em uma base global, há várias agências envolvidas em vários aspectos da promoção do MIP.

MIP Forum - Previamente levado pelo NRI e agora administrado pelo CAB Internacional, Reino Unido. O alvo do Foro é ajudar os fazendeiros pobres em países em desenvolvimento fortalecendo a capacidade de Organizações Não Governamentais (ONGs) promover e implementar aproximações e técnicas do manejo de praga integrada apropriado (MIP), como um componente de desenvolvimento agrícola sustentável ao nível de fazenda.

MIP Europa - Levado pelo NRI, Reino Unido. O IPM Europa, European Group for Integrated Pest Management in Development Cooperation, é uma rede por coordenar apoio europeu ao Manejo de Praga Integrada (MIP) em pesquisa e desenvolvimento. Envolve instituições da Comissão Européia (EC), União européia (EU) estados membros, Noruega e Suíça (os estados associados), e a Comissão européia (EC), com interesse em promover o manejo integrado de pragas em países em desenvolvimento. A razão de ser do Grupo é um esforço europeu organizado em política de MIP e implementação em desenvolvimento cooperativo (Isles 1998).

Consórcio para Proteção Internacional de Cultivos (CICP). Atualmente localizada na Universidade do Estado de Oregon, EUA.. O Consórcio para Proteção de Colheita Internacional (CICP), uma organização sem fins lucrativos, foi formado em 1978 por um grupo de universidades norte-americanas. Seu propósito principal era ajudar as nações em desenvolvimento a reduzir perdas de colheita causadas por pragas e também preservar o ambiente. A meta básica de CICP é desenvolver sólidas práticas de proteção ecológica e economicamente eficientes e em países em desenvolvimento e assegurar a saúde das comunidades rurais e urbanas.

Programa amplo em MIP dos Centros Internacionais (Grupo Consultivo em Pesquisa Agrícola Internacional - CGIAR). A meta da parceria é contribuir para progresso de desenvolvimento agrícola sustentável e a busca do bem-estar humano fazendo a informação disponível relacionada ao MIP chegar mais prontamente aos praticantes de MIP que trabalham no campo do desenvolvimento agrícola sustentável.

FAO, Roma. Desenvolveu e estabeleceu o conceito de Escola de Campo para Fazendeiros na Ásia que agora se difundiu pela África.

Programa cooperativo de Apoio a Pesquisa (IPM CRSP). Liderado pelo Virgínia Tech. Os EUA. e o Office of International Research and Development, o IPM CRSP com suporte do USAID, busca coordenar colaboração de pesquisa global entre os EUA e mais de vinte e instituições estrangeiras. **ARROZ MIP NO BRASIL**

Depois de mandioca, arroz é o segundo artigo mais produzido em Brasil para consumo doméstico. O consumo per capita de arroz é de aproximadamente 40kg e o de mandioca é em torno de 65kg. Brasil está entre os 10 maiores países no mundo com respeito a área (ha) de produção de arroz com maior área que a de todos os demais os países Sul americanos. Em comparação a eles e os EUA e, o Brasil tem a maior área de produção de arroz, com aproximadamente 3.5 milhões de ha em 2000 de acordo com estimativas de FAO. Isto diminuiu a aproximadamente 3.3 milhões de ha em 2001. O rendimento de arroz no Brasil é baixo quando comparado globalmente aos de outros países. O rendimento de arroz no Brasil é mais baixo que o dos EUA e outros países Sul americanos (Figura 4). Os rendimentos médios para o Brasil foram respectivamente 3.1 e 3.2 Mt/ha nos anos de 2000 e 2000.

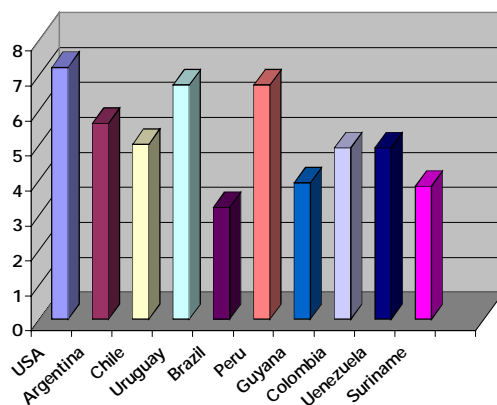


Fig. 4. Produtividade de arroz (ton/ha) nas Américas do Norte e do Sul.

Existem muitos fatores que afetam os rendimentos de arroz de sequeiro e irrigado no Brasil, dentre os quais se citam os insetos com redução de 10 a 35% . (Martins et al, 2000). As pragas principais do sistema inundado são a lagarta militar, *Spodoptera frugiperda*, na fase de pre-afilhamento, gorgulho áquatico *Oryzophagus oryzae*, na fase vegetativa (Martins et al. 2000b), e percevejo *Tibraca limbativentris* na fase reprodutiva. Em arroz de sequeiro, térmita de raiz, *Procornitermes triacifer* , broca do colo, *Elasmopalpus lignosellus* (Ferreira e Barrigossi, 2000), e o cigarrinha das pastagens *Deois flavopicta* são pragas comuns durante a fase de pre-afilhamento. Durante a fase vegetativa, o lagarta dos capinzais *Mocis latipes* é uma importante praga e durante a fase reprodutiva a lagarta de trigo *Pseudaletia spp* é uma praga séria. As perdas econômicas calculadas em arroz inundado e arroz de sequeiro são estimadas e um mínimo de US \$40 e US \$50 milhões respectivamente. Muitas das áreas de cultivo contínuo são infestadas com ervas daninhas (arroz vermelho). Outros problemas de produção são pragas vertebradas e doenças do arroz. Brusone é uma ameaça severa ao arroz de sequeiro junto com baixo pH solo, e seca.

Significante progresso foi feito no desenvolvimento de componentes de MIP para arroz de sequeiro e inundado no Brasil (Martins et al., 2000a). Estes componentes incluem monitoramento e métodos de controles culturais e químicos e cultivares resistentes. Em arroz inundado, destruição de resíduos de colheita, nivelamento, inundação antecipada, uso de nitrogênio adicional, e aplica es aéreas de inseticidas são práticas comuns. Em arroz de sequeiro, destrui o de resíduo de colheita, araa o profunda, época de semeadura, tratamento de semente com inseticidas, rota o de culturas, uso de cultivares menos suscetíveis e aplica es ocasionais de inseticidas são usadas.

Porém, ainda há espaço para significativo avanço no desenvolvimento de componentes de MIP e na implementa o do MIP ao nível de fazendeiro. Estes t picos são um ponto principal de discussão nesta reunião e possíveis meios pretendendo desenvolver o arroz MIP no Brasil serão deliberados. O desenvolvimento de sistemas de MIP mais efetivos é de importância significativa econômica por causa da necessidade crítica de cortar custos de produ o e aumentar o rendimento que tornem o cultivo de arroz uma atividade economicamente viável. Isto requerer  que cientistas de arroz, indústria privada e fazendeiros, de mãos dadas, mantenham atividade continuada para o desenvolvimento efetivo de estratégias, econômica e ambientalmente seguras para manejar, insetos e pragas vertebradas, doenças e nematóides e ervas daninhas. Também exigirá o desenvolvimento de estratégias que armem os produtores com conhecimento e capacidade de decisão em MIP com o objetivo de: reduzir as perdas de rendimento devidas a pragas "ridge-ditch" "ridge-ditch"; minimizar custos de produ o: aumentar os lucros; minimizar o impacto ambiental de componentes de controle de praga; e proteger a saúde do produtor e dos consumidores.

CONCLUSÕES

Globalmente, o MIP arroz tem o importante papel de resolver na Nova Revolu o Verde alguma da esquerda de problemas não solucionados na primeira Revolu o Verde. É importante reconhecer que os programas de MIP para arroz deve ser projetado exclusivamente para cada região. Aproxima es de MIP que funcionam na Ásia podem não ter êxito no Brasil.

- No desenvolvimento e implementa o de programa de MIP arroz para a Nova Revolu o Verde devem ser levadas em conta certas exigências.
- Os programas de MIP Arroz devem ser construídos de em forte coopera o com todos os participantes (cientistas, pedagogos, fazendeiros, indústria privada, políticos, consumidores) em uma base internacional, nacional e regional.

- Os programas de MIP Arroz tem de ir ao encontro das preocupações sociais, econômicas, e políticas.
- O problema da escassez de alimentos para todas as classes das pessoas deve ser resolvido.
- Os programas devem ser ecológica, econômica e socialmente sustentáveis

Cooperação internacional e sociedades

Novas parcerias são necessárias a uma "Nova Revolução Verde". Deve haver um compromisso entre as agências comerciais que lidam com plantas, pragas, e doenças comuns a zonas tropicais. Os produtos não só devem ser adequados a agricultura comercial extensiva nos países desenvolvidos mas também para os complexos sistemas típicos de fazendeiros em países em desenvolvimento. Enquanto isso, os governos são os principais responsáveis por construir sistemas agrícolas nacionais fortes como parte das suas estratégias globais de desenvolvimento. Os governos, sociedade civil, e o setor privado ao redor do mundo têm que prover os meios para mobilizar a ciência e a pesquisa em agricultura sustentável.

Preocupações sociais, econômicas e políticas

Devem ser levados em conta os impactos sócio-econômicos de tecnologia agrícola moderna de forma que a possível gama econômica e educacional mais ampla de fazendeiros seja alcançada. A fome não é causada só por níveis inadequados de produção mas também por falta de acesso para terra, ao dinheiro e a outros recursos. A introdução de novas tecnologias sem resolver os problemas estruturais subjacentes só exacerbará os problemas de fome e segurança de alimento. Deve ser resolvido o problema da propriedade intelectual e o de alto preço de sementes de cultivares geneticamente modificado para o pequeno proprietário (produtor de baixa renda).

A Revolução Verde não é bastante

Apesar do sucesso de pequenos proprietários (produtores de baixa renda asiáticos, aplicando tecnologias de Revolução Verde para triplicar produção de cereal desde 1961, a batalha para assegurar alimento a milhões de pessoas miseravelmente pobres está longe de ser ganha, especialmente no Sul da Ásia e África. A grosso modo 1.3 bilhão pessoas no Sul da Ásia, 500 milhões vive com menos que o US \$1 por dia, 400 milhões são adultos analfabetos, 64 milhões não tem acesso a saúde, 230 milhões a água, e 80 milhões de crianças abaixo de 4 são subnutridos. Uma comparação de China e Índia - dois dos países mas populosos do mundo - que alcançaram

progresso notável em produção de alimento - é ilustrativa do fato de que o aumento na produção de alimento, ainda que necessário, não é por si só suficiente para garantir segurança de comida.

Sem dúvida, o avanço de produção na Revolução Verde não é nenhum mito. Graças às novas sementes, dezenas de milhões de toneladas extras de grão um ano são colhidas. Mas a Revolução Verde provou ser de fato uma estratégia de sucesso em terminar fome? Em 1986, o Banco Mundial em um amplo estudo sobre a fome mundial concluiu, que o aumento rápido em produção de comida necessariamente não resulta em segurança de alimentação, ou seja: menos fome. O estudo revelou que fome atual só pode ser aliviada "redistribuindo o poder aquisitivo e os recursos para os que estão desnutridos". Se o pobre não tem o dinheiro para comprar comida, o aumento de produção nada vai os ajudar.

Como a Revolução Verde nada faz contra a insegurança que tem raiz na alta taxa de nascimento - podendo até aumentá-la - não pode perder tempo até que crescimento da população reduza a velocidade. Nós devemos ver que sem uma estratégia para mudança da situação como um todo dos pobres, o resultado trágico será mais comida e ainda mais fome.

Há evidência crescente de que o cultivo ao estilo Revolução Verde não é ecologicamente sustentável. Nos anos noventa, os investigadores de Revolução Verde soaram o alarme sobre uma tendência perturbadora que recentemente veio a luz. Depois de alcançar aumentos dramáticos nas fases iniciais da transformação tecnológica, os rendimentos começaram a desabar em várias áreas de Revolução Verde. Em Central Luzon, Filipinas, os rendimentos de arroz cresceram continuamente durante os anos setenta, chegaram ao máximo no início dos 80, e têm caído gradualmente desde então. Experiências a longo prazo feitas pelo IRRI em Central Luzon e Província de Laguna, Filipinas, confirmam estes resultados. Padrões semelhantes foram observados agora para sistemas de arroz-trigo na Índia e Nepal.

Vendo a produção de comida aumentar, enquanto fome se alarga, nós podemos perguntar: debaixo de que condições as maiores colheitas ficaram fadadas ao fracasso na eliminação da fome. Primeiro, onde os produtores principais de comida, os pequenos fazendeiros e trabalhadores de fazenda, tem falta de poder de pechincha com os provedores de insumos e comerciantes, eles obtêm uma pequena parte dos retornos propiciados pela cultura. Segundo onde tecnologia dominante destrói a base para produção futura, degradando a terra e gerando problemas de praga e de erva daninhas, fica crescentemente difícil e caro de manter os rendimentos.

Porém, o MIP tem potencial para ser um dente na engrenagem vital na Nova Revolução Verde. Na realidade, o MIP tem 'uma sustentabilidade potencial

alta' e pode servir como um 'precursor filosófico' para a ênfase em agricultura sustentável quando combinado com Manejo Integrado de Nutrientes (INM), Manejo de Erva daninhas (WM), Manejo Integrado de Água (IWM), e como um componente principal em Manejo Integrado de Colheita (ICM).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alam, M.F. et al. 1998. Production of transgenic deepwater indica rice plants expressing a synthetic *Bacillus thuringiensis* cryIA(b) gene with enhanced resistance to yellow stem borer. *Plant Science* 135: 25-30.

Altieri, M. A. 1987. Agroecology: the Scientific Basis of Alternative Agriculture. Intermediate Technology Publications, London. 197 p.

Altieri, M.A. 1993. Crop Protection Strategies for Subsistence Farmers. Westview Press, Boulder, CO, USA

Borlaug, N.E. 1970. The Green Revolution Revisited And The Road Ahead

Presented at the acceptance of the Nobel Peace Prize.

Brasher, P. 2001. Prepare for the 'Terminator': first release of biotech insect planned for summer." Associated Press, March 6, 2001

Center for Life Sciences and Department of Soil and Crop Sciences at Colorado State University (CLSDSC), 1999. Transgenic Crops

Ciba Foundation Symposium 177. 1993. Crop Protection and Sustainable Agriculture. John Wiley and Sons, NY.

Council for Biotechnology Information (CBI). 2002. Biotech Acres: Global Farmers Adopt Plant Biotechnology at Record Pace

<http://www.whybiotech.com/index.asp?id=1808>

Datta K, et al. 1998. Constitutive and tissue-specific differential expression of cryIA(b) gene in transgenic rice plants conferring resistance to rice insect pest. *Theoretical and Applied Genetics* 97: 20-30.

De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley and Sons, Inc. 618 p.

Dent, D. 2000. Insect Pest Management. CAB International, UK. 410 p.

Dhaliwal, G.S. and R. Arora. 1996. Principles of Insect Pest Management. National Agricultural Technology Information Centre, Ludlhiana, India. 374 p.

Dhaliwal, G. S. and E. A. Heinrichs 1998. Critical Issues in Pest Management. Commonwealth Publishers, New Delhi. 287 p.

Ferreira, E. and J.A.F. Barrigossi. 2000. Determining the susceptibility of lesser cornstalk borer in rice (*Elasmopalpus lignosellus*) to insecticides.. Abstract of a paper presented at the XXI International Congress of Entomology, Iguaçú, Brazil, August 20-26, 2000.

Heinrichs, E.A. 1988. Plant-Stress Interactions. John Wiley and Sons, NY. 492 p.

- Heinrichs, E.A. 1994.** Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern Ltd., New Delhi. 779 p.
- Heinrichs, E. A. and A. Barrion. 2002.** Biology and Ecology of Rice-Feeding Insects of West Africa. International Rice Research Institute and West Africa Rice Dev. Assoc. (in press).
- Heinrichs, E.A. and T.A. Miller.1991.** Rice Insects: Management Strategies. Springer-Verlag, NY. 347 p.
- Information Systems for Biotechnology (ISB) News Report August 2000a.** "What do you get when a chicken gene is put into maize?"
- Information Systems for Biotechnology (ISB) 2000b** A Promising Debut for Bt Hybrid Rice" News Report, September 2000
- Isles, M.** "IPM Focus Information Partnership", Proceedings of the Integrated Pest Management Communications Workshop: Eastern/Southern Africa, ICIPE, 1998 (<http://www.ag.vt.edu/ail/ipmcw/proceedings/proceed.htm>)
- James. 2000.** Transgenic crop production by area by country.
<http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/current.html>
- Johnson, D.E. 1997.** Les Adventices en Riziculture en Afrique de l'Ouest. WARDA/CTA/DFID. Bouaké, Côte d'Ivoire. 312 p.
- Kahn, R.P. 1993.** Exchange of genetic resources. pp. 259-278 In **Agricultural Crop Issues and Policies.** National Academy Press, Washington, DC..
- Kazushige Sogawa, K. and A. Takahasi.** Long-range migration of rice planthoppers in monsoonal East Asia. JIRCA Crop Production and Postharvest Technology Division, Japan.
<http://ss.jircas.affrc.go.jp/kanko/seika/seikah9/seika9eng/>
- Kennedy, G.G. and T.B. Sutton (eds). 2000.** Emerging Technologies for Integrated Pest Management. APS Press, St. Paul, MN, USA. 526p.
- Leimar Price, Lisa M. and V. Balasubramani. 1993.** Securing the future of intensive rice systems: a knowledge intensive resource management and technology approach. In Fischer, K.. Pesticides, Rice Productivity and Farmers' Health. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines
- Liu Chung Chu, Lin Xuegui, Zhang Linxiu, and He Guiting** Rice–Azolla–Fish Cropping System. Institute of Agricultural Economics, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing
- Luong, Nguyen An.** Safety and the sound use of pesticides in agricultural production. An important approach to the protection of human health and sustainable development in Vietnam. Dang Quoc Nam, Vietnam
<http://www.occuphealth.fi/e/info/asian/ap399/vietnam04.htm>
- Mannion, A.M. 1995.** Agriculture and Environmental Change. John Wiley and Sons, Chichester. 405 p.
- MacKay, K.T. (ed.) 1995.** Rice–Fish Culture in China IDRC
http://www.idrc.ca/acb/showdetl.cfm?&DID=6&Product_ID=484&CATID=15

Martins, J.F. da S., E. Ferreira and J.A.F. Barrigossi. 2000. Rice Integrated Pest Management Status in Brazil. Abstract of a paper presented at the XXI International Congress of Entomology, Iguaçú, Brazil, August 20-26, 2000.

Martins, J.F. da S., M.L.T. Mattos and U.S. da Cunha. 2000. Reduction of carbofuran insecticide dosage for *Oryzophagus oryzae* larval controlling and environmental impact evaluation in the flooded rice system. Abstract of a paper presented at the XXI International Congress of Entomology, Iguaçú, Brazil, August 20-26, 2000.

Mengech, A.N. and K.N. Saxena. 1995. Integrated Pest Management in the Tropics. John Wiley and Sons, NY. 171p.

Moscardi, F. and D.R. Sosa Gomez. 1992. Use of viruses against soybean caterpillars in Brazil. pp. 98-109 In Copping, L.G., M.B. Green and R.T. Rees (eds) Pest Management in Soybean. Elsevier Applied Science, NY.

National Academy. 1996. Ecologically Based Pest Management: New Solutions for a New Century. National Academy Press, Washington, DC. <http://www.nap.edu/books/0309053307/html/index.html>

Nguyen An Luong. Safety and the sound use of pesticides in agricultural production. An important approach to the protection of human health and sustainable development in Vietnam. Dang Quoc Nam, Vietnam
. <http://www.occuphealth.fi/e/info/asian/ap399/vietnam04.htm>

Olofsdotter, M. (ed) 1998. Allelopathy in Rice. IRRI, Los Banos, Philippines. 154 p.

Peairs, F.B. 2002. Managing Corn Pests with Bt Corn: Some Questions and Answers, Colorado State University. **Erro! Indicador não definido.**

Persley, G.J. 1996. Biotechnology and Integrated Pest Management. CAB International, UK. 475 p.

Pimentel, D., L. McLaughlin and A. Zepp. 1991. Environmental and economic impacts of reducing pesticide use. In Pimentel, D. (ed) CRC Handbook of Pest Management in Agriculture, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL. 1: 679-718.

<http://thecity.sfsu.edu/~sustain/chap6.html>

Pontius, J., Dilts, R., and A.P. Bartlett. Bartlett. 2002. From Farmer Field Schools to Community IPM . FAO Community IPM Programme. Jakarta.
www.communityipm.org/docs/10%20Years%20of%20IPM/

Reissig, W. H., E. A. Heinrichs, J. A. Litsinger, K. Moody, L. Fiedler, T. W. Mew, and A. A. Barrion. 1985. Illustrated guide to the Integrated Management of Rice Pests in Tropical Asia. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. 411 p.

Rola, A. C., and P. L. Pingali. 1993. Pesticide, Rice Productivity and Farmer's Health. Manila, Philippines, In Fischer, K.. Pesticides, Rice Productivity and Farmers' Health. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines

<http://toxictrail.org/issue2-Poisoning.htm>

Science 286: 1663. 1999. Worldwide production of transgenic crops.

Settle, W.H. 1996. Ecosystem "Services" and Pest Suppression in Tropical Irrigated Rice. *Ecology*, 77(7): 1975-1988.

Shahina Bano Maqbool ,Sheikh Riazuddin Nguyen Thi Loc M.R. Gatehouse John A. Gatehouse Paul Christou. Expression of multiple insecticidal genes confers broad resistance against a range of different rice pests, "Molecular Biotechnology Unit, John Innes Centre, Colney Lane, Norwich NR4 7UH, UK

Soybean Digest via NewsEdge Corporation. 2001. Next up, Bt soybeans?"

News Release April 5, 2001

Virmani, S.S., E.A. Saddiq, and K. Muralidharan. (eds) 1998. Advances in hybrid rice technology. IRRI, Los Banos, Philippines. 443 p.

Vogt, W. (ed) 2001.GMO Corn for European Corn Borer Control New Biotech Corn Gets Conditional Clearance" *Farm Progress* May 31, 2001

MERCADO MUNDIAL DE ARROZ: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS

Mahabub Hossain

RESUMO

O arroz, o principal alimento nos países em desenvolvimento, é cultivado principalmente na Ásia e em pequenas propriedades de base familiar. O mercado mundial de arroz é pequeno, abrangendo somente seis por cento da produção global. Porém, esse comércio se expandiu nas últimas três décadas, com as importações crescendo numa taxa de 3,8% por ano, enquanto a produção teve um crescimento anual de 2,4%. Um grande número de países importa arroz, mas em pequena escala, enquanto poucos países controlam o mercado de exportação. As importações cresceram substancialmente no oeste da Ásia, África subsaariana e América Central, mas declinaram no sul da Ásia. As exportações aumentaram substancialmente na Tailândia, Vietnã, Índia, China, Argentina e Uruguai. China e EUA atuam, simultaneamente, como importadores e exportadores de arroz. O crescimento da demanda vai diminuir nos países com população de média e alta renda, mas o crescimento da produção também desacelerará, devido a crescente escassez e custo da terra, água e mão de obra. A demanda continuará aumentando no oeste da Ásia ocidental e na África subsaariana, devido ao aumento do consumo per capita e crescimento rápido da população, ultrapassando o crescimento da produção. O aumento na demanda de importação por estas regiões poderá ser facilmente atendido por excedentes exportáveis da Tailândia, Índia, Camboja e Mianmar, que tem capacidade de produção de excedentes.

INTRODUÇÃO

O arroz é o principal alimento básico para a população dos países em desenvolvimento, particularmente da Ásia e dos trópicos úmidos ao redor do globo. Quase 90% do arroz é produzido e consumido na Ásia, e 96% nos países em desenvolvimento. A produção de arroz tem aumentado mais rapidamente do que a população durante as últimas três décadas, apesar de produzido em propriedades pequenas e marginais, em países com forte pressão demográfica e limitação de área. Grande parte do aumento da produção decorreu do aumento da produtividade, resultante da adoção de cultivares melhoradas, desenvolvidas pelos sistemas de pesquisa agrícola nacionais, apoiados pelos centros internacionais de pesquisa. A produção de arroz aumentou 2,3% ao ano, no período de 1968-2001, depois do

lançamento do IR-8, o primeiro "arroz milagroso" que deu início à "Revolução Verde" nesse cultivo. Cerca de 82% do aumento da produção decorreu do aumento da produtividade.

O crescimento da demanda de arroz começou a diminuir devido à fatores como urbanização, rápido aumento da renda per capita com conseqüente diversificação da dieta, altos níveis de consumo já alcançados em muitos países e progressos no controle da natalidade. O crescimento do suprimento de arroz também foi reduzido devido à redução da lacuna de produtividade no ecossistema de arroz irrigado, declínio na rentabilidade relativa do cultivo, crescente preocupação com a proteção ambiental, e indisponibilidade de tecnologia que propicie altos rendimentos em ecossistemas desfavorecidos.

Dois acontecimentos contrastantes podem afetar substancialmente o mercado mundial de arroz em um futuro próximo. Primeiro, os países prósperos cada vez mais encontrarão dificuldade em manter o interesse dos agricultores em produzir arroz. A mudança para o livre comércio em produção agrícola, iniciado pela Ronda Uruguai do GATT (General Agreement on Tariffs and Trade), terá um impacto na sustentabilidade do cultivo do arroz nesses países. Haverá pressão econômica para o deslocamento da terra, trabalho e recursos de água, ora utilizados em arroz, para outras atividades econômicas. Segundo, o potencial para aumentar a produtividade no ecossistema irrigado, criado pelo dramático avanço tecnológico no final da década de 60, foi quase que totalmente explorado, enquanto o principal avanço, que seria desenvolver cultivares de alto rendimento para ambientes desfavoráveis, ainda não se concretizou. Este capítulo a) aborda as tendências emergentes na demanda e produção de arroz, e no comércio de importação e exportação, e b) provê uma perspectiva dos acontecimentos futuros no comércio mundial de arroz.

MERCADO MUNDIAL DE ARROZ

O arroz é cultivado em pequenas propriedades de base familiar, particularmente na Ásia, o berço do arroz. O tamanho médio da propriedade é inferior a meio hectare na China, em Java, na Indonésia e no delta de Rio Vermelho, no Vietnã; menos de um hectare em Bangladesh, Índia do Leste e delta do Rio Mekong, no Vietnã; de um a dois hectares na maioria dos outros países na Ásia. Apenas na Tailândia, Mianmar, Camboja e Norte da Índia, o tamanho médio da propriedade é maior, um importante fator ligado à sua vantagem comparativa na produção de arroz.

Um produtor asiático típico cultiva arroz principalmente para satisfazer as necessidades da família, e conseqüentemente a porção comercializada é pequena. Condições naturais variáveis causam escassez e excesso de

ano para ano. Isto, por sua vez, causa grandes flutuações de excedentes comercializáveis, tornando os preços, tanto no mercado doméstico quanto no internacional, altamente instáveis. No âmbito nacional, um objetivo político importante é alcançar a auto-suficiência em produção de arroz e manter os preços estáveis para os consumidores (Timmer, 1989). O arroz é visto por muitos governos asiáticos como uma “*commodity*” estratégica, por ser o único elemento mais importante na dieta dos mais pobres, e uma importante fonte de renda para os produtores, freqüentemente um grupo politicamente poderoso. Grandes flutuações nos preços de arroz conduzem freqüentemente a perturbações políticas. Como resultado, os governos intervêm ativamente no mercado de arroz de seus países (Anderson e Hayami, 1986; Childs, 1990). As intervenções tomam muitas formas: subsídios e impostos nas entradas e saídas do produto, controle governamental do comércio internacional e participação direta no mercado por busca e distribuição de grãos.

Nos países mais pobres, alcançar auto-suficiência na produção de grãos alimentícios é um importante objetivo, por falta de moeda estrangeira para financiar grandes importações. Os governos também consideram arriscado depender de mercados internacionais para suprimento de alimento básico, porque a experiência os ensinou que os preços tendem a ser altos em anos com um grande déficit, e baixos quando há excedentes. Assim sendo, produtores, consumidores e governos perdem ao participar em mercados internacionais.

Porém, o compromisso com a auto-suficiência não está limitado aos governos dos países mais pobres. Países asiáticos de média e alta renda e sem restrição financeira para importar arroz de baixo custo, também tentam manter a auto-suficiência provendo apoio aos produtores. Se cultivo de arroz é abandonado, a infra-estrutura de produção, tais como as instalações de irrigação e drenagem, não seriam mantidas. E, em tempos de crise, seria difícil para a economia reverter novamente à produção de arroz. O Japão e Coréia do Sul estão discutindo agora a manutenção de subsídios ao arroz, com base no princípio de multi-funcionalidade da agricultura: a produção de arroz provê muitos benefícios extras à sociedade, além da provisão de alimento (Koyama, 2001; Nishi 2001; Kato et al., 1997). Em altos níveis de renda, os consumidores urbanos se queixam menos de pagar altos preços por arroz, como apoio aos produtores de baixa renda, porque o custo do arroz é uma pequena parte do seu gasto com alimentação, e uma fração mínima de sua renda. O apoio aos produtores através de mecanismos de preços, é socialmente mais aceitável do que por transferências diretas ou remessas.

Como resultado de todos estes fatores, o comércio internacional de arroz permanece limitado até o momento. Apenas cerca de 6,3% da produção mundial de arroz é comercializada internacionalmente, em contraste com quase 18,1% para trigo e 11,6 % para outros grãos. O mercado mundial de

arroz, entretanto, expandiu-se rapidamente durante as últimas três décadas. A média anual de importações aumentou de 7,97 milhões de toneladas (4 % da produção) em 1968-70, para 24,5 milhões de toneladas em 1998-2000, representando um crescimento de 3,8% ao ano, em contraste com um crescimento de 2,3% ao ano na produção de arroz. O volume de comercialização teve seu pico em 1998-99, quando a Indonésia e a Filipinas importaram em grande quantidade, depois que a seca resultante das perturbações climáticas do El Niño, reduziu drasticamente a produção doméstica.

O valor de comércio mundial de arroz é de US \$8,6 bilhões, dos quais cerca de 74% são devidos à países em desenvolvimento, e quase 35% por conta da África e Oeste da Ásia.

Um grande número de países importa arroz, mas em uma escala muito pequena (Tabela 1). No Sul e Sudeste da Ásia, berço da produção de arroz, os importadores principais são Indonésia, Bangladesh, Filipinas, Malásia, Japão e Cingapura. As importações da Ásia flutuam muito de ano para ano, dependendo do efeito de calamidades naturais (inundações, secas e tufões) na produção doméstica. Os principais importadores, cujas importações vem crescendo continuamente, se situam no Oriente Médio (Irã, Iraque, Arábia Saudita, Emirados Árabes e Turquia), Oeste e Sul da África (Nigéria, Costa do Marfim, Senegal, África do Sul, Serra Leoa, Madagascar, Guiné e Benin) e na América Latina (Brasil, México, Cuba, Haiti, e República Dominicana).

Só alguns países participam no mercado de exportação (Tabela 2). Os principais países exportadores são Tailândia, Vietnã, Estados Unidos, China, Índia, Paquistão, Austrália, Itália, Uruguai, Argentina, Egito e Espanha. Existe uma alta concentração no mercado de exportação. Os primeiros cinco países respondem por quase três quartos do suprimento de mercado; a Tailândia, sozinha, controla aproximadamente 30% desse mercado. Mianmar e Camboja eram os principais exportadores no mercado mundial, antes do início da Revolução Verde, na década de 60; desde então, perderam o mercado devido a perturbações civis, lento crescimento da produção e deterioração da infra-estrutura de comercialização. Estes países têm capacidade ociosa para expandir o seu suprimento do mercado. Índia, Argentina, Uruguai e Guiana aumentaram substancialmente suas exportações de arroz em anos recentes.

Tabela 1. Tendência das importações de arroz (1000 t) pelos principais países importadores (1968-70 a 1998-2000).

País	1968-70	1988-90	1998-00	1998	1999	2000
Indonésia	682	117	2999	2895	4748	1355
Iraque	1	508	870	629	781	1200
Irã	11	570	871	631	852	1129
Arábia Saudita	169	298	841	783	804	937
Nigéria	1	241	727	594	800	786
Brasil	0	231	983	1305	984	660
Japão	134	17	606	499	664	656
Filipinas	0	302	1297	2414	834	642
Senegal	150	365	573	557	625	537
África do Sul	78	288	519	520	515	523
Bangladesh	354	372	1282	1127	2215	502
Malásia	324	327	582	658	612	477
Coréia do Norte	0	13	404	514	250	448
Costa do Marfim	61	310	461	518	423	441
México	7	111	374	292	405	426
Ucrânia	121	255	410	375	436	419
França	113	287	397	380	394	417
Emirados Árabes	23	286	425	398	472	406
Cuba	187	226	384	310	449	393
Singapura	273	214	338	255	404	355
Federação Russa	-	-	391	265	558	351
Turquia	9	168	288	275	247	342
Hong Kong SAR	335	381	320	324	328	310
Estados Unidos	7	132	312	279	354	305
Alemanha	192	231	259	234	255	287
Canadá	59	150	261	259	262	263
Haiti	0	51	239	216	249	253
Namíbia	0	0	275	243	331	250
China	16	528	221	247	172	245
Iêmem	49	126	195	146	207	232
Holanda	69	197	216	217	223	209
Líbia	18	141	206	251	242	125
Total	7970	12771	24499	24772	26947	21777

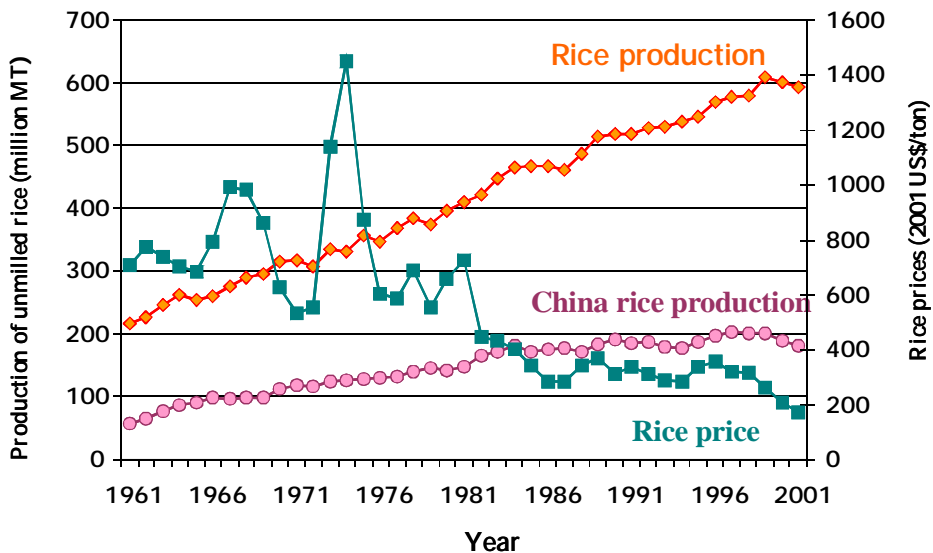
Fonte: Base de dados FAOSTAT (FAO 2002)

Tabela 2. Tendência das exportações de arroz (1000 t) pelos principais países exportadores.

País	1968-70	1988-90	1998-00	1998	1999	2000
Mundo	7947	13308	25740	28843	25214	23163
Vietnã	14	1045	3905	3730	4508	3477
China	1609	530	3227	3792	2819	3071
EUA	1853	2598	2839	3113	2668	2736
Paquistão	266	936	1926	1972	1791	2016
Índia	15	425	2797	4963	1895	1533
Uruguai	42	277	700	659	699	741
Itália	235	534	645	602	667	666
Austrália	111	359	614	552	669	622
Argentina	77	72	558	547	659	467
Egito	666	60	376	429	307	393
Espanha	73	159	300	285	315	300
Mianmar	514	143	107	120	60	142
Suriname	24	78	57	62	49	60
Venezuela	34	0	54	81	23	58

Fonte de dados básicos: Base de dados FAOSTAT, FAO 2002

O preço de arroz no mercado mundial tem permanecido volátil e exibido tendência de declínio quando corrigido pela inflação (Figura 1). A cotação nominal *fob* do arroz polido (5% quebrado) em Bangkok foi reduzida de US \$204, em 1967-68, para US \$173 em 2001, indicando numa queda de 15%. Dentro do mesmo período, o preço do trigo aumentou de US \$60 para US\$162 e o de milho, de US \$50 para \$90. O declínio no preço de arroz, ajustado pela inflação, foi superior a 50% (Figura 1). O preço registrou brusca elevação durante o período de 1972-74, durante a crise de petróleo, e brusca queda durante os períodos de 1980-85 e 1996-2001. O declínio em preço na década de oitenta foi devido ao rápido aumento da produção de arroz na China, e à desvalorização de 30% do baht (moeda tailandesa) da ordem de um terço, o que pressionou os preços em dólar para baixo. A produção de arroz na China aumentou de 143 para 181 milhões de toneladas (arroz com casca) durante o período 1980-84, levando a um significativo declínio nas importações de arroz. O grande declínio no preço do arroz nos anos noventa coincidiu com a desvalorização da maioria das moedas asiáticas, aumento significativo das exportações da Índia e China, e mudanças nas políticas em prol da auto-suficiência em muitos países dependentes de importações de arroz, como a Indonésia, Bangladesh e Filipinas. O declínio no custo unitário de produção de arroz ocasionado pelo progresso tecnológico também contribuiu para a redução de longo termo nos preços de arroz no mercado mundial.



Source: Production: FAOSTAT Electronic Database, 07 November 2001
 Rice Price: Relate to Thai rice 5% broken deflated by G5 MUV Index deflator
 Source: World Bank Quarterly Review of Commodity Markets

Fig. 1. Tendências na produção e área de arroz no mundo; preços de arroz, 1961-2001.

Fonte: Produção: Base eletrônica de dados FAOSTAT, 07 de novembro de 2001.

Preço do arroz: em relação ao arroz tailandês com 5% de quebrados, deflacionado pelo índice do G-5 MUV

Fonte: World Bank Quarterly Review of Commodity Markets

As mudanças na participação de diferentes regiões nos mercados de exportação e importação podem ser vistas nas Tabelas 3 e 4. A participação do Sul e Sudeste da Ásia no total de importações de arroz era de aproximadamente 50% durante 1968-70; caiu para apenas 17% durante 1988-90. Isto foi provocado pelo fato de grandes importadores como a Índia, Indonésia, Bangladesh e Filipinas, terem alcançado a auto-suficiência em produção de arroz. A participação de Sudeste da Ásia no mercado de importação, porém, aumentou de 9 para 22% durante os anos noventa, em razão das grandes importações da Indonésia e Filipinas provocadas pelo efeito do El Nino, e da adoção de políticas de liberalização econômica. O oeste da Ásia e a África subsaariana aumentaram a sua parcela no mercado de importação, de 12% em 1968-70, para 41% em 1988-90, e mantiveram-na no mesmo nível nos anos noventa. No mercado exportador, a contribuição do sul e do sudeste da Ásia aumentou às custas da Ásia e do noroeste da África. A parcela da América do Sul (Uruguai, Argentina e Guiana) aumentou de uma base pequena mas de forma marginal. A parcela de países desenvolvidos (Estados Unidos, Austrália, Itália e Espanha) no mercado de exportação declinou, de forma contínua, de 45 para 35% durante o período 1968-90 e, posteriormente, para 27% em 1998-2000.

Tabela 3. Mudanças nas parcelas de importação (1968 - 2000).

Região	Volume de importação (000Mt)			Participação da região na importação mundial		
	1968-70	1988-90	1998-00	1968-70	1988-90	1998-00
Leste da Ásia	705	575	1368	8.8	4.5	5.6
Sudeste da Ásia	2527	1144	5321	31.7	9.0	21.7
Sul da Ásia	1447	1036	1527	18.2	8.1	6.2
Oeste da Ásia e norte da África	444	2608	4444	5.6	20.4	18.1
África subsaariana	640	2638	4124	8.0	20.7	16.8
América Central e Caribe	318	650	1436	4.0	5.1	5.9
América do Sul	69	478	1418	0.9	3.7	5.8
Ásia	5466	5580	12908	68.6	43.7	52.7
Outros continentes	2504	7191	11591	31.4	56.3	47.3
Total mundial	7970	12771	24499	100.0	100.0	100.0

Tabela 4. Mudanças nas parcelas de exportação (1968 - 2000).

Região	Volume de exportações (000Mt)			Participação da região na exportação mundial		
	1968-70	1988-90	1998-00	1968-70	1988-90	1998-00
Leste da Ásia	2010	657	3409	25.3	4.9	13.2
Sudeste da Ásia	1804	6432	10527	22.7	48.3	40.9
Sul da Ásia	547	1362	4726	6.9	10.2	18.4
Oeste da Ásia e norte da África	697	223	455	8.8	1.7	1.8
África subsaariana	76	12	24	1.0	0.1	0.1
América Central e Caribe	44	10	35	0.5	0.1	0.1
América do Sul	369	551	1604	4.6	4.1	6.2
Ásia	4395	8639	1877	55.3	64.9	72.9
Outros Continentes	3551	4669	6968	44.7	35.1	27.1
Total mundial	7947	13308	25740	100.0	100.0	100.0

PERSPECTIVAS NO CONSUMO

O crescimento na demanda de um alimento básico depende (a) do nível de renda per capita, (b) da taxa de crescimento da população, e (c) das alterações de preço em relação a alimentos alternativos. No extrato de baixa renda, onde satisfazer as necessidades de energia é uma séria preocupação, o arroz é considerado um artigo de luxo. Com o aumento de renda, as pessoas tendem a substituir fontes baratas de energia como grãos de qualidade inferior, mandioca ou batata-doce, por arroz. O arroz, por sua vez, nos extratos de alta renda, representa um item de baixo valor (Ito et al., 1989). A medida que a renda aumenta, os consumidores optam por uma dieta diversificada e substituem o arroz por produtos alimentícios mais caros, de maior valor protéico e vitamínico, como hortaliças, pão, peixe e carne. Além disso, a urbanização crescente que acompanha o crescimento

econômico e a industrialização, deprimem ainda mais a demanda por arroz no orçamento familiar, com o aumento de reivindicações não relacionadas com alimento no orçamento familiar.

As tendências de consumo per capita de arroz, em alguns países asiáticos selecionados, podem ser vistas na Tabela 5. O consumo de arroz vem declinando seus altos níveis nos países de renda média e alta da Ásia, como o Japão, Coréia do Sul, China, Tailândia e Malásia. Com exceção da Malásia, o crescimento de população nestes países também alcançou baixos níveis - menos que um por cento por ano. Durante as próximas três décadas, a sua população deverá crescer apenas cerca de 0,5 por cento por ano. Assim, estes países possivelmente não venham a sofrer aumento adicional na demanda por arroz.

Tabela 5. Consumo de arroz em alguns países da Ásia

País	Arroz polido (ton) 1998-2000	Per capita (kg/hab/ano)			Projeção de crescimento populacional 2000-2030 (%)
		1968-70	1988-90	1998-00	
Bangladesh	21.07	161	149	166	43
Camboja	2.00	165	156	157	82
China	115.30	73	93	91	16
Índia	74.48	67	75	75	40
Indonésia	31.91	95	146	153	33
Irã	2.00	23	27	29	48
Iraque	0.98	20	41	44	88
Japão	7.58	93	65	60	-5
Coréia do Sul	4.23	113	108	91	12
Coréia do Norte	1.67	93	53	76	19
Malásia	1.95	119	82	90	48
Mianmar	9.93	153	207	210	31
Nepal	2.23	83	109	99	81
Paquistão	2.13	28	17	15	93
Filipinas	7.37	82	97	100	49
Arábia Saudita	0.74	24	27	38	120
Srilanka	1.77	92	96	95	21
Tailândia	6.73	148	118	108	27
Vietnã	13.07	153	151	169	41

Para países asiáticos de baixa renda, como Indonésia, Filipinas, Índia, Bangladesh, Vietnã e Mianmar, o consumo per capita alcançou um alto nível, e pode não crescer mais, devido à elasticidade da demanda no extrato de renda muito baixa, e à crescente urbanização. Com o aumento da renda per capita, o aumento do consumo das famílias de baixa renda pode ser compensado pelo declínio do consumo nos extratos de renda média e superior. Como o custo unitário de produção do arroz é muito mais alto que o do milho, é improvável que o arroz seja usado como alimento de gado, cuja demanda tem se desenvolvido muito rapidamente em função do aumento da renda. Com um

crescimento anual da população entre 1 a 1,5% por ano, estes países podem enfrentar um crescimento na demanda de 30 a 50% durante as próximas três décadas.

O consumo per capita de arroz tem crescido na maioria dos países da América Central e do Sul (Tabela 6), e pode continuar aumentando com a substituição de outros alimentos por arroz. Mas a pressão da demanda no mercado de arroz pode não ser alta, devido ao lento crescimento da população e aos níveis de consumo muito baixos.

O maior crescimento da demanda ocorrerá nos países do oeste da Ásia e da África subsaariana (Tabela 6). Em muitos países, o consumo per capita tem aumentado rapidamente com a migração da população rural e mudança dos hábitos alimentares, bem como à alta taxa de crescimento da população. Em muitos países, a população pode dobrar nas próximas três décadas, fazendo com que a demanda para arroz venha a aumentar de três a quatro por cento ao ano. Entretanto o reflexo no mercado mundial pode não ser grande, porque estas regiões respondem por somente 6% do consumo global de arroz.

Tabela 6. Mudanças no consumo de arroz em alguns países da África, América Latina e Caribe.

País	Arroz polido (ton) 1998-2000	Consumo <i>per capita</i> (kg/pessoa/ano)			Aumento de população projetado 2000-2030 (%)
		1968-70	1988-90	1998-00	
ÁFRICA					
Costa do Marfim	1.02	44	56	65	65
Egito	2.70	27	29	40	47
Guiné Bissau	0.12	61	106	101	118
Guiné	0.55	51	62	69	91
Libéria	0.14	101	110	53	206
Madagascar	1.44	120	101	93	115
Mali	0.51	17	26	46	137
Nigéria	2.63	4	21	24	94
Senegal	0.67	52	64	73	90
Serra Leoa	0.39	107	93	92	124
África do Sul	0.55	4	8	13	1
Tanzânia	0.47	6	18	14	87
AMÉRICA LATINA					
Brasil	6.71	39	42	40	33
Colômbia	1.23	20	32	30	47
Costa Rica	0.25	36	48	63	54
Cuba	0.58	38	48	52	4
Rep. Dominicana	0.36	29	46	44	34
Equador	0.63	24	46	51	47
Haiti	0.30	11	18	37	49
México	0.55	5	5	6	36
Peru	1.22	25	38	48	45

As recentes projeções feitas pelo modelo “IMPACT” desenvolvido pelo IFPRI (International Food Policy Research Institute) indicam que a demanda por arroz aumentará 1,1% por ano durante as próximas três décadas (Rosegrant et al., 1995; Sombilla et al., 2002). Isto representa somente uma fração do aumento real de consumo de arroz ocorrido durante as últimas três décadas (2,4%). O aumento da demanda variará consideravelmente, dependendo da região (Tabela 7). Crescerá de forma marginal no Leste da Ásia (0,4%), mas será substancial nos países de baixa renda do sul da Ásia (1,6%) e na África subsaariana (2.0%).

Mesmo que a demanda cresça numa taxa mais lenta, a produção global de arroz tem que atingir aproximadamente 800 milhões de toneladas de arroz com casca antes de 2030 para atender a demanda, o que representa um aumento de cerca de 200 milhões de toneladas em relação ao nível atual. Quão fácil será aumentar a produção de arroz nesta magnitude, para possibilitar o adequado balanço entre suprimento e demanda? Este assunto será abordado na próxima seção.

Tabela 7. Projeção de demanda, produção e comércio líquido de arroz polido (milhões de ton), em algumas regiões do mundo.

Região	Demanda		Produção		Comércio líquido	
	1995	2025	1995	2025	1995	2025
Leste da Ásia	146.20	158.20	140.30	154.80	-2.27	-3.48
Sudeste da Ásia	82.90	117.10	87.70	131.60	4.75	14.57
Sul da Ásia	103.10	161.70	106.70	161.20	3.43	-0.46
Oeste da Ásia e Norte da África	7.51	14.45	5.18	9.86	-2.33	-4.58
África subsaariana	9.78	22.23	6.58	16.31	-3.21	-5.91
América Latina	14.96	25.22	13.64	23.98	-1.32	-1.24
Países desenvolvidos, excluindo Japão	35.10	49.03	35.07	49.03	-0.31	0.00

PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO

A prosperidade econômica e o progresso industrial estão levando à rápida urbanização e concentração da população em grandes cidades. Uma implicação importante da urbanização é que parte das férteis áreas de arroz tem de ser desviadas para atender a demanda por moradias, fábricas e estradas. Também com a urbanização e os hábitos de alimentação a ela associados, os mercados para frutas, hortaliças e produtos de origem animal devem crescer vigorosamente. Desta forma, haverá pressão econômica para reduzir a área sob cultivo de arroz para permitir a diversificação agrícola priorizando cultivos de maior valor.

Existem alguns países com potencial para ampliar a área de arroz se esse cultivo tornar-se lucrativo. Na Ásia, a área de produção de arroz pode ser

aumentada na Tailândia, Mianmar, Camboja, e em vários estados no Leste da Índia. Calcula-se que existam 20 milhões de ha de várzeas ao sul e oeste da África, dos quais apenas 15% são cultivados atualmente (Alexandratos, 1995). Na América do Sul a área de arroz pode ser aumentada substancialmente se o cultivo de arroz proporcionar adequado retorno dos fatores de produção, comparativamente a outras atividades econômicas. O problema é que o custo de produção de arroz é significativamente mais alto na África e América Latina do que na Ásia (Tabela 8). Se a tendência de preço do arroz continuar em queda, é improvável novas áreas sejam incorporadas ao cultivo, particularmente em países que produzem excedentes para o mercado mundial.

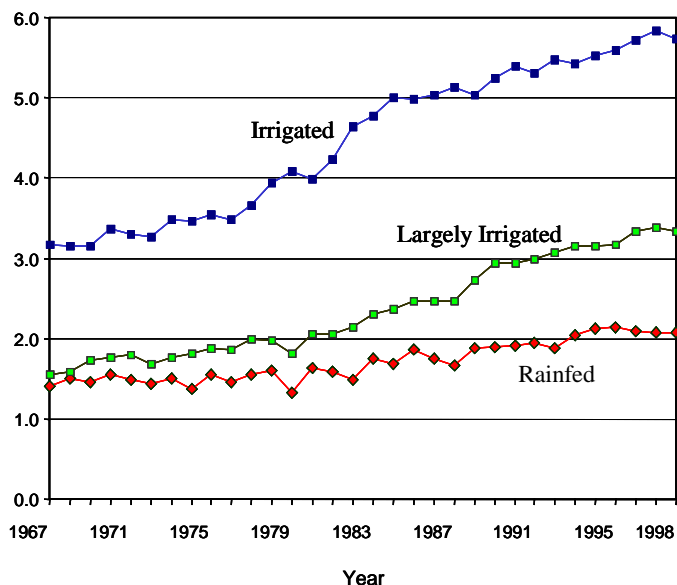
Tabela 8. Produtividade e custo unitário do arroz.

País	Ecossistema	Ano	Produtividade (t/ha)	Custo unitário (US\$/t)
Tailândia	Irrigado	1987-90	3.78	98
	Sequeiro	1987-90	1.84	121
Índia	Irrigado	1995-96	5.16	88
	Sequeiro	1995-97	3.26	115
Vietnã	Sequeiro	1987-90	2.80	93
	Irrigado	1987-90	5.35	7666
Burkina Faso	Sequeiro	1987-90	2.50	288
Colômbia	Irrigado	1998-00	4.84	860
Guiana	Irrigado	1998-00	4.00	405
Estados Unidos	Irrigado	2000	7.04	331
Japão	Irrigado	1999	6.41	2290
Bangladesh	Irrigado	1999-00	4.97	129
	Sequeiro	1999-00	1.96	145
Filipinas	Todos os sistemas	1999-00	2.96	176
Coréia do Sul	Irrigado	1999	6.60	868

Fonte: Yap (1991), IRRI, World Rice Statistics database

No sistema de cultivo irrigado, que responde por quase três quartos do suprimento total de arroz, a maioria dos produtores já adotou cultivares modernas, de alta produtividade, e as melhores lavouras estão atingindo o potencial que os cientistas podem assegurar com o conhecimento atual, em um dado ambiente (Figura 2). A produtividade possível é de aproximadamente oito t/ha na zona temperada e seis t/ha nos trópicos, valores estes já alcançados em muitos países (Hossain, 1999). É possível aumentar essa produtividade em até uma tonelada por há, com a adoção de tecnologias de manejo melhoradas (FAO, 2001) mas a disseminação destas tecnologias embasadas no conhecimento, para milhões de pequenos produtores e marginais, pode não ser fácil. Atingido este teto de produtividade, esta permanecerá estagnada nas áreas irrigadas, como verificado no Japão, Coréia

do Sul, Taiwan e China. Nos países com alta produtividade, os produtores agora procuram tecnologias baseadas na mecanização, que aumentem a eficiência do trabalho e os lucros da propriedade. Novas tecnologias, que aumentem somente a produtividade por unidade de área, podem não ser atrativas aos produtores com altos custos mão de obra.



Ecosystem	Average yield (t/ha)			Growth rate(%/yr)	
	1967-69	1984-86	1996-98	1967-85	1985-98
Irrigated	3.16	5.01	5.77	2.7	1.2
Largely Irrigated	1.62	2.44	3.35	2.2	2.6
Rainfed	1.45	1.77	2.08	0.9	1.5

Source of raw data: IRRRI World Rice Statistics and FAO Electronic Database 2002

Fig. 2. Tendência na produtividade do arroz (t/ha) nos ecossistemas irrigado e de sequeiro, na Ásia (1967).

A água, usualmente considerada como um recurso abundante na Ásia úmida, também está se tornando um artigo escasso (Frederiksen et al., 1993). Em termos absolutos, o consumo anual de água anual é bem maior na Ásia, onde agricultura é responsável por 86% do consumo total anual, comparado à 38% na Europa, ou 49% na América Central e do Norte. A disponibilidade de recursos hídricos per capita foi reduzido de 40 a 60% na maioria dos países asiáticos, no período de 1955-1990 (Gershon e Keck, 1994). Metade da população mundial vive em ambientes onde a água é escassa (Huang et al., 2002). Embora esforços estejam sendo despendidos no desenvolvimento de tecnologias que economizem água no cultivo de

arroz, pode levar algum tempo para que estas tecnologias cheguem aos produtores. Além disso, sua difusão pode ser difícil no sistema predominante de cobrança da água em projetos de irrigação administrados pelo setor público. O redirecionamento da água da agricultura para outras necessidades, pode resultar na degradação da infra-estrutura de irrigação e na redução da área e da produtividade no ecossistema irrigado.

A possibilidade de conversão adicional do arroz de sequeiro para irrigado também está ficando limitada. O custo de irrigação tem aumentado substancialmente, desde que as opções de fácil implantação já foram exploradas. Ademais, a preocupação com os efeitos ambientais adversos de projetos irrigação, como inundação, salinidade, produção de peixe e qualidade de água do solo tem sido crescente. Já houve um declínio drástico dos investimentos para o desenvolvimento e manutenção de projetos de irrigação de ampla escala em muitos países asiáticos (Rosegrant e Svendsen, 1992). Em alguns deles, com níveis favoráveis de água subterrânea, a redução do investimento do setor privado em irrigação está sendo compensada através de investimento do setor privado na abertura de poços.

A crescente prosperidade econômica da Ásia exerceu um impacto adverso sobre o interesse dos produtores em cultivar arroz (Pingali et al., 1997; Park, 1993). A expansão do setor urbano e o rápido crescimento da produtividade de trabalho aumentou os salários das atividades urbanas, promovendo a migração do trabalho para as cidades e conseqüentemente aumentando os salários no meio rural. Como o cultivo tradicional de arroz é uma atividade de alta intensidade de mão-de-obra, o aumento dos salários trouxe aumento do custo de produção, reduzindo a lucro e a renda dos produtores. No Japão, Taiwan, e Sul Coréia, o êxodo constante da mão-de-obra agrícola tem causado um declínio contínuo na população rural. O envelhecimento dos trabalhadores e o despovoamento em áreas longínquas continuam, tornando difícil manter as comunidades rurais atuais em algumas áreas.

A competitividade do cultivo de arroz foi mantida inicialmente, através de a) práticas de manejo melhoradas que aumentam eficiência no uso de insumos extra-terra e assim reduzem o custo de produção, e b) uso do capital aumentado para substituir o trabalho por mecanização nas operações de cultivo, de forma que a eficiência do trabalho possa ser continuamente elevada, quando o aumento adicional da produtividade da área não é mais possível. Mas estas mudanças tecnológicas não foram adequadas para aumentar a renda dos produtores comparativamente à dos trabalhadores urbanos. O governo teve de atuar com proteção do mercado doméstico de arroz, de forma que o mecanismo de preço pudesse ser usado para transferir renda dos consumidores de arroz, relativamente bem-afortunados, para os produtores de arroz, relativamente pobres. Como o custo de cultivo de arroz continuou aumentando devido aumento crescente

no custo da terra e do trabalho, o governo teve que elevar o preço do arroz e os subsídios agrícolas para manter o equilíbrio entre renda das famílias rurais e urbanas. A proteção da indústria doméstica de arroz conduziu ao alto custo na produção interna de arroz. O custo de arroz produzido no Japão é aproximadamente 17 vezes mais alto do que em países no Sul e Sudeste da Ásia. Assim, é altamente improvável que os países asiáticos de renda média e alta tenham excedentes exportáveis de arroz. Ainda mais, se expostos à competição internacional após a crescente pressão da Organização Mundial do Comércio (WTO) pela liberalização do comércio de arroz, a área sob cultivo com esse cereal poderá ser reduzida. Estes países podem necessitar aumento das importação de arroz para atender a demanda doméstica, se abolirem as restrições quantitativas e qualitativas ao comércio.

Há algumas tecnologias na "linha de montagem" que podem elevar a produtividade da terra e eficiência no uso de insumos no ecossistema irrigado (Khush, 1995), contribuindo assim ao aumento adicional de produção de arroz neste ecossistema favorável. As mais importantes são o novo tipo de planta (NPT) ou "super arroz", que pode elevar o teto de produtividade em mais 25%; a tecnologia do arroz híbrido para os trópicos, com acréscimos de produtividade entre 15 a 20%; e a obtenção da resistência patógeno-hospedeiro, contra as principais pestes, usando ferramentas da biotecnologia, que pode reduzir as perdas em 5 a 10 por cento. O Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI) começou a distribuição de linhas NPT aos programas nacionais, para adaptação às suas condições. A baixa qualidade de grão e o alto custo das sementes foram identificados como principais entraves à adoção do arroz híbrido (Janaiah et al., 2002). Os pesquisadores estão buscando sanar os problemas usando pais e linhas restauradores de qualidade melhorada, e através de melhoria na tecnologia e treinamento na produção de semente de arroz híbrida. Porém, a fraca infra-estrutura para a produção e distribuição de sementes, o medo da dependência em multinacionais, e percepção negativa da sociedade civil em relação ao arroz geneticamente modificado, podem restringir que a rápida difusão destas tecnologias tenha efeito significativo no aumento da produtividade do arroz (Huang et al., 2002).

As perspectivas de aumento da produtividade no ambiente de sequeiro é ainda alto, pois a produtividade atual se situa entre 1,5 a 2,5 t/ha. Estes ecossistemas são dominantes nos países de baixa renda do sul e sudeste da Ásia, Oeste da África e na América Central (IRRI, 1995). dependentes de chuvas, tais ecossistemas estão sujeitos às incertezas climáticas, como secas, inundações, e tufões frequentemente causadas por monções irregulares e fatores como El Niño e La Niña. Ao longo de séculos de evolução, as variedades de arroz tradicionais desenvolveram características que as ajudam a resistir aos estresses de clima e de solo, mas em contrapartida apresentam produtividades muito baixas. Até o

momento, os cientistas têm obtido limitado sucesso em identificar estas características e incorporá-las às cultivares modernas de alto rendimento (Ziegler e Puckridge, 1995). Onde a chuva é incerta e a drenagem é escassa, os produtores ainda cultivam variedades tradicionais, e usam fertilizantes abaixo dos níveis ótimos, devido à incerteza de obter lucros proporcionais ao investimento com insumos. Esta é a principal razão por trás da baixa produtividade média e da grande lacuna, em países em que os sistemas de sequeiro são predominantes.

Recentes avanços em biologia molecular aumentaram a probabilidade de sucesso da pesquisa em desenvolver tecnologias apropriadas aos sistemas de sequeiro (Hossain et al., 2000; Khush e Brar, 2002). A genômica estrutural e funcional provê conhecimento, ferramentas e técnicas para identificar genes importantes e a sua associação com características agrônômicas. Melhoristas de arroz começam a utilizar seleção assistida por marcadores genéticos para abreviar os ciclos de seleção e incorporar características de tolerância à seca, alagamento e salinidade, em variedades de alta produtividade. A engenharia genética já demonstrou grande potencial em introduzir genes de outras espécies para resistência à herbicidas e à pragas, bem como maior teor de micronutrientes. Todavia, pode ainda levar algum tempo para que esta pesquisa venha dar frutos. Os países terão que estabelecer normas de biossegurança para a instalação de ensaios de adaptação, e podem ter que superar barreiras relativas à direitos de propriedade intelectual, se as tecnologias ou seus componentes forem desenvolvidos pelo setor privado. Com base nestas considerações, a possibilidade de um aumento significativo na produtividade do sistema de sequeiro, dentro de curto ou médio prazo, não é grande (Huang et al., 2002).

Entretanto, há perspectiva luminosa. A Associação Africana para o Desenvolvimento do Arroz (WARDA) produziu um grande avanço, ao desenvolver o "novo arroz para a África" - New Rice for Africa, ou NERICA, baseado no cruzamento entre arroz africano e arroz asiático. As variedades de NERICA têm melhor tolerância contra a maioria dos estresses ambientais, inclusive ervas daninhas e seca, ciclo de crescimento mais curto, alto potencial de produtividade, e bom comportamento tanto sob baixa como alta aplicação de insumos (Defoer et al., 2002). Isso tem criado oportunidades para os produtores de estabilizarem e intensificarem o cultivo de sequeiro sob baixo nível de insumos.

Estão sendo desenvolvidos esforços para a rápida adoção do NERICA no Oeste da África, através de uma estratégia de seleção varietal participativa com os produtores (PVS). A adoção rápida destas variedades pode contribuir para aumento significativo da produção na Nigéria, Guiné, Costa do Marfim, Serra Leoa, e Libéria onde os sistemas de sequeiro e de várzea úmida são predominantes. Considerando que estes países só cobrem 3 dos

154 milhões de ha de arroz no mundo, o impacto deste avanço no mercado de arroz mundial será insignificante; contudo, deverá ter um efeito significativo na produção de arroz de muitos países do Oeste da África.

A desaceleração no crescimento da produção mundial de arroz, já se iniciou. O crescimento anual da produção mundial foi de somente 1,6% ao ano durante o período 1990-2001, comparado com 2,7% durante 1968-90. O crescimento da produtividade declinou ainda mais rapidamente, de 2,2 para 1,1% ao ano, nos mesmos períodos (Figura 3). O recente crescimento (1985-93) da produção de arroz não tem acompanhado o crescimento de população em vários países da Ásia, onde arroz é predominantemente cultivado no sistema de cultivo irrigado. Os países que mantiveram o crescimento em produção de arroz em compasso com o crescimento da população nos anos noventa, são aqueles possuem uma grande proporção de área sob o sistema de sequeiro.

PERSPECTIVAS NO COMÉRCIO

O comércio mundial de arroz é geralmente é determinado pela demanda de importações; o suprimento das exportações ocasiona baixa dos estoques. Durante os anos noventa, as importações cresceram de 2.6 milhões de toneladas durante o período 1991-92 período, devido à alta demanda de importação do Japão, derivada da escassez doméstica causada pela ocorrência de baixas temperaturas. As importações cresceram ainda mais 3,1 milhões de toneladas, durante o período 1996-98, como resultado da enorme demanda pela Indonésia e Filipinas, decorrente da escassez na produção doméstica causada por efeitos do el Niño. Além destas flutuações de curta duração causadas pelo clima em países de grande consumo, as importações tiveram uma tendência consistente de aumento, devido à demanda crescente de países do oeste da Ásia, África subsaariana e Américas do Sul e Central. É provável que esta tendência de aumento no comércio mundial de arroz continue. O ritmo de expansão desse comércio no futuro vai depender da produção e das políticas domésticas para o arroz nos principais países produtores e consumidores.

É previsto que o consumo de arroz na China, no futuro próximo, permaneça estagnado ou até mesmo caia, em termos absolutos, devido ao declínio em consumo per capita, e ao lento declínio do crescimento de população. Mas a entrada da China na WTO pode ter um efeito adverso na sua produção de arroz, a menos que seja compensada por incentivos, através da remoção de distorções, como valores exagerados da taxa de câmbio e baixo investimento em pesquisa agrícola e extensão. A produção de arroz do grupo *Japonica* nas províncias do Nordeste pode contudo aumentar com a utilização de área de milho para produção de arroz. A China concordou em aumentar sua cota de importação de arroz

para 5,32 milhões de toneladas de arroz antes de 2005, e reduzir sua alíquota de importação de 114% para 65%. Os economistas chineses predizem que a China permanecerá uma exportadora marginal de arroz, aumentando substancialmente sua exportação de arroz *Japonica*, e mantendo sua importação de arroz *Indica* de alta qualidade (Huang, comunicação pessoal).

A Índia continua ampliando a sua produção de arroz basicamente devido ao progresso tecnológico no sistema de cultivo irrigado, existência de subsídios para a irrigação e fertilizantes químicos (o que faz da Índia um produtor mundial de baixo custo) e dando garantia de preço aos grandes produtores empresariais. O crescimento de produção começa a diminuir nos Estados do Norte e do Sul da Índia, onde o sistema de cultivo predominante é o irrigado. O consumo, contudo, continuará crescendo devido à taxas de crescimento da população relativamente altas. Os estoques de arroz de Índia continuarão crescendo devido a manutenção da política governamental de apoio aos preços mínimos, com retirada reduzida pelo sistema público de distribuição de grãos, devido à redução de subsídios para a alimentação. Recentemente, o governo começou a aplicar uma política de incentivos ao setor privado para exportar arroz. Com o crescimento da produção doméstica de arroz nos estados tradicionalmente deficitários do Leste da Índia, e continuidade da política de suporte ao baixo custo na produção doméstica, a Índia pode se manter como um dos principais exportadores de arroz no mercado mundial.

Os produtores vietnamitas responderam favoravelmente à liberalização econômica introduzida em anos recentes (Pingali e Xuan, 1992), e o Vietnã se tornou o segundo maior exportador de arroz no mercado mundial, devido ao rápido crescimento da produção desde a metade da década de oitenta. O Vietnã explorou quase toda sua capacidade para aumentar a produção de arroz, e começa a adotar uma política de diversificação agrícola para aumentar a renda dos produtores. A produção de arroz crescerá a uma taxa muito mais lenta que no passado, enquanto o consumo doméstico continuará crescendo, com a adição de cerca de 1,2 milhões de pessoas a cada ano. Assim, o Vietnã virá a reduzir gradualmente suas exportações, mas mesmo assim continuará sendo um dos principais países exportadores de arroz num próximo futuro.

Tailândia, Mianmar e Camboja têm um espaço considerável para aumentar a sua produção de arroz. Suas produtividades são ainda baixas e uma área adicional poderia ser apropriada, especialmente pela intensificação do cultivo. A Tailândia tem aumentado suas exportações até mesmo durante o período em que os preços de arroz permaneceram baixos no mercado mundial. Os produtores mantiveram um baixo custo de produção, à despeito do aumento dos salários, por consolidação das propriedades e mecanização das operações agrícolas. Se preços de arroz subirem, os fazendeiros serão encorajados a aumentarem a produção, investindo em

irrigação e reduzindo a lacuna de produtividade. É provável que estes países, com recursos favoráveis de área, podem aumentar substancialmente suas exportações no futuro.

Fora da Ásia, há grande potencial para aumento da produção e das exportações de arroz na Argentina, Uruguai e Guiana. A exploração deste potencial dependerá, contudo, da taxa de aumento do preço mundial de arroz, a equivalência entre suas moedas relativamente ao dólar americano, bem como às moedas da Tailândia e do Brasil. Os Estados Unidos são seu principal competidor nas exportações para os mercados da América Central e do Sul. A lei agrícola americana já teve um efeito negativo no potencial exportador desses países.

Indonésia, Filipinas, Malásia e Singapura são os principais importadores de arroz do Sudeste da Ásia. Na Indonésia e Filipinas a produção de arroz permaneceu quase estagnada nos anos noventa, enquanto o consumo cresceu, devido ao aumento da população bem como do consumo per capita. Malásia e Singapura tem seguido uma política de auto-suficiência pela importação de arroz de baixo custo ao invés de estimular a produção doméstica, de alto custo. Estes países podem adotar políticas liberalizantes de mercado, particularmente de livre-câmbio dentro da região. Juntamente com Singapura e Malásia, a Indonésia e Filipinas podem aumentar suas importações de arroz no futuro. Estes países permanecerão entre os principais mercados para o arroz da Tailândia e Vietnã.

Bangladesh diminuiu lacuna de produtividade no sistema de cultivo irrigado e reduziu grandemente suas importações, pelo significativo aumento da produção doméstica durante os últimos cinco anos. A taxa de crescimento da produção pode reduzir-se no futuro, devido ao atingimento do platô de produtividade e ao lento progresso tecnológico nas grandes áreas costeiras, sujeitas à inundação e salinidade. O consumo de arroz, contudo, continuará crescendo, devido ao aumento da população, em aproximadamente dois milhões por ano.   possível que Bangladesh permaneça um importador marginal de arroz. O Nepal tem capacidade para alcançar auto-suficiência em produção de arroz, mas o Sri Lanka pode permanecer como pequeno importador, devido aos altos custos produção derivados da escassez de mão de obra e altos salários.

Alguns países grandes importadores de arroz situam-se no Oeste da Ásia e Norte da África. Somente o Egito   exportador de arroz. A região não tem vantagem relativa para o cultivo de arroz, mas a demanda vem crescendo devido ao crescimento do consumo per capita e rápido crescimento da população. Atualmente, Ir  e o Iraque importam mais de um milhão de toneladas por ano; Arábia Saudita, l men e Turquia importam entre 0,5 e 1,0 milhão de toneladas. A região aumentará sua participação no mercado global de arroz, particularmente para o aromático tipo Basmati, produzido na  ndia e Paquistão.

Na África subsaariana, o crescimento da produção doméstica pode acelerar no futuro, devido aos avanços tecnológicos para arroz de sequeiro e expansão da área de cultivo. Mas o consumo pode crescer mais rápido do que a produção, devido ao alto crescimento de população, sua urbanização e mudanças no padrão de consumo de alimentos, substituindo certos alimentos tradicionais por arroz. Haverá maior aumento nas importações do que na produção doméstica, se o preço do arroz no mercado mundial permanecer baixo. Os países com grandes mercados e tendência de aumento nas importações são Nigéria, Senegal, Costa do Marfim, África do Sul, Namíbia, Madagascar, Guiné e Benin.

Na América Latina, o Brasil, México, Cuba e Haiti são importantes importadores de arroz, enquanto a Colômbia, o Peru, Equador e a Costa Rica mantiveram suas importações em baixo nível, apesar do aumento em consumo de arroz per capita, devido ao considerável crescimento da produção doméstica. A produção de arroz do Brasil permaneceu estagnada nos anos noventa, a medida que a produção de arroz de sequeiro ficou menos competitiva, devido à política governamental de liberalização do comércio. A importação desta região pode declinar no futuro, com vários países adotando políticas que favoreçam a produção doméstica.

CONCLUSÕES

O mercado de arroz mundial permanecerá segmentado. Por causa da destacada importância do arroz como alimento básico e seu significado político e cultural, os países grandes consumidores de arroz continuarão priorizando o bem-estar do produtores e consumidores em políticas de proteção interna. O crescimento da demanda de arroz será substancialmente reduzida, com o crescimento econômico e o sucesso no controle da natalidade, particularmente nos países de alta e média renda na Ásia e América Latina. Mas a taxa de crescimento da produção também será reduzida, devido à crescente escassez de terra, mão de obra e água, ocasionando um efeito marginal no mercado mundial de arroz. A demanda pode crescer substancialmente no oeste da Ásia e África subsaariana, devido ao alto crescimento na população e aumento no consumo per capita, que dificilmente será compensado pelo aumento da produção. Estas regiões se tornarão o mercado principal para arroz, junto com Indonésia, Filipinas, Malásia, e Singapura, no Sudeste da Ásia. Estados Unidos, Itália, Espanha, Argentina, Uruguai e Guiana continuarão atendendo ao limitado mercado da América Central e do Sul, e o dos países desenvolvidos. Qualquer pressão para cima no preço de arroz proverá incentivos para explorar a capacidade ociosa para produção de arroz na Tailândia, Índia, Mianmar e Camboja. O preço de arroz pode retornar aos níveis da metade da década de 90, mas é improvável, mas uma tendência reversa para cima é improvável de ocorrer. A tendência de preços no mercado mundial será determinada pelo valor relativo da moeda

dos principais exportadores de arroz e pela alteração de longo prazo no custo unitário de produção, decorrente do progresso tecnológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandratos N. 1995. *World Agriculture Toward 2010: An FAO Study*. FAO and John Wiley and Sons.
- Anderson K, Hayami Y (with Associates). 1986. *The Political Economy of Agricultural Protection: East Asia in International Perspective*. Allen and Unwin.
- Childs NW., 1990. *The world rice market: government intervention and multi-lateral policy reforms*. Economic Research Service, USDA, Washington, DC.
- Defoer T, Wopereis MCS, Jones MP, Lancon F, Erenstein O., 2002. *Challenges, innovation and change: Towards rice-based food security in Sub-Saharan Africa*. Paper presented in 20th Session of the International Rice Commission, FAO, Bangkok, July 2002.
- FAO: Food and Agriculture Organization. 2001. *Yield Gap and Productivity Decline in Rice Production*. Rome: International Rice Commission.
- Frederiksen HD, Berkoff J, Barber W. 1993. *Water Resources Management in Asia*. Vol. I, Main Report, World Bank Technical Paper No. 212, The World Bank, Washington: D.C.
- Gershon F, Keck. 1994. *Increasing competition for land and water resources: a global perspective*. Paper presented at the workshop on "Social Science Methods in Agricultural Systems: Coping with Increasing Resource Competition in Asia." Chiang Mai, Thailand, November 2-4, 1994.
- Hossain M, Bennett J, Datta SK, Leung H, Khush GS. 2000. *Biotechnology research for rice in Asia: priorities, focus and directions*. In Qaim M, Krattiger AF, vo Braun J (eds) *Agricultural Biotechnology in Developing Countries: Towards Optimizing the Benefits for the Poor*. Kluwer Academic Publishers.
- Hossain M. 1997. *Rice supply and demand in Asia: a socioeconomic and biophysical analysis*. Pages 263-279 In Teng PS et al. (editors), *Applications of Systems Approaches at the Farm and Regional Levels*, Vol. 1. Proceedings of the Second International Symposium on Systems Approaches for Agricultural Development, held at IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines, 6-8 December 1995.
- Huang J, Pray C, Rozelle S. 2002. *Enhancing the crops to feed the poor*. *Nature* (148) 678-684.
- IRRI (International Rice Research Institute). 1995. *World Rice Statistics, 1993-1994 edition*. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines.
- Ito S, Peterson EWF, Grant WR. 1989. *Rice in Asia: Is it becoming an inferior good?* *Am. J. Agric. Econ.* 71(1):32-42.
- Janaiah A, Hossain M, Husain M. 2002. *Hybrid rice for tomorrow's food security: can the Chinese miracle be replicated in other countries?* *Outlook on Agriculture*, 31(1):23.33.

- Kaoyama, O. 2001. Food security and multifunctionality of agriculture: management of rural environment in Asia. Pages 58-71 In APO Report of an APO Seminar on Multifunctionality in Agricultural Policy Reforms held in Tokyo, Japan, 26 January to 3 February, 2000. Tokyo, Japan.
- Kato Y, Yokohari M, Brown RD. 1997. Integration and visualization of the ecological value of rural landscapes in maintaining the physical environment of Japan. *Landscape and Urban Planning* 39(69-82).
- Khush GS, Brar DS. 2002. Biotechnology for rice breeding: progress and potential impact. Paper presented in the 20th session of the International Rice Commission, FAO, Bangkok, 23-26 July 2002.
- Khush GS. 1995. Breaking the yield frontier for rice. *GeoJournal*, 35(3):325-328.
- Nishio, M. 2001. Environment and multifunctionality. Pages 95-108 in APO Report of an APO Seminar on Multifunctionality in Agricultural Policy Reforms held in Tokyo, Japan, 26 January to 3 February, 2000. Tokyo, Japan.
- Park, Jung-Keun. 1993. Sustainability of rice farming in Korea, in Proceedings of the International Seminar on Recent Trends and Future Prospects of Rice Farming in Asia. NACF and FFTC, Seoul, Korea.
- Pingali PL, Hossain M, Gerpacio RV. 1997. *Asian Rice Bowls: The Returning Crisis?* Wallingford Oxon: CAB international.
- Pingali PL, Xuan Vo Tong. 1992. Vietnam: decollectivization and rice productivity growth. *Econ. Dev. & Cult. Change* 40(4), 697-718.
- Rosegrant MW, Agacoili-Sombilla M, Perez N. 1995. Global food projections to 2020: implications for investment. IFPRI, Washington DC.
- Rosegrant MW, Svendsen M. 1992. Irrigation investment and management in Asia: trends, priorities and policy directions. Paper presented in Planning Workshop on Projections and Policy Implications of Medium- and Long-Term Rice Supply and Demand, IRRI/IFPRI, Los Banos, 1992.
- Sombilla MA, Rosegrant MW, Meijer S. 2002. A long-term outlook of rice supply and demand balances in South, Southeast and East Asia. Forthcoming. In Sombilla M, Hossain M, Hardy B. (editors), *Development in Asian Rice Economy*. Proceedings of an international workshop on Medium and Long-Term Prospects of Rice Supply and Demand in the 21st century. IRRI, Los Banos, Laguna, 3-5 December 2001.
- Yap CL, 1992. A comparison of cost of producing rice in selected countries. *Econ. & Soc. Dev.* NO 101: FAO Rome.
- Zeigler R, Puckridge D. 1995. Improving sustainable productivity in rice based rainfed lowland systems of south and southeast Asia. *Geo Journal* 35(3): 307-324.

MONITORAMENTO AMBIENTAL E TECNOLOGIAS DE DESCONTAMINAÇÃO DE ÁREAS TRATADAS COM AGROQUÍMICOS¹

Maria Laura Turino Mattos²

INTRODUÇÃO

As questões relacionadas ao meio ambiente estão atraindo a atenção em diversos níveis de abrangência, tanto municipal, estadual, nacional, como internacional, levando-se em consideração, principalmente, a água, recurso natural finito e vulnerável, as mudanças climáticas e os gases de efeito estufa em agroecossistemas, a biodiversidade nos diferentes biomas e o solo, recurso produtivo e sustentável. É um desafio para a sociedade e o governo a escolha de estratégias que possam manter o meio ambiente seguro, sem depender de regulamentações rígidas e custos excessivos. Os conceitos e orientações ora apresentados, os quais, em parte, constam também no capítulo *Meio Ambiente e o Arroz Irrigado*, integrante do livro *A Cultura do Arroz Irrigado*, em fase de publicação pela Embrapa, poderão proporcionar ao orizicultor e a outros ligados à cadeia produtiva do arroz, uma visão mais científica e racional para a tomada de decisões relacionadas direta ou indiretamente ao ambiente em seu redor.

Modelos e observações de caráter puramente científico, para a determinação de qualidade ambiental do ecossistema de arroz irrigado, são enfocados, visando à compreensão do comportamento ambiental dos agroquímicos. Inclui-se o entendimento das interações entre os microrganismos e os poluentes no ambiente, a utilização de microrganismos em processos de biorremediação, a biodegradação de pesticidas, bem como os efeitos que os parâmetros ambientais e pesticidas e sua estrutura têm sobre as reações de biodegradação. Também estão incluídos tópicos de impacto ambiental, com ênfase nos pesticidas, nitratos e fosfatos, monitoramento ambiental e medidas de mitigação em ecossistemas de arroz irrigado.

O objetivo, portanto, em apresentar os conceitos e orientações supracitados é despertar os participantes do *1º Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz* para a importância das *commodities* ambientais, ou seja, dos recursos naturais, em condições sustentáveis, para uma maior rentabilidade e competitividade do agronegócio orizícola.

¹ Apoio Financeiro: FAPERGS, PRODETAB, FMC, RHIZOBACTER

² Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, 96001-970 Pelotas, RS.
mattos@cpact.embrapa.br

LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO

A área cultivada no Rio Grande do Sul, na safra 2001/2002, foi de 963.876 ha, e a produtividade média, de 5.443 kg.ha⁻¹ (IRGA, 2002). Em Santa Catarina, foram cultivados 129.759 ha, atingindo uma produtividade média de 6.500 kg.ha⁻¹ (IBGE/GCEA/SC, 2002).

Na lavoura orizícola, no Rio Grande do Sul, são aplicados vários pesticidas, de diferentes classes toxicológicas, sendo 28 herbicidas, 25 inseticidas e 17 fungicidas (Arroz Irrigado, 2001).

PESTICIDAS COMO FONTE DE POLUIÇÃO

Pesticidas são substâncias químicas, ou misturas destas, produzidos para destruir, prevenir ou reduzir o número de insetos, roedores, nematóides, fungos, plantas invasoras e outras formas de vida não desejadas (Agency Protection Environmental-EPA/USA).

Comportamento dos pesticidas no ambiente

O comportamento de pesticidas aplicados em ecossistemas agrícolas é governado por processos de transferência e degradação e por suas interações. Transferência é um processo físico no qual a molécula pesticida permanece intacta, incluindo a sorção-desorção, escoamento superficial, percolação, volatilização e absorção pelas plantas ou animais. Degradação é um processo químico no qual a molécula pesticida é clivada, incluindo a fotodecomposição, degradação microbiana, degradação química e detoxificação pelas plantas. Estes processos determinam a persistência ou retenção de um pesticida, sua eficácia no controle de doenças, pragas ou plantas invasoras, etc., bem como seu potencial para a contaminação do solo e das fontes d'água (Figura 1).



Fig. 1. Destino dos herbicidas no ambiente.

As propriedades físico-químicas dos pesticidas (pressão de vapor, solubilidade, K_{ow} ...), as condições do meio ambiente (argila, M.O, pH...) bem como os fatores climáticos determinam o comportamento ambiental. Estes fatores condicionam o destino dos pesticidas, que pode ser retenção aos colóides do solo, transformação (química ou biológica) ou transporte (escoamento superficial ou lixiviação para o lençol freático).

O comportamento ambiental de pesticidas em ecossistema de arroz irrigado tem sido investigado por pesquisadores de diversos países. No Brasil, destacam-se como pioneiros os trabalhos de grupos de pesquisa da Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna, SP), da Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS) e da Estação Experimental de Itajaí, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Exemplo disto são os estudos de Mattos et al. (2000c) sobre avaliação do comportamento ambiental de pesticidas aplicados em arroz irrigado, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Os herbicidas glifosate, quinclorac, clomazone, atrazina e pirazosulfuron-etil e o inseticida carbofuran estão sendo investigados quanto à degradação química e microbiológica, adsorção aos colóides do solo, deriva, distribuição e movimento no solo e água, considerando os tipos de sistemas de cultivos onde cada produto é mais utilizado.

Contaminação de águas subterrâneas

A contaminação das águas subterrâneas está relacionada às propriedades dos pesticidas e dos solos, condições do ambiente e práticas de manejo. As condições ambientais influenciam a profundidade das águas subterrâneas, as condições geológicas influenciam o movimento da água, o clima e as chuvas aumentam a água percolada, desta forma podendo ocorrer a lixiviação de pesticidas. Neste contexto, é importante citar que o *Aqüífero Guarani*, maior reservatório subterrâneo de água doce do mundo (1,2 milhão de km²), encontra-se em subsolo brasileiro (70%). Assim, é um recurso natural que deve ser preservado por um esforço conjunto entre a sociedade e os poderes públicos municipais, estaduais e federal.

Práticas de manejo

As práticas de manejo podem determinar o comportamento de um pesticida no ambiente. Os métodos de aplicação de pesticidas (sobre a cobertura vegetal, incorporação ao solo, sobre lâmina d'água, pulverização foliar, etc.), dose e frequência de aplicação, são práticas que determinam maior ou menor persistência no ambiente. Quanto maior a dose, a frequência de aplicação, a precipitação pluviométrica ou a prática de irrigação, maior pode ser a lixiviação e a contaminação do meio ambiente, conseqüentemente, maior o **Impacto Ambiental Negativo**.

ESTUDOS REALIZADOS

Estudos sobre *Comportamento ambiental de pesticidas* (glifosate, quinclorac, clomazone, pirazosulfuron-etil e carbofuran) iniciaram na Embrapa Clima Temperado, em 1998, por Mattos et al. (2000), incluindo as seguintes avaliações: degradação microbiana, adsorção aos colóides do **sol**, deriva e distribuição e movimento no solo e água.

Estudos de dissipação de herbicidas têm sido realizados por vários grupos de pesquisa.

Noldin et al. (1997) realizaram um estudo com a formulação comercial de clomazone 500 CE, que indicou resíduos deste herbicida na água 16 dias após a aplicação (DAAH), e no sedimento, 8 DAAH. A segurança ambiental seria obtida com uma drenagem após 16 DAAH. Hermes et al. (1999) indicaram resíduos de clomazone (formulação comercial 360 CS), na água e sedimento, 24 DAAH. A segurança ambiental seria obtida com uma drenagem após 24 DAAH. Machado et al. (2001) constataram para os herbicidas bentazon, clomazone (500 CE), metsulfuron, propanil, quinclorac e 2,4-D, em estudo de dissipação com coletas de amostras da lâmina d'água: 1 e 6 horas, 1, 7, 14, 21, 28, 60 (DAAH)), segurança ambiental com uma drenagem após 30 DAAH para clomazone e 15 DAAH para os restantes.

Estudo de toxicidade realizado por Jonsson & Maia (1999) com os herbicidas clomazone (500 CE), quinclorac e propanil, utilizando como indicadores os organismos *Daphnia similis* (microcrustáceo) e *Selenastrum capricornutum* (microalga), indicou que a aplicação desses herbicidas nas doses recomendadas, em condições de campo, não apresenta efeito tóxico em curto prazo sobre os indicadores. Resgalla et al. (2001) verificaram para os herbicidas metsulfuron-metil, quinclorac, clomazone (500 CE), oxyfluorten, oxadiazon, pirazosulfuron-etil e carbofuran, utilizando como indicador o organismo *Cyprinus carpio* (carpa), os seguintes resultados de toxicidade:

Baixa Toxicidade: metsulfuron, pirazosulfuron-etil

Média Toxicidade: clomazone e quinclorac

Alta Toxicidade: oxyfluorten, oxadiazon, carbofuran

Machado et al. (2000) constataram, em estudo com os herbicidas metsulfuron-metil, quinclorac e clomazone, utilizando como indicador *Rhamdia quelen* (alevinos de jundiá), ausência de efeitos nocivos.

Biodegradação de pesticidas

É a clivagem de compostos orgânicos mediante a atividade dos microrganismos. Em condições aeróbias ocorre a mineralização de um composto orgânico a CO₂, H₂O e sais. Em condições anaeróbias, metano pode ser formado em adição a CO₂, e sulfato pode ser reduzido a sulfito.

O processo de degradação pode ocorrer naturalmente na presença ou ausência de oxigênio, mas a característica do catabolismo aeróbio de compostos aromáticos que distingue o processo de mecanismos anaeróbios é o uso da classe de enzimas conhecidas como oxigenases (Hopper, 1991, citado por Betts, 1991). Commandeur & Parsons (1990), citados por Ratledge (1990), relatam que, sob condições aeróbias, os compostos aromáticos são transformados pela mono e dioxigenação em derivados dihidroxilados, antes que ocorra a clivagem do anel; sob condições anaeróbias, a degradação segue a rota reductiva.

Em lavoura de arroz irrigado, predomina a condição anaeróbia, ou seja, solos saturados. Mas, mesmo em solos bem arejados, existem microambientes com pouco ou nenhum oxigênio. Em todos esses ambientes, a anaerobiose ocorre quando a taxa de consumo de oxigênio pelos microrganismos é maior do que a taxa de difusão através do ar ou da água. Na ausência de oxigênio, compostos orgânicos podem ser mineralizados através da respiração anaeróbia.

Microrganismos do solo envolvidos em processos de degradação

A diversidade de microrganismos no solo é muito grande. A população microbiana existe em equilíbrio dinâmico formado pelas interações dos fatores bióticos e abióticos que podem ser alterados pelas modificações do ambiente. As bactérias são os organismos mais abundantes e os mais versáteis degradadores de pesticidas (Head et al., 1990), com uma população que oscila de 10^6 a 10^9 organismos g^{-1} solo. Os fungos ocorrem em menor número, 10^4 a 10^6 g^{-1} solo. O número total de actinomicetos no solo é cerca de 10^7 g^{-1} solo. Os microrganismos são capazes de degradar uma grande variedade de compostos, desde simples polissacarídeos, aminoácidos, proteínas, lipídios, aos materiais mais complexos, como resíduos de plantas, ceras e borrachas (látex). Também são capazes de degradar compostos químicos sintetizados pelo homem (Torstensson, 1980).

A perda da diversidade microbiana dos solos é prejudicial para a conservação do ambiente, pois os microrganismos, além da capacidade de mineralizar compostos organoclorados, provêm um recurso genético que pode ser usado para biorremediação ou biorrecuperação de solos contaminados por pesticidas. Inicialmente, testes de bancada em laboratório, com solos ou águas contaminadas, podem determinar a presença ou a ausência de microrganismos degradadores; certos testes podem também revelar fatores ambientais que limitam a biodegradação do pesticida, como pH extremamente baixo ou alto.

A capacidade para metabolizar compostos aromáticos e usá-los como fonte de carbono e energia para o crescimento é exibida por muitos microrganismos, sendo alguns mais ou menos versáteis do que outros, nas opções de enzimas e rotas bioquímicas que possuem à sua disposição. O

metabolismo desses compostos é raramente restrito a uma simples espécie de microrganismo (Lee et al., 1984) e em condições de campo, nos solos, a interação de consórcios microbianos desempenha tarefa vital nas transformações de muitos pesticidas (Slater & Lovatt, 1982).

A ocorrência e abundância de microrganismos em um ambiente são determinadas pela disponibilidade de nutrientes, bem como por vários fatores físico-químicos, como pH, potencial redox, temperatura, textura e umidade do solo. Uma limitação imposta por alguns desses fatores pode inibir a biodegradação e, conseqüentemente, causar a persistência de um pesticida no ambiente.

A disponibilidade de oxigênio, conteúdo de matéria orgânica, disponibilidade de nitrogênio e biodisponibilidade são fatores particularmente significantes no controle da biodegradação de pesticidas. Em ecossistemas terrestres, existem três locais principais onde a contaminação pode ocorrer: superfície dos solos, zona não-saturada (movimento da água não espontâneo) e zona saturada (movimento da água espontâneo). A disponibilidade de oxigênio e matéria orgânica variam nestas zonas, diminuindo com a profundidade; também a atividade de biodegradação diminui com a profundidade.

A demonstração direta da biodegradação de um pesticida é realizada pelo isolamento de microrganismos do solo que possuam a capacidade de degradar os pesticidas em culturas puras ou consórcios microbianos.

Coleção de culturas de bactérias degradadoras de pesticidas da Embrapa Clima Temperado

As finalidades da coleção de bactérias degradadoras de pesticidas da Embrapa Clima Temperado são: preservar o germoplasma específico para utilização no sistema de produção de arroz irrigado e disponibilizar culturas às atividades de pesquisa na área de recursos naturais. No âmbito das pesquisas do subprojeto *Comportamento Ambiental de Pesticidas em Lavouras de Arroz Irrigado no Agroecossistema Terras Baixas*, foram isoladas cepas de bactérias degradadoras de herbicidas, sendo treze de clomazone, três de glifosate, seis de quinclorac, sete de pirazolsufuron-etil e seis do inseticida carbofuran, em solos classificados como PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico Típico e GLEYSSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico, em campo nativo, lavouras de arroz irrigado e mata nativa, localizados nos municípios de Capão do Leão, Santa Vitória do Palmar e Jaguarão. A técnica de enriquecimento de amostras de solo com pesticidas foi utilizada para o isolamento das bactérias degradadoras.

Bactérias degradadoras do herbicida clomazone foram isoladas e identificadas por Machado (2002): *Bacillus megaterium*, cepas B2 e B3, Membro da Família Enterobacteriaceae, cepa B1 Estes microrganismos podem ser usados para remediar solos e recursos hídricos contaminados por resíduos dos herbicidas, como indicadores da presença de resíduos-traços

em matrizes ambientais e da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, processo conhecido como biorremediação.

Impactos ambientais da lavoura de arroz irrigado

Impacto ambiental, conforme resolução CONAMA nº 001, de 23/11/1986, é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das ações antrópicas que, direta ou indiretamente, afetem:

→ A saúde, a segurança, o bem estar e as atividades socio-econômicas da população;

→ a biota (constituído pelo conjunto de animais e vegetais de uma dada região);

→ as condições estéticas e sanitárias de meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

A avaliação de impacto ambiental (AIA) engloba as seguintes etapas de estudo: diagnóstico ambiental, identificação, medição, interpretação e quantificação dos impactos, proposição de medidas mitigadoras e programas de monitoramento. Estudos de AIA em ecossistema de arroz irrigado foram desenvolvidos por equipe de pesquisadores da Embrapa Clima Temperado:

- AIA do inseticida carbofuran granulado (ICG) (*Oryzophagus oryzae*): possibilitou redução de 67% a atual dosagem mínima registrada ($750 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Martins et al, 2001a);
- AIA do ICG sobre Componentes da Fauna Aquática: houve redução da população de anfíbios, moluscos e peixes até 48 horas após a aplicação do ICG (Melo et al., 2001);
- deriva do ICG: houve deriva, na condição de vento (20 km/h e rajadas de 36 km/h) e ângulo de direção do vento com a linha de aplicação (45°), visualizando-se grânulos, nas bandejas, até 82,5 m da primeira faixa de aplicação do inseticida na margem do arrozal (Martins et al., 2001b);
- AIA do ICG sobre a assembléia de pássaros: os padrões temporais de variação de riqueza específica e heterogeneidade das aves sofreram redução posteriormente à aplicação (48 h) de carbofuran granulado. Registraram-se 55 espécies de aves no local de estudo, sendo 29 (53%) exclusivas da área de influência indireta, 14 (25%) da área de influência direta e 12 (22%) comuns em ambas; foram encontradas duas carcaças, no entanto não foi possível qualquer associação entre a morte de *Anthus lutescens* e aplicação do ICG (Dias et al., 2001).

Avaliação de impacto ambiental dos fertilizantes nitrogenados e fosforados

Fertilizantes nitrogenados: a lixiviação de nitrato pode poluir tanto as águas superficiais como as subterrâneas. Nas águas subterrâneas, envolve riscos associados com o consumo de água com níveis elevados de nitrato. Nas águas superficiais, pode levar à eutroficação - aumento do crescimento de algas e esgotamento de oxigênio. A resolução nº 20, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece teores máximos em águas doces de $10 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$.

Fertilizantes fosfatados: podem escorrer e contaminar águas superficiais. Grandes quantidades de P pode provocar o aumento no crescimento de plantas e algas. Quando ocorre a morte destas plantas e algas, sua decomposição por microrganismos heterotróficos resulta na diminuição de O_2 dentro das águas superficiais, resultando no processo de **Eutroficação**. As concentrações de $\text{P} \leq 10 \mu \text{ L}^{-1}$ têm sido associadas com eutroficação (Thompson, 1996, citado por Pepper et al., 1996).

Monitoramento ambiental em ecossistemas de lavoura de arroz irrigado

Como a existência, extensão e comportamento de um poluente pode ser medido para suprir esta determinação (poluição)? Por meio da coleta e análise de amostras ambientais, processo conhecido como Monitoramento Ambiental, que requer o desenvolvimento de planos de amostragem e métodos de coleta de amostras ambientais (água, solo...).

Estudos de monitoramento de resíduos de pesticidas foram realizados em diferentes mananciais hídricos. No diagnóstico da qualidade da água na Lagoa dos Patos, RS (Figura 2), no ano de 1999, em pontos de amostragem de água e sedimentos localizados na região central da Lagoa dos Patos e três afluentes (Rios Guaíba, Camaquã e canal São Gonçalo), durante a estação seca e de chuvas, não foram detectados resíduos dos herbicidas propanil, glifosato, clomazone, quinclorac e dos inseticidas carbofuran, DDT e de seus metabólitos.

Mattos et al. (2001) realizaram um monitoramento do glifosato e de seu metabólito (ácido aminometilfosfônico) em águas de lavouras de arroz irrigado, RS, em uma granja orizícola, localizada no município de Jaguarão, RS, durante o período de 1999/2000 e 2000/2001. Quarenta pontos foram amostrados: do levante na Lagoa Mirim até o lançamento no Arroio Bretanhas, com coletas mensais de dezembro a março. Foram detectadas concentrações de glifosato acima do limite máximo permitido (7,0 ppb) pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency = EPA). Determinado nível de segurança poderá ser alcançado dentro de 120 dias após a aplicação da formulação de glifosato, para águas de lançamento da Granja para o Arroio Bretanhas.



Fig. 2. Zonas de amostragem de água e sedimentos (Lagoa dos Patos, Canal São Gonçalo, Rio Camaquã e Rio Guaíba) (JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY-JICA, 2000).

Monitoramento de agroquímicos em bacias hidrográficas de Santa Catarina, realizado por Noldin et al. (2001), durante as safras de 1998/1999 e 1999/2000, onde foram amostrados 160 pontos, com cinco a oito coletas de água.safra⁻¹, analisou os seguintes parâmetros: físico-químicos (P total, nitrato, nitrito, dureza, turbidez, pH..., biológicos (coliformes totais) e pesticidas (molinaté, pyrazosulfuron-etil, metsulfuron, quinclorac, propanil, oxadiazon, oxyfluorfen, 2,4-D, carbofuran). Os resultados obtidos da Bacia do Rio Camboriú (Camboriú,SC) permitiram o desenvolvimento de um Índice de Qualidade de Água (IQUA); revelaram turbidez (carga de sólidos em suspensão): indicador de erosão natural e atividades humanas, sendo a causa provável a drenagem de quadras de arroz durante o período de preparo do solo; valores de nitrito acima dos limites aceitos pelo CONAMA.

Marchezan et al. (2001) realizaram o monitoramento de agroquímicos na água, na bacia do rio Vacacaí e Vacacaí-Mirim, localizada na Depressão Central do RS, durante a safra de 2000/2001, com oito pontos amostrados, a cada quatro dias, no período de novembro de 2001 à janeiro de 2002. Foram analisados os parâmetros físico-químicos: P e K solúveis, nitrato + amônia, condutividade elétrica e pH, e determinados os herbicidas metsulfuron-metil, quinclorac, propanil e clomazone. Foram analisadas 104 amostras, havendo a detecção em 26,9% de clomazone, em 13,5% de quinclorac, em 8,6% de metsulfuron-metil e o propanil em 1,9% das amostras. Todos os resíduos estavam abaixo de 3 µg L⁻¹. Os resíduos de herbicidas foram detectados em pontos mais próximos de lavouras e

períodos de drenagem. Os parâmetros físico-químicos apresentaram teores abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA.

Macedo et al. (2001) realizaram o monitoramento de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, SO₄ e Cl) e metais pesados (Cu, Zn, Fe, Mn, Na, Cd, Cr, Pb, Ni, Co, Mo e Hg) em águas de lavouras de arroz irrigado, RS. Os pontos de coleta foram localizados na entrada e saída de água das lavouras dos seguintes mananciais hídricos: rios Gravataí, Jacuí, Uruguai, lagoas dos Barros e do Casamento, barragens do Canapé e Arroio Duro. Os resultados indicaram teores de nutrientes e metais pesados abaixo dos teores considerados inadequados para o consumo humano (CETESB, 1988)

MEDIDAS MITIGADORAS

Nesta palestra, abordamos alguns impactos ambientais negativos que podem ser gerados pelo sistema de produção de arroz irrigado, os quais, se não controlados, e até mesmo evitados, podem criar graves problemas de perda da qualidade ambiental. Muitas vezes, são difíceis de solucionar e até mesmo de pagar, sendo alguns de caráter irreversível. No entanto, é óbvio que, em termos de custo, o mais benéfico, efetivo e acessível para o controle de danos ambientais é evitar esses problemas antes de iniciar.

A prevenção dos impactos pode ocorrer de várias formas. Por exemplo, melhores práticas de manejo (*Best Management Practices* = BMPs) podem ser desenvolvidas para otimizar a quantidade de fertilizantes e pesticidas necessários para a cultura do arroz irrigado - o que significa usar somente a quantidade necessária para o crescimento das plantas.

Quando os pesticidas apresentam características potenciais de perda nas águas superficiais ou subterrâneas, os produtores precisam adotar práticas de manejo que reduzam a probabilidade de tal perda ocorrer, considerando-se áreas irrigadas, por exemplo. Neste caso, grande parte da água que entra em uma lavoura depois da aplicação de um pesticida é originária mais da irrigação do que da chuva. Assim, o método de aplicação do pesticida, a época de aplicação e o controle da irrigação são fatores que devem ser levados em conta (Melhorar redação).

Esses fatores são importantes para herbicidas, alguns dos quais têm um potencial moderado de perdas por lixiviação para o lençol freático, podendo atingir as águas subterrâneas. Irrigações contínuas eficientes, seguidas pela aplicação de herbicidas, permitiriam a manutenção do herbicida dentro da rizosfera do arroz, onde ele estaria disponível para absorção pelas plantas invasoras, o que também ocorre quando herbicidas são mantidos na porção superficial do solo. Também a lavração do solo reduz ou elimina os macroporos na sua superfície, aumentando, desse modo, a sorção pelos colóides do herbicida aplicado, reduzindo assim o potencial de perdas (Watson, 1996, citado por Pepper et al., 1996).

A concentração atual de pesticidas que se movimentam com a água é também preocupante, visto que estes podem atingir fontes d'água pública. O EPA tem publicado guias sobre os Níveis Recomendados para Saúde (*Health Advisory Levels* = HALs) para alguns pesticidas, os quais incluem um fator de segurança para a vida humana de várias ordens de magnitude. Resíduos de pesticidas em concentrações até o limite do HALs, ou abaixo, são considerados aceitos para a água de consumo diário.

As medidas mitigadoras devem ser adotadas como parte integrante de um processo de educação ambiental no meio rural brasileiro, em especial pelo setor orizícola.

O conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP) é freqüentemente focado em processos de mitigação de efeitos negativos de poluição ambiental pelo uso inadequado de pesticidas. O princípio do MIP é o de reduzir a quantidade usada de pesticidas a um mínimo necessário para o controle eficiente de pragas, mantendo a qualidade dos alimentos consumidos, a saúde humana, a qualidade ambiental e uma população efetiva de inimigos naturais, principalmente daqueles que combatem os insetos fitófagos que ocorrem em lavouras de arroz irrigado.

O MIP inclui um conjunto de técnicas disponíveis para o controle de pragas, em um modo econômico e ecologicamente saudável. Utiliza estratégias corretas, como o monitoramento de pragas, ferramenta essencial para a determinação da época apropriada para a aplicação econômica de pesticidas.

➤ Práticas Mitigadoras Recomendadas

- Usar os pesticidas somente quando necessário (MIP),
- identificar o tipo de solo,
- identificar as fontes de água nas vizinhanças,
- revisar o sistema de irrigação,
- seguir a recomendação do rótulo dos produtos,
- aplicar os pesticidas no tempo certo,
- dosar os pesticidas cautelosamente,
- calibrar os equipamentos,
- evitar a deriva,
- evitar a pulverização sobreposta,
- retardar a irrigação após a aplicação de pesticidas,
- evitar a irrigação por escorrimento,
- realizar a tríplice lavagem das embalagens,
- armazenar os pesticidas com segurança,

► Sistema de Produção Integrada de Arroz (PIA)

A sustentabilidade ambiental é uma das qualidades de que o agronegócio brasileiro necessita para o aumento da competitividade do negócio orizícola. Neste contexto, a produção integrada, sistema de exploração agrária que produz alimentos e outros produtos de alta qualidade mediante o uso racional de recursos naturais e de mecanismos reguladores, para minimizar o uso de insumos e contaminantes e para assegurar uma produção agrária sustentável, deve ser implementada no setor orizícola brasileiro. O enfoque holístico do PIA, considerando o agroecossistema como um todo, no contexto de análise, é essencial para o sucesso deste sistema.

Com a PIA, procuram-se alternativas capazes de aumentar a competitividade da orizicultura irrigada no Brasil. O PIA é um sistema que, além de minimizar os impactos ambientais negativos da lavoura orizícola, irá inserir, direta ou indiretamente, na cadeia produtiva do arroz, vários processos como ISO 14001 e 9001 (segurança ambiental), Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle = APPCC (segurança alimentar) normalização, rotulagem, certificação ambiental, Boas Práticas Agrícolas (BPAs), rastreabilidade e outros.

A Embrapa, por meio de sua Unidade Descentralizada, Embrapa Clima Temperado, localizada em Pelotas, RS, já iniciou processo de articulação de instituições públicas de ensino e pesquisa, associação de produtores, cooperativas, entre outros, visando ao estabelecimento das normas e os critérios a serem adotados para a produção integrada de arroz.

► Sistema de Produção Orgânica

O cultivo orgânico é a forma mais efetiva de agricultura ecológica, alicerçada nos padrões definidos legalmente e nas normas de produção, processando e rotulando o produto final. Em sistemas de produção orgânica, fatores biofísicos de produção estão intimamente relacionados aos fatores sócio-econômicos e institucionais. O termo orgânico refere-se a métodos de produção e processamento de alimentos que conservem os recursos naturais. Pragas são controladas por meio de agentes biológicos, métodos mecânicos, resistência de plantas e outros. Agricultores ligados à produção orgânica devem procurar repor nutrientes naturais no solo para ajudar na fertilização das plantas, ao invés de usar fertilizantes sintéticos.

Para proteção dos consumidores do abuso do termo orgânico, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) desenvolveu normas disciplinadoras para produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade de produtos orgânicos, de origem animal e vegetal, segundo Instrução Normativa nº 008. Neste contexto, a Embrapa por intermédio da Clima Temperado em Pelotas, RS, em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, Estação Experimental de Itajaí,

SC) e a Associação dos Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro (AUD – Camaquã, RS), está desenvolvendo o projeto “Alternativas Tecnológicas para Produção Orgânica de Arroz Irrigado no Sistema de Cultivo Convencional, no Rio Grande do Sul”, aprovado no fundo competitivo PRODETAB (Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil: Edital 01/2001). O objetivo é desenvolver tecnologias que aumentem a sustentabilidade da orizicultura irrigada, por meio da eliminação do uso de pesticidas e fertilizantes químicos, visando à preservação da saúde dos produtores e consumidores, bem como do meio ambiente.

O projeto possui enfoque sistêmico, desenvolvido por uma equipe multidisciplinar nas áreas de microbiologia agrícola e do ambiente, fertilidade, manejo, física e gênese do solo, entomologia, plantas daninhas, fitopatologia, sementes, tecnologia de alimentos e sócio-economia. Tecnologias geradas por pesquisa executada na Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, estão sendo validadas em uma propriedade familiar na localidade Banhado do Colégio, Camaquã, RS. Essas tecnologias estão sendo rastreadas no sistema de produção orgânico, visando, após três anos, a criar condições para que o produtor possa solicitar a certificação do arroz produzido. Os resultados do projeto deverão possibilitar a eliminação do uso de produtos químicos, no âmbito da agricultura familiar, contribuindo substancialmente para a minimização de custos de produção (menor desembolso na aquisição dos agroquímicos), recuperação e conservação de recursos naturais, com reflexos positivos quanto a sustentabilidade do referido estrato produtivo.

O cultivo de arroz num ambiente sem concentração de resíduos de produtos químicos poderá agregar valor ao produto final e, desse modo, aumentar a rentabilidade do setor e, conseqüentemente, as condições sócio-econômicas dos estratos produtivos envolvidos. A possível queda na produtividade das lavouras, sem o uso de insumos químicos, poderá ser compensada pela redução dos custos de produção e obtenção de produto com maior valor de mercado.

As tecnologias geradas para o sistema de produção orgânica de arroz objetivam a otimização do uso de recursos naturais e sócio-econômicos, respeitando a integridade cultural e buscando a sustentabilidade. Ressalta-se também que a adoção deste sistema caminha em direção a uma melhor qualidade de vida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No agronegócio de arroz irrigado, cada componente da cadeia produtiva deve responsabilizar-se pela proteção do meio ambiente, assumindo e demandando atitudes inovativas com resultados competitivos. Deve haver interação com agências de governo e ONGs em favor de uma participação

pró-ativa e cooperativa, pensando globalmente e promovendo ações que sejam simultaneamente favoráveis à manutenção ou conservação do meio ambiente e à sustentabilidade e competitividade do agronegócio orizícola.

Além dos governos, a comunidade científica deve estabelecer fóruns permanentes para discutir os riscos ambientais potenciais no ecossistema de arroz irrigado. Projetos multidisciplinares devem permitir uma avaliação clara sobre os impactos ambientais das tecnologias geradas pelas instituições de pesquisa. Finalmente, como no ecossistema de arroz irrigado, os recursos naturais ainda estão disponíveis a custo zero, estes devem ser utilizados de forma sustentável de modo que os custos de reposição não sejam incorporados aos do processo produtivo.

Salientamos, ainda, aspectos quantitativos da água que geram preocupação: existem somente 2,5% de água doce no mundo; destes, 87% estão contidos nas geleiras, na atmosfera e no solo e 30% estão armazenados nos aquíferos. Portanto, urge a necessidade de implementação de processos de educação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARROZ IRRIGADO. Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil/IRGA, Porto Alegre, 2001, 128p.

BETTS, W.B. Biodegradation: natural and synthetic materials. London: Springer-Verlag, 1991. 238p.

CETESB. Guia de coleta e preservação de amostras de água. Anexo 1. Legislação referente à qualidade de águas. São Paulo, CETESB, 1998.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA (Brasil). Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Classificação das águas. Diário Oficial do Brasil, Brasília, DF, 30 de jul. de 1986.

DIAS, R.A.; MATTOS, M.L.T.; MARTINS, J.F. da S.; MELO, M. Assembléia de aves em área orizícola tratada com carbofuran. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001. p.778-780.

HEAD, I.M.; CAIN, R.B.; SUETT, D.L. Molecular aspects of enhanced microbial degradation of pesticides. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE-PESTS AND DISEASES, 3., 1990, Proceedings..., 1990. p.907-916.

HERMES, L.C.; NOLDIN, J.A.; FAY, E.F.; EBERHARDT, D.S.; ROSSI, M.A. Dissipação do herbicida clomazone em arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., 1999, Pelotas. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999, p.685-688.

IRGA. Informativo. Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2002. 4p.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY-JICA The study on the environmental management of the hydrographic basin of Patos and Mirim Lakes in the Federative Republic of Brazil. Tokyo, 2000. 396p. Relatório técnico

JONSSON, C.M.; TOLEDO, L.G.; BIELE, J. Efeito de três herbicidas usados em culturas de arroz irrigado sobre a mobilidade e crescimento de organismos aquáticos bioindicadores. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. Anais... Itajaí: EPAGRI, 1997. p.538-541.

JONSSON, C.M.; MAIA, A.H.N. Toxicidade dos herbicidas clomazone e quinclorac para o invertebrado aquático *Daphnia similis* na presença e ausência de sedimento. Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v.9, p.145-153, 1999.

LEE, A. EPTC degrading microorganisms isolated from a soil previously exposed to EPTC. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v.16, p.907-915, 1984.

MACEDO, V.R.M.; MARCOLIN, E.; BOHENEN, H. Levantamento exploratório da composição química das águas utilizadas para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001. p.793-795.

MACHADO, M.I.C.S Caracterização de bactérias isoladas do solo quanto à produção de biopolímeros e degradação de clomazone. Pelotas, UFPEL, 2002. (Tese de Doutorado).

MACHADO, S.L.O; BALDISSEROTTO, B.; MARCHEZAN, E.; VIEIRA, V.P.; MIRON, D.S.; SILVA, L.V.F.; GOLOMBIESK, J.I. Desenvolvimento inicial de alevinos de jundiá [*Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824)] em água de lavoura de arroz irrigado tratada com herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001. p.818-820.

MACHADO, S.L.O; MARCHEZAN, R.Z.; PRIMEL, E.G.; MARZARI, V.; CAZAROTTO, S.C.; AVILA, L.A. Persistência de alguns herbicidas em lâmina de água de lavouras de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001. p.775-777.

MARCHEZAN, E.; ZANELLA, R.; ÁVILA, L.A.; ROBAINA, A.D.; MACEDO, V.R.M.; MENEZES, V.; BOHNEN, H.; MARCOLIN, E.; PIMENTEL, E.G.; MARZAR, V. Dispersão de pesticidas e nutrientes nas águas da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí e Vacacaí-Mirim durante o período de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001. p.816-817.

MARTINS, J.F. da S., MATTOS, M.L.T.; MELO, M.; SILVA, F.F.; CUNHA, U.S. da.; DIAS, R.A. Minimização do uso de carbofuran para o controle do gorgulho aquático no ecossistema de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001a. p.805-807.

MARTINS, J.F. da S., MATTOS, M.L.T.; CUNHA, U.S. da.; SCHRÖDER, E.P. Método para avaliação da deriva de carbofuran granulado aplicado por via aérea em lavouras de arroz irrigado. Agropecuária Clima Temperado, Pelotas, v.4, n.2, p.403-409, 2001.

MATTOS, M.L.T.; SANTOS, S.C.A.; SANTOS, F.O.; SANTOS, F.M.; MALÜK, L.S. Coleção de culturas de bactérias degradadoras de pesticidas da Embrapa Clima Temperado. Agropecuária Clima Temperado, Pelotas, v.3, n.2, p.261-268, 2000.

MATTOS, M.L.T.; PERALBA, M.C.R.; DIAS, S.L.; PRATA, F.; OLIVEIRA, E.C. Monitoramento ambiental do glifosate, e de seu metabólito (ácido aminometilfosfônico) em águas de lavouras de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001. p.802-807.

- MATTOS, M.L.T.; CASTRO, L.A.S.; ANDRES, A; HERMES, L.C.; CHAIN, A; ABAKERLI, R.B.; SOUZA, M.D.; NETO, L.M.; PERALBA, M.C.R.; THOMAS, R.W.S.P.; VIDAL, R.; NOLDIN, J.A. Environmental behavior of herbicides in irrigated rice in the "low lands" agroecosystem. In: THIRD INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3., 2000, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: International Weed Science Society, 2000c. p.239.
- MELO, M.; MATTOS, M.L.T.; MARTINS, J.F. da S.; DIAS, R.A; BAPTISTA, G.C. Fauna aquática em área tratada com carbofuran em ecossistema de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001. p.796-797.
- NOLDIN, J. A.; HERMES, L.C.; ROSSI, M.A; FERRACINI, V.L. Persistência do herbicida clomazone em arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22. Camboriú, 1997. p.363-364.
- NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S.; DESCHAMPS, F.C.; HERMES, L.C.; Estratégia de coleta de amostras de água para monitoramento do impacto ambiental da cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001. p.760-762.
- PEPPER, I.L.; GERBA, C.P.; BRUSSEAU, M.L., ed. Pollution science. London: Academic Press, 1996. 397p.
- RATLEDGE, C. Physiology of biodegradative microorganisms. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. 220p.
- RESGALLA, C.; NOLDIN, J.A.; SANTOS, A.L.; SATO, G.; EBERHARDT, D.S. Teste de toxicidade aguda de agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado sobre juvenis de carpa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. Porto Alegre, 2001. p.813-815.
- SLATÉR, J.H.; LOVATT, D. Biodegradation and the significance of microbial communities. In: GIBSON, D.T., ed. Biochemistry of Microbial Degradation, New York: M. Dekker. 1982.
- TORSTENSSON, L. Role of microorganisms in decomposition. In: HANCE, R.J., ed. Interactions between herbicides and the soil. London: Academic Press, 1980. 349p.

PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ARROZ IRRIGADO

José Alberto Noldin e Domingos Sávio Eberhardt¹

INTRODUÇÃO

O arroz é a base de muitos pratos da culinária mundial. Mais de 50% da população mundial utiliza o arroz como alimento básico. No ano de 2001, foram cultivados 151,5 milhões de hectares do cereal, atingindo uma produção global de 592,8 milhões de toneladas (FAO, 2002). Segundo a FAO, com base na tendência de um rápido crescimento da população, nos próximos vinte anos haverá necessidade de aumentar substancialmente a produção mundial de arroz, o que pode corresponder a um acréscimo de demanda da ordem de 300 milhões de toneladas do cereal. A expectativa é de que este aumento da produção mundial de arroz venha a ocorrer sem muita expansão da atual área cultivada, principalmente do sistema de cultivo de arroz irrigado por inundação. Há muita restrição à expansão da área deste sistema de produção orizícola, em função de impactos ambientais negativos que podem advir de alterações no ecossistema, principalmente pelo uso de agroquímicos, potencialmente geradores de poluição ambiental. O arroz irrigado por inundação é uma cultura de destaque no sul do Brasil, onde ocupa cerca de 1,1 milhões de hectares, nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis por mais de 50% da produção nacional do cereal.

No Estado de Santa Catarina, o arroz irrigado tem grande importância econômica e social, sendo cultivados em torno de 130 mil hectares, com o envolvimento de aproximadamente 8 mil famílias de agricultores, na grande maioria pequenos e médios agricultores, que utilizam, principalmente, mão-de-obra familiar. A produtividade média estimada para a safra 2001/2002 em Santa Catarina foi de 6,94 t/ha (Icepa, 2002), destacando-se como o primeiro em produtividade de arroz irrigado no Brasil. Os rios e riachos são as principais fontes de abastecimento de água já que pode passar de uma lavoura para outra antes de retornar aos cursos de água. Estes mesmos rios e riachos servem também de fonte de água para animais nas propriedades, bem como para o abastecimento urbano e industrial.

No Rio Grande do Sul, 942 mil hectares de arroz irrigado foram cultivados na safra 2000/01, e a produtividade média foi de 5615 kg/ha (Irga, 2002), o que garante ao Estado uma posição de destaque como maior produtor de

¹Pesquisadores da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. – Epagri, Estação Experimental de Itajaí. Caixa Postal 277, CEP 88.301-970, Itajaí, SC. E-mail: noldin@epagri.rct-sc.br

arroz irrigado no Brasil. A água utilizada em grande parte das lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul é proveniente de açudes, rios, riachos e das lagoas costeiras, principalmente das lagoas dos Patos, Mirim e Mangueira. A água que sai das lavouras tem como destino os riachos, rios, lagoas ou açudes a jusante, sendo também utilizada para consumo humano e animal.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO NO SUL DO BRASIL

O sistema de cultivo utilizado em Santa Catarina caracteriza-se pela utilização de sementes pré-germinadas, semeadas a lanço em solo coberto por uma lâmina de água (Epagri, 1998). Este sistema, quando bem manejado, permite a supressão de plantas daninhas de espécies gramíneas e ciperáceas, além de melhorar a disponibilidade de nutrientes pela redução do solo após a inundação.

No Rio Grande do Sul, os sistemas de cultivo utilizados são: a) semeadura em solo seco, também conhecido como sistema convencional (45,2% da área); b) sistema de cultivo mínimo e plantio direto (44%); e c) sistema pré-germinado, o qual inclui a semeadura com ou sem lâmina de água, este último também conhecido como sistema misto ou "mix" (10,6%) (Irga, 2002).

RISCOS ASSOCIADOS AO USO DE AGROQUÍMICOS EM ARROZ IRRIGADO

Em todos os sistemas de produção de arroz irrigado no sul do Brasil é realizada a aplicação de herbicidas, inseticidas, adubos químicos e, eventualmente, de fungicidas. A aplicação de agroquímicos geralmente é efetuada diretamente na lâmina de água (benzedura), ou antecedendo a inundação da área, acarretando riscos de transporte dos produtos aplicados para fora das lavouras, podendo resultar em contaminação das águas. Embora ainda não se conheçam detalhadamente os níveis de contaminação ambiental ou os possíveis impactos ambientais ocasionados por agroquímicos utilizados nas lavouras de arroz, segmentos da sociedade reivindicam a redução no uso desses insumos nas lavouras, ou mesmo a proibição do cultivo de arroz em algumas regiões (Pavei, 2000). Trabalhos recentes desenvolvidos em Santa Catarina registraram a ocorrência de resíduos de alguns agroquímicos como quinclorac, pyrazosulfuron, 2,4-D, molinató, e oxyfluorfen nas águas dos rios Camboriú e Itapocú (Noldin et al, 2002). No entanto, as quantidades de resíduos observadas na grande maioria das amostras podem ser consideradas baixas, mas persiste a carência de informações no Brasil sobre os limites máximos de resíduos permitidos para os produtos detectados, exceto para o herbicida 2,4-D. Neste caso, o limite máximo permitido em água tratada para consumo

humano, no Brasil, é de 30 ug/L, enquanto o valor máximo observado em amostras de água bruta foi de 14,8 ug/L.

Além do risco da contaminação das águas por resíduos de agroquímicos, existe a possibilidade de os produtos causarem efeitos sobre organismos não alvo, como peixes, zooplâncton e fitoplâncton (Machado et al., 2001; Resgalla et al., 2001 e 2002).

Paralelamente à crescente preocupação com os possíveis impactos ambientais negativos causados pela cultura do arroz irrigado, nos últimos anos tem ocorrido uma demanda crescente de mercado por produtos chamados "naturais" ou "orgânicos". Esta demanda tem sido mais acentuada para alimento consumidos *in natura* como as frutas e hortaliças que, nos sistemas convencionais de produção, podem receber quantidades relativamente elevadas de agroquímicos, com riscos de prejuízos à saúde, especialmente quando os prazos de carência não são respeitados. No caso de culturas como o arroz irrigado, apesar de este risco poder ser considerado mínimo, pois os agroquímicos, especialmente os adubos e herbicidas, são utilizados nas etapas iniciais da cultura, minimizando assim o risco de acúmulo destes produtos no grão, existe demanda, ainda que limitada, para produto oriundo dos sistemas de produção orgânica ou ecológica.

Além da preocupação com a qualidade dos produtos para consumo, existe também uma crescente preocupação com a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, beneficiando especialmente os pequenos produtores, através da redução ou eliminação do uso de agroquímicos, visando à preservação da saúde dos trabalhadores rurais e consumidores e contribuindo para a preservação ambiental.

PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ARROZ IRRIGADO

A implementação de sistemas de produção orgânica de arroz irrigado depende, basicamente, de fatores como: histórico da área, disponibilidade e qualidade da água utilizada na irrigação e riscos de inundações.

Preferencialmente, devem ser utilizadas áreas novas ou em pousio pelo período mínimo de dois a três anos. Para produção orgânica em áreas normalmente utilizadas com sistemas convencionais de produção, com uso de agroquímicos, é exigido um período de conversão. Este fator limita em muito a adoção de sistemas de produção orgânica de arroz irrigado em algumas regiões. Em Santa Catarina, por exemplo, poucos produtores possuem áreas novas para incorporar ao sistema produtivo, exigindo, assim, que as áreas a serem utilizadas passem pelo período de conversão exigido pela legislação.

A água utilizada na irrigação da lavoura deve ser livre de qualquer contaminante, ou seja, não deve proceder de lavouras que utilizam

agroquímicos. Igualmente, este também é um fator limitante à adoção desta prática em algumas áreas, especialmente em Santa Catarina. Desta forma, é necessário que o produtor disponha de fonte de água de açudes ou nascentes. Áreas sujeitas a inundações eventuais ou enxurradas também apresentam restrições para uso no sistema orgânico.

Na maioria das áreas cultivadas com arroz irrigado, geralmente, o produtor adota o cultivo intensivo, ou seja, o plantio de arroz na mesma área todos os anos. Esta condição favorece a incidência de plantas daninhas, um dos principais fatores limitantes à produtividade do arroz irrigado, e para o qual há poucas alternativas não químicas de controle.

PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO NO SISTEMA PRÉ-GERMINADO COM BAIXO IMPACTO AMBIENTAL

Constata-se que, especialmente em Santa Catarina, são poucas as áreas atualmente em cultivo com arroz irrigado que atenderiam a todos os requisitos para a produção orgânica. Neste caso, a prática da chamada produção integrada constitui-se numa alternativa altamente viável para uso pela maioria dos agricultores, haja vista que várias tecnologias estão disponíveis, algumas já em uso por alguns agricultores, que permitem reduzir o uso de agroquímicos ou manejá-los de forma mais adequada, minimizando assim os riscos que a cultura possa exercer ao ambiente.

a) Manejo de plantas daninhas - As plantas daninhas são as principais responsáveis pela redução na produtividade de grãos de arroz irrigado nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Quando práticas adequadas de controle não são adotadas, estima-se que o prejuízo causado pelas plantas daninhas à produtividade pode ser superior a 80% (Epagri, 1998). O manejo da água tem sido indicado como um importante método de controle de plantas daninhas na cultura de arroz irrigado (Noldin, 1997). Mantendo-se o solo alagado ou saturado nos estádios iniciais de desenvolvimento do arroz, reduz-se a germinação e o desenvolvimento de plantas daninhas, tais como o arroz vermelho, capim-arroz (*Echinochloa spp*) e cuminho (*Fimbrystilis miliacea*). No entanto, esta condição de solo inundado favorece o desenvolvimento de plantas daninhas aquáticas, sendo os maiores danos ocasionados por sagitária (*Sagittaria montevidensis*) (Eberhardt e Noldin, 1999). Trabalhos mais recentes desenvolvidos na Epagri evidenciam que o estabelecimento de uma população adequada de plantas de arroz é uma condição importante para minimizar, ou até mesmo eliminar, o efeito da competição de plantas daninhas aquáticas, como a sagitária, com o arroz irrigado (Eberhardt e Noldin, 2001 e 2002). Menezes e Silva (1998) também sugerem que o efeito nocivo das plantas daninhas pode ser reduzido através do aumento da densidade de semeadura da cultura.

A manutenção de lâmina de água após a semeadura pode interferir negativamente no estabelecimento das plântulas de arroz. Entretanto, tem

vido observada a existência de diferenças varietais condicionando maior ou menor tolerância à emergência na água e ao acamamento. Assim, para o cultivo de arroz em quadros alagados durante todo o ciclo, há necessidade da utilização de cultivares de arroz que apresentem tolerância à inundação contínua da lavoura (Ishiy et al, 1999). As cultivares Epagri 108, Epagri 109, SCS-BRS 111 e SCS 112, quando as sementes são pré-germinadas, apresentam desenvolvimento satisfatório em lâmina de água.

b) Manejo de pragas – A ocorrência da bicheira-da-raiz ou gorgulho-aquático (*Oryzophagus oryzae*) constitui-se num dos fatores que podem limitar a produtividade do arroz irrigado, especialmente no sul do Brasil, requerendo o uso freqüente de inseticidas, principalmente de carbofuran. Trabalhos de pesquisa realizados em condições controladas relatam a possibilidade de utilização de controle biológico, com *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, no controle desta praga (Martins et al., 1986, Prando e Ferreira (1994). No entanto, ainda não existem recomendações desta tecnologia para uso em escala comercial. Outros insetos-praga importantes na cultura do arroz irrigado são os percevejos. O percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris*, possui o hábito de esconder-se entre as folhas do arroz, próximo ao solo. A elevação do nível da lâmina da água contribui para a redução da população deste inseto na lavoura. Os percevejos-do-grão, *Oebalus poecilus*, fazem a postura concentrada em único local, o que facilita a localização e a destruição física ou mecânica dos ovos. No entanto ainda persiste a falta de conhecimento da etologia destes insetos. Estes estudos possibilitarão a recomendação de medidas de controle, na entressafra, nos locais de hibernação.

c) Adubação – A diversificação de fontes de nitrogênio para a cultura do arroz constitui-se em uma das principais limitações à produção de arroz irrigado no sistema orgânico. Estudos recentes têm indicado espécies de leguminosas adaptadas ao cultivo nas áreas de várzea, sendo uma fonte promissora de N para o arroz irrigado (Scivittaro et al. 2000). A utilização de adubação verde e/ou rotação de culturas em áreas cultivadas com arroz irrigado no sistema pré-germinado é pouco promissora devido às quadras serem niveladas, dificultando a drenagem na entressafra e a desestruturação física do solo, com conseqüente redução na concentração de oxigênio no solo. Morel (1983) testou várias alternativas durante três anos no sul de Santa Catarina, sem resultados promissores.

A azola (*Azolla* spp) é uma pteridófita aquática que, em simbiose com a alga verde-azulada, *Anabaena azollae*, é capaz de fixar nitrogênio atmosférico. O uso da azola na fertilização de lavouras de arroz é tradicionalmente utilizada na Ásia. Noldin e Ramos (1983), em experimento conduzido em Santa Catarina, cultivaram azola antes da semeadura do arroz (julho a setembro) e obtiveram produtividades de 39 t/ha de fitomassa verde e de 54,8 kg/ha de nitrogênio, sugerindo ser uma alternativa que

pode ser viável na substituição do nitrogênio mineral em lavouras de arroz irrigado, especialmente no sistema pré-germinado.

Apesar de os Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul serem grandes produtores de aves, é insignificante a utilização dos dejetos na fertilização de lavouras de arroz. Os dejetos de aves devem ser aplicados e incorporados ao solo com antecedência à semeadura para evitar principalmente a perda de N pela volatilização da amônia e contaminação ambiental. Estudos de dose e época de incorporação do esterco estão em andamento na Epagri

A Embrapa Clima Temperado está desenvolvendo pesquisas sobre o uso de leguminosas adubos verdes e de cianobactérias como uma fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do arroz irrigado.

d) Rizipiscicultura - A rizipiscicultura é uma forma de produzir o arroz em consórcio com o peixe, permitindo reduzir ou até mesmo dispensar a utilização de agroquímicos, como herbicidas e inseticidas. A prática da rizipiscicultura pode favorecer o estabelecimento de plantas, aquáticas como o águapé e sagitária, e de insetos-praga, como a lagarta-boiadeira (*Nymphulla indomitalis*). No caso das plantas daninhas aquáticas, já mencionamos que o estabelecimento de uma boa população de plantas suprime o seu desenvolvimento. Em casos de alta incidência de lagartas aquáticas, podem-se utilizar inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis*.

e) Marreco associados ao cultivo do arroz - A utilização de marreco (*Anas* spp) em arrozeiras na entressafra tem sido praticada com sucesso por pequenos agricultores de Santa Catarina. Entre as vantagens do uso do marreco, destaca-se o fato de eles alimentarem-se das sementes de arroz vermelho, de arroz e de outras plantas daninhas, bem como de plântulas de espécies aquáticas, de insetos e de moluscos. Outra vantagem proporcionada pelos marreco é a aceleração da disponibilização de nutrientes.

A utilização de marreco e peixes em lavouras de arroz pode reduzir o uso de herbicidas, inseticidas e fertilizantes na instalação da lavoura, além do ganho adicional da sua venda.

NECESSIDADES DE PESQUISA

A viabilidade técnica e econômica dos sistemas de produção orgânica ou produção integrada de arroz irrigado está na dependência de que alternativas tecnológicas viáveis sejam oferecidas aos produtores. A maioria das tecnologias atualmente utilizadas não são compatíveis com os sistemas de produção orgânica. As cultivares atualmente recomendadas foram melhoradas visando à produtividade e qualidade de grão e foram selecionadas sob baixo nível de estresse ambiental. Novas cultivares,

adaptadas aos sistemas de produção orgânica, deverão ser selecionadas quanto à competitividade com pragas e plantas daninhas, a com bom desempenho sob condições de limitada disponibilidade de nutrientes. A seleção de materiais com elevada capacidade de estabelecimento em lâmina de água facilitará o manejo de plantas daninhas. Da mesma forma, faz-se necessário o estudo de práticas de manejo da cultura visando a maior competitividade em relação as pragas, doenças e plantas daninhas. Neste sentido, a Epagri/Estação Experimental de Itajaí, a Embrapa Clima Temperado e a Univali, numa parceria interinstitucional, estão desenvolvendo um projeto cooperativo que tem por objetivo a geração de tecnologias visando à eliminação ou à redução drástica do uso de produtos químicos na produção de arroz. O projeto situa-se no âmbito da agricultura familiar, contribuindo substancialmente para a minimização de custos de produção, recuperação e conservação de recursos naturais, com reflexos positivos quanto à sustentabilidade dos sistemas de produção de arroz irrigado.

Na safra 2001/02 foram conduzidos experimentos pela Epagri, buscando avaliar, em nível de campo, as tecnologias hoje disponíveis para uso pelos agricultores (Eberhardt et al., 2002). No referido trabalho foram comparados quatro sistemas de produção, incluindo o sistema pré-germinado convencional, comparado com três sistemas alternativos, os quais incluíram a adoção unicamente de práticas culturais, utilização de marrecos na entressafra ou a rizipiscicultura. A área onde foi instalado o experimento apresentava elevada infestação de arroz vermelho, mais de 4000 sementes por m². Em todos os tratamentos foi observada baixa incidência de bicheira-da-raiz. Na área de rizipiscicultura ocorreu elevada incidência de lagarta-boiadeira, no período de cultivo de arroz, provavelmente em função da maior profundidade da lâmina de água, comparativamente aos demais tratamentos.

A maior redução no banco de sementes de arroz vermelho e de arroz no período de entressafra ocorreu no sistema com marrecos, equivalente a 65%. Com apenas 27 dias de ocupação da área, os marrecos praticamente eliminaram o banco de sementes da superfície do solo, observando-se redução, no entanto, até 77 dias.

No sistema com rizipiscicultura durante a entressafra, também constataram-se reduções no banco de sementes de arroz e arroz vermelho, sendo, no entanto, a eficiência deste inferior ao sistema com marrecos. Apesar disto, ocorreu baixa infestação de arroz vermelho e capim-arroz neste sistema, resultado, provavelmente, do manejo da água e da redução da densidade sementes na superfície do solo.

A maior produtividade de grãos foi obtida no sistema pré-germinado convencional (8,27 t/ha). No tratamento com marrecos, a produtividade foi de 7,51 t/ha, porém foi o sistema que apresentou o maior saldo financeiro, resultado do menor gasto com insumos específicos e a renda adicional

obtida com a venda de marrecos. Os autores relataram ainda redução de produtividade nos tratamentos em que foram adotadas apenas práticas culturais (manejo de água, aumento na densidade de semeadura e adubação com cama de aviário) e na rizipiscicultura. Tal redução foi atribuída à maior incidência de plantas daninhas e ao dano ocasionado pela lagarta-boiadeira ao arroz.

ALGUMAS EXPERIÊNCIAS PIONEIRAS NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ARROZ IRRIGADO

Atualmente algumas experiências na produção de arroz orgânico ou ecológico são conhecidas no sul do Brasil:

- a) Produtores situados na Área de Preservação Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, PR (Faep, 2002).

Não é permitida a utilização de agroquímicos nesta área, sendo a produção orgânica compulsória. Possuem certificação do IBD, mas não comercializam a produção como produto orgânico. Comercializam a produção em Santa Catarina e não recebem preço diferenciado em relação a produto convencional. A produtividade é boa, principalmente porque a área possibilita a colheita de soca e o custo de produção é baixo. O principal fator limitante é a incidência da praga bicheira-da-raiz;

- b) Produtores do Alto Vale do Itajaí, SC.

São integrados a uma agroindústria e produzem arroz sem uso de agroquímicos. O sistema de produção adotado não é orgânico, pois utiliza água captada nos rios que pode apresentar contaminação. Os produtores recebem preços diferenciados, comparado ao preço do arroz produzido convencionalmente. Utilizam basicamente manejo de água e esterco, ou marrecos, ou rizipiscicultura. Alguns produtores conseguem altas produtividades. Ocasionalmente ocorrem problemas de infestação com plantas daninhas e pragas que ocasionam reduções na produtividade.

- c) Produtores do município de Turvo, SC.

Alguns produtores deste município têm utilizado o sistema de produção que envolve a rizipiscicultura como alternativa para eliminar a utilização de agroquímicos na cultura do arroz irrigado (Coopersulca, 2002). Neste sistema tem ocorrido redução nos custos de produção, pois não há utilização de agroquímicos o que reduz significativamente as necessidades de preparo de solo para implantação da cultura. A rentabilidade da cultura nestas áreas é boa, especialmente porque as produtividades são boas, o custo de produção é inferior ao sistema convencional e os produtores têm obtido renda adicional com a comercialização do peixe.

- d) Rio Grande do Sul. Uma das primeiras experiências com produção orgânica de arroz no Brasil, foi realizada na Fazenda Cerro do Tigre,

localizada no município de Alegrete, RS, na safra 1993/94 (Mello, 2002). A área inicial de cultivo, de apenas 1,5 ha, passou para mais de 36 ha, quatro safras mais tarde. Entre os problemas enfrentados, o produtor relata o fato de a área utilizada na produção orgânica estar inserida dentro do conjunto de várzeas da propriedade, que utilizavam agroquímicos e contavam com a mesma estrutura de irrigação, acarretando, assim, riscos de contaminações da área com produção orgânica pelas áreas com cultivo convencional. Pela legislação vigente à época, o produto produzido na propriedade não mais pode ser enquadrado como oriundo de produção orgânica. Para obter a certificação, havia necessidade da transformação de toda a área da propriedade, o que foi inviabilizado pelo mercado baixa demanda e pelo fato de o preço oferecido pelo mercado não ser competitivo, comparado com o produto convencional.

CERTIFICAÇÃO ORGÂNICA

A certificação é o processo pelo qual produtos ou serviços recebem um selo de qualidade pela performance superior ou especializada em relação a outros produtos ou serviços concorrentes.

As normas de certificação para empresas rurais e agricultores que adotam a produção orgânica ou agroecológica foram pioneiramente elaboradas na década de 80 por uma entidade européia, a IFOAM-Federação Internacional dos Movimentos da Agricultura Orgânica. A partir das normas da IFOAM, vários países e estados desenvolveram suas normas de produção orgânica. Atualmente, o Codex Alimentarius, órgão ligado à FAO, que dita normas de qualidade dos alimentos, também desenvolveu padrões de cultivo orgânico. No Brasil, o Instituto Biodinâmico (IBD) de Botucatu, São Paulo, foi a primeira entidade certificadora orgânica nacional, reconhecida internacionalmente.

A primeira norma de produção orgânica oficial brasileira é a Instrução Normativa n.º 007, de 17 de maio de 1999, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, que também instituiu o Órgão Colegiado Nacional e os Órgãos Colegiados Estaduais. Estes órgãos, compostos de entidades representativas do setor orgânico, são responsáveis pela sistematização e implantação das normas da produção orgânica nos Estados e pelo credenciamento de entidades certificadoras. Atualmente, como o processo está recém iniciando, não existem ainda entidades oficialmente credenciadas no Brasil. No entanto, algumas certificadoras nacionais e internacionais estão atuando no país extra-oficialmente.

A Instrução Normativa n.º 007, de 17 de maio de 1999, a qual dispõe sobre normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais no Brasil, bem como as Normas de Certificação Orgânica Internacional, podem ser acessadas no portal da Epagri, www.epagri.rct-sc.br.

Atualmente, são cinco as empresas registradas como produtoras orgânicas de arroz no Brasil, sendo uma de Santa Catarina, duas do Rio Grande do Sul, um do Paraná e um do Rio de Janeiro (Planeta Orgânico, 2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na atual conjuntura, a produção orgânica ressent-se devido a alguns fatores limitantes, tais como disponibilidade de áreas, água não contaminada e mercado. No entanto, a sociedade demanda produção de alimentos sob baixo impacto ambiental. As tecnologias disponíveis ou em fase de desenvolvimento no sistema de cultivo pré-germinado permitem redução drástica no uso de agroquímicos, mesmo que isso resulte em redução na produtividade do arroz, mas com a vantagem da redução no custo de produção.

Felizmente, tem sido observada uma crescente conscientização ambiental em todos os setores da sociedade, inclusive nos segmentos envolvidos na cadeia produtiva do arroz irrigado. Como a pesquisa ainda não dispõe de soluções não químicas para um sistema completo de produção orgânica de arroz irrigado, é fundamental que técnicos e produtores se conscientizem da importância da adoção daquelas alternativas já disponíveis, buscando reduzir ao máximo o uso de agroquímicos na cultura, minimizando, assim, os riscos de impacto ambiental. A incorporação nos sistemas de produção de práticas como o bom preparo e nivelamento do solo, semeadura em lâmina de água com inundação constante, aplicação de agroquímicos somente quando necessária e na época recomendada e daqueles produtos recomendados pela pesquisa são algumas práticas que poderão contribuir de maneira significativa para melhorar a sustentabilidade da cultura do arroz irrigado.

O mercado para produtos orgânicos tem experimentado um crescimento acentuado nos últimos anos em todo o mundo e também no Brasil. No entanto, a participação dos diversos produtos tem sido diferente neste mercado. Informações obtidas de empresas que têm atuado na produção e comercialização de arroz produzido no sistema orgânico mostram que o principal fator limitante neste mercado é o seu tamanho. Isto porque, diferentemente do que ocorre com produtos como frutas e hortaliças, o consumidor parece não ter a mesma preocupação com relação à possível presença de resíduos de agroquímicos no arroz. Por esta razão, a produção de arroz sem agroquímicos deve ser viabilizada economicamente, mesmo que o mercado não pague preços diferenciados em relação ao produto convencional.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores da Epagri, Dr. Moacir A. Schiocchet e Dr. Takazi Ishiy, pelas contribuições dadas para a melhoria deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COOPERSULCA. Disponível em: <<http://www.arrozfazenda.com.br>>. Acesso em: 10 julho 2002.

DESCHAMPS, F.C.; TOLEDO, L.G. de; NOLDIN, J.A.; NICOLELLA, G.; EBERHARDT, D.S. Índice de qualidade de água (IQA) na avaliação do impacto da cultura do arroz irrigado sobre a qualidade das águas superficiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Irga, 2001. p.763-767.

EBERHARDT, D.S.; NOLDIN, J.A. Dano ocasionado por sagitária (*Sagittaria montevidensis*) em arroz irrigado, sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 1999, p.578-580.

EBERHARDT, D.S.; NOLDIN, J.A. Dano de *Sagittaria montevidensis* em função da densidade de semeadura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Irga, 2001. p.510-512.

EBERHARDT, D.S.; NOLDIN, J.A. Competitividade de sagitária em diferentes densidades de semeadura de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado, RS. **Resumos...** Gramado: SBCPD, 2002. No prelo.

EBERHARDT, D.S.; NOLDIN, J.A.; SATO, G.; PRANDO, H.F.; KNOBLAUCH, R.; SCHIOCCHE, M.A.; ISHIY, T. Alternativas tecnológicas para a produção orgânica de arroz irrigado no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1. e REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis, SC. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. No prelo.

EPAGRI. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina: (Pré-Germinado)**. Florianópolis, 1998. 79p. (EPAGRI. Sistemas de Produção, 32).

FAEP. Boletim Informativo, 712. Disponível em: <<http://www.faup.com.br/boletim/bi712/pag11bi712.htm>>. Acesso em: 10 julho 2002.

FAO. Dados agrícolas de FAOSTAT. **Agricultural production**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 03 julho 2002.

INSTITUTO CEPA. **Acompanhamento Conjuntural da Agricultura Catarinense**. Disponível em: <<http://www.icepa.com.br>>. Acesso em: 02 junho 2002.

IRGA. **Acompanhamento semanal da colheita**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 02 junho 2002.

ISHIY, T.; SCHIOCCHE, M.A.; NOLDIN, J.A. Comportamento de linhagens de arroz submetidas a condições de inundação permanente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa -CPACT, 1999. p.117-119.

MACHADO, S.L. de O.; BALDISEROTTO, B.; MARCHEZAN, E.; VIEIRA, V.P., MIRON, D. dos S.; SILVA, L.V.F. da; GOLOMBIESKI, J.I. Desenvolvimento inicial de alevinos de jundiá [*Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824)] em água de lavoura de arroz irrigado tratada com herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Irga, 2001. p.818-820

MARTINS, J. F. da S.; MAGALHÃES, B.P.; LORD, J.C.; FERREIRA, E. **Efeito dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* sobre *Lissorhoptrus tibialis*, gorgulho aquático do arroz.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1986. 7p. (EMBRAPA-CNPAP. Pesquisa em andamento, 60).

MELLO, I. Produção de arroz irrigado com baixo impacto ambiental: os desafios da orizicultura no próximo século. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, SC. **Palestras...** Itajaí: Epagri, 1997. p.81-85.

MELLO, I. Produção de arroz orgânico: uma questão de mercado In: ARROZ IRRIGADO: uso intensivo e sustentável de várzeas. 2002, Santa Maria, RS. **Resumos de palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2002. p.114-121.

MENEZES, V.G.; SILVA, P.R.F. da. Manejo de arroz vermelho através do tipo e arranjo de plantas em arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.16, n.1, p.45-57, 1998.

MOREL, D.A. **Culturas de inverno para rotação com arroz irrigado.** Florianópolis: EMPASC, 1983. 3p. (EMPASC. Pesquisa em andamento, 4).

NOLDIN, J.A. Water and weed management in paddy rice in Brazil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 1., 1997, Acarigua, Venezuela. **Anais...** Acarigua: FLAR, 1997. p.43-53.

NOLDIN, J.A.; DESCHAMPS, F.C.; EBERHARDT, D.S.; KNOBLAUCH, R.; HERMES, L.C. Ocorrência de resíduo de herbicidas em água dos rios nas áreas de cultivo de arroz irrigado em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado, RS. **Resumos...** Gramado: SBCPD, 2002. No prelo.

NOLDIN, J.A.; RAMOS, M.G. Períodos de cultivo da *Azolla* e seus efeitos sobre o rendimento do arroz irrigado em Santa Catarina. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 12., 1983, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1983. p.109-111.

PAVEI, N. A lenta agonia e morte dos rios e lagoas do sul. **Diário Catarinense**, Florianópolis, 26 mar. 2000. p.2, 8, 26-29.

PLANETA ORGÂNICO. Disponível em: <<http://www.palnetorganico.com.br>>. Acesso em: 03 julho 2002.

PRANDO, H.F.; FERREIRA, R.A. Mortalidade de adultos de *Oryzophagus oryzae* com *Metarhizium anisopliae* (PI43) e *Beauveria bassiana* (BbCs). In: SICONBIOL, 4., 1994, Gramado. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 1994. p.29.

RESGALLA JR., C.; NOLDIN, J.A.; SANTOS, A.L. dos; SATO, G.; EBERHARDT, D.S. Teste de toxicidade aguda de agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado sobre juvenis de carpa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Irga, 2001. p.813-815

RESGALLA JR., C.; LAITANO, K.S.; TAMANAHA, A.M.S.; RÖRIG, L.R.; JOST, G.F.; NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S. Impacto de herbicidas sobre a comunidade zooplanctônica da água de irrigação da cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2001, Gramado, RS. **Resumos...** Gramado: SBCPD, 2002. No prelo.

SCIVITTARO, W.B.; SILVA, C.A.S. da; ANDRES, A.; SANTOS, G.G. dos; MURAOKA, T. Adubos verdes e mineral como fonte de nitrogênio para a cultura do arroz irrigado. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2000, Pelotas. **Resumos expandidos...** Pelotas: NRS/SBCS/Embrapa Clima Temperado, 2000. p.432-439. CD-ROM.

POSSÍVEIS CENÁRIOS DE PRODUÇÃO DE ARROZ NO BRASIL E NO MERCOSUL

Beatriz da Silveira Pinheiro e Carlos Magri Ferreira¹

INTRODUÇÃO

Em contraste com outros países, tanto o ecossistema de várzeas, sob o sistema de cultivo irrigado, quanto o de terras altas, sob o sistema de cultivo de sequeiro, desempenham importante papel na produção de arroz no Brasil. Em 2001/2002, o sistema irrigado cobriu uma área de 1,27 milhões de hectares, contribuindo com 7,1 milhões de toneladas, ou 68% da produção total. Nessa mesma safra, o sistema de cultivo sequeiro² cobriu 1,8 milhões de hectares, perfazendo 3,2 milhões de toneladas de grãos, ou 31% do total.

No período de 1986 a 2002, a área sob o sistema irrigado passou de 1,1 milhões de ha para 1,2 milhões de ha. Em termos de participação percentual na área total cultivada no país passou de 20% para 40% (Figura 1). A produção neste sistema cresceu de forma contínua e gradativa, passou de 4,4 milhões de toneladas para 7,7 milhões de toneladas. Este crescimento em termos relativos foi de 62,7% (Figura 2). O principal fator que influenciou este desempenho foi o significativo aumento da produtividade, que passou de 3.990 kg/ha para 5.620 kg/ha.

Por sua vez, o sistema de sequeiro sofreu maiores alterações conjunturais. Como cultura pioneira, ocupou uma grande área no período de abertura dos cerrados, iniciada ao final da década de 60. Atingiu seu pico, de 4,8 milhões de hectares cultivados em 1987; no período de 1986 a 2002, a produção também cresceu, mas em contraste com o irrigado, a produtividade se manteve baixa, entre 0,9 e 1,8 t/ha. Por sua vez, o ecossistema de várzeas sem irrigação (várzeas úmidas) vem desempenhando papel de pouca relevância, não sendo analisado no presente documento.

¹ Pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão, Rod. Goiânia a Nova Veneza, Km 12, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. beatriz@cnpaf.embrapa.br; magri@cnpaf.embrapa.br

² Está incluído o que o IBGE considera como arroz de várzeas úmidas, que são áreas não sistematizadas que utiliza a subirrigação e águas das chuvas. A participação desse sistema em termos de área e produção é, respectivamente, 1,6% e 0,9%.

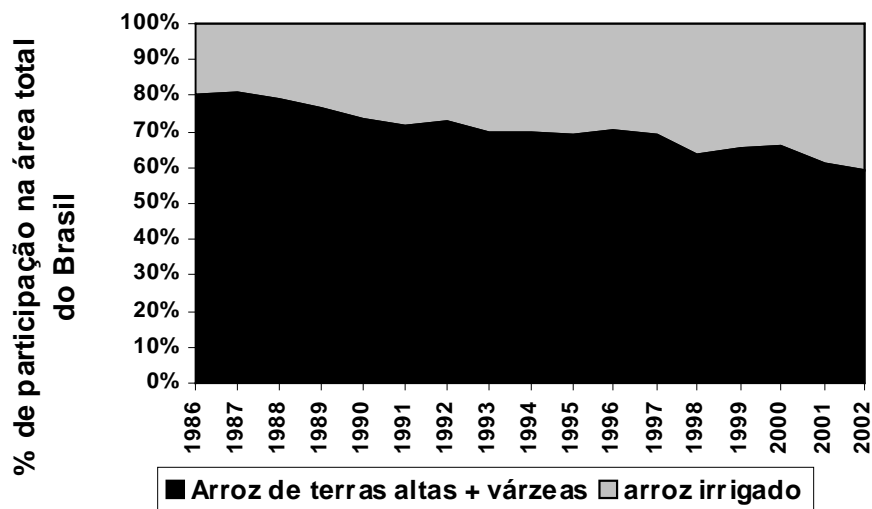


Fig. 1 Participação percentual dos ecossistemas irrigado e terras altas na área total cultivada com o arroz no Brasil, período 1986-2002.

Fonte: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1986 a 2002), adaptado pelos autores.

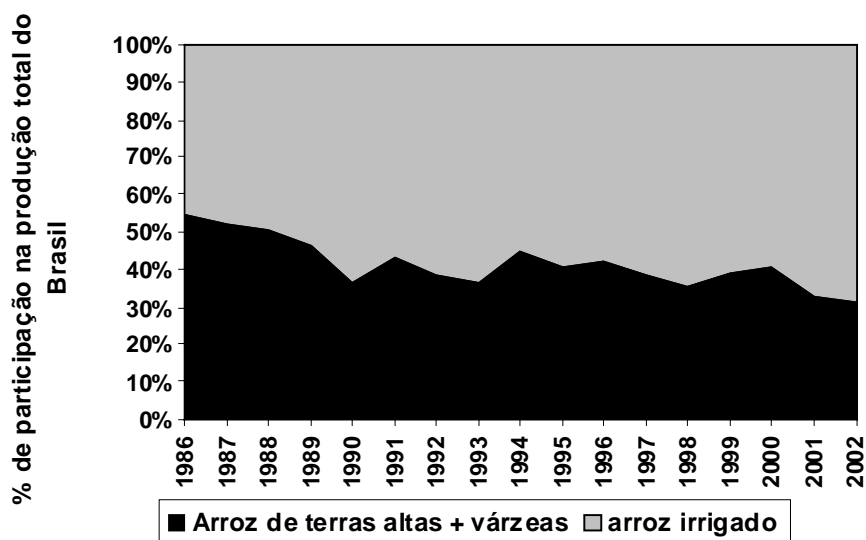


Fig. 2. Participação percentual dos ecossistemas irrigado e terras altas na produção total de arroz no Brasil, período 1986-2002.

Fonte: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1986 a 2002), adaptado pelos autores.

À partir de 1986, contudo, observa-se progressiva redução da área de sequeiro, dentre outros motivos, cita-se a baixa pressão de abertura nas área de fronteira agrícola. A área cultivada atingiu um mínimo em 1998. Em 2002, a área cultivada foi cerca da metade da observada em 1986. Por outro lado, a produtividade vem crescendo gradativamente, estando atualmente próxima das 2t/ha (Figura 3).

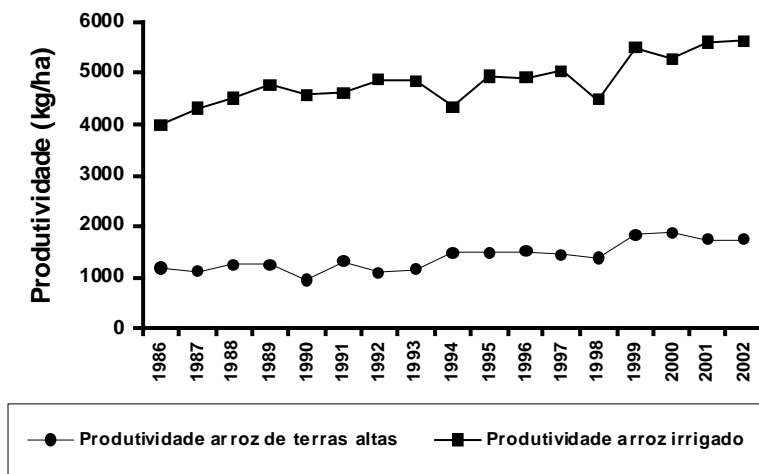


Fig. 3. Produtividade da cultura de arroz nos ecossistemas de várzeas e de terras altas, no período 1986-2002.

Fonte: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1986 a 2002), adaptado pelos autores.

Entre 1986 a 2002, as taxas de crescimento referentes à área, produção e produtividade do arroz no Brasil, foram de -43,7%, 6,7% e 89,8%, respectivamente. No mesmo período o arroz irrigado apresentou taxas de 15,2%, 62,3% e 40,8%, enquanto que, para o arroz de terras altas, os valores foram de -59,3%, -40,7% e 45,6%, respectivamente.

Na Tabela 1 são apresentados os dados de área, produção e produtividade do arroz por ecossistema, estado e região, na safra 2001/2002. Destaca-se a relevante participação da Região Sul na produção de arroz no ecossistema de várzeas (irrigado³). Os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina respondem, juntos, por 60% da produção total da cultura. Ao mesmo tempo, estes dois Estados destacam-se como 1º e 3º maiores produtores de arroz do país.

³ No sistema de várzea irrigada existe controle da lâmina de água

Ainda na Tabela 1, verifica-se que o ecossistema de terras altas atualmente responde por menos de 40% da produção global, destacando-se os Estados de Mato Grosso e do Maranhão como primeiro e segundo produtores nesse ecossistema, e segundo e quarto maiores produtores nacionais, respectivamente.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CULTIVO IRRIGADO

Além da estabilidade de área, uma característica do sistema de cultivo de arroz irrigado, é a sua concentração na região Sul do país, sob clima subtropical, que detém cerca de 78% da área total cultivada sob o sistema e 40% da área sob a cultura. Somente o Rio Grande do Sul, produziu 5,6 milhões de toneladas, em uma área de 970 mil hectares no ano agrícola 2001/2002 (Tabela 1). Esta produção corresponde a mais de 50% da produção total do arroz no país. Predominam grandes propriedades (área média: 200 ha), sob sistema convencional, que compreende a semeadura em solo seco e cultivo totalmente mecanizado. Este sistema de semeadura cobre ao redor de 550 mil ha, representando cerca de 60% da área cultivada do Estado. Outros sistemas relevantes são o cultivo mínimo, que cobre aproximadamente 250 mil ha, e o pré-germinado, com 100 mil ha, ambos em franca expansão no Estado, como alternativas ao sistema convencional, permitindo um melhor controle das plantas daninhas, em especial o arroz vermelho.

Também na Região Sul, encontra-se o terceiro maior produtor nacional de arroz, Santa Catarina, com 137,3 mil ha e 923,9 mil t em 2001/2002, com uma alta produtividade média, de 6,7 t/ha (Tabela 1). Neste Estado predominam pequenas propriedades de base familiar (média 10 ha), em grande parte sob o sistema pré-germinado, com forte organização e boa assistência técnica.

Os principais fatores limitantes da produtividade da cultura e responsáveis pela lacuna de produtividade, conceituada como a diferença entre a produtividade potencial e a obtida nas lavouras, foram identificadas por Pinheiro et al. (2000). No Rio Grande do Sul, o principal deles, sistema de tenência da terra, é de natureza sócio-econômica. O fato de que 70% das lavouras são exploradas por arrendatários, torna o principal problema biótico das lavouras gaúchas, o arroz vermelho, de difícil controle. Os arrendatários não se sentem estimulados a investir em técnicas de nivelamento de solo e adequado manejo da cultura. Em Santa Catarina, os fatores detectados são de natureza técnica e podem ser mais facilmente superados.

Tabela 1. Área, produção e produtividade do arroz por ecossistema, Estado e Região, em 2001/2002

Região/Estado	Ecossistema de terras altas			Ecossistema de várzeas c/irrigação			Ecossistema de várzeas s/irrigação			Total		
	Área (ha)	Produção (t)	Produt. (kg/ha)	Área (ha)	Produção (t)	Produt. (Kg/ha)	Área (ha)	Produção (t)	Produt. (kg/ha)	Área (ha)	Produção (t)	Produt. (kg/ha)
Região Norte	428182	717114	1675	58778	255242	4342				486960	972356	1997
Rondonia	54543	99732	1829							54543	99732	1829
Acre	23364	32816	1405							23364	32816	1405
Amazonas	16864	30743	1823							16864	30743	1823
Roraima	4330	5195	1200	12000	79200	6600				16330	84395	5168
Pará	235143	413453	1758							235143	413453	1758
Amapá	1960	1762	899							1960	1762	899
Tocantins	91978	133413	1450	46778	176042	3763				138756	309455	2230
Região Nordeste	688636	770668	1119	37187	189394	5093				725823	960062	1323
Maranhão	475655	616320	1296	3337	13025	3903				478992	629345	1314
Piauí	146259	60564	414	7747	29787	3845				154006	90351	587
Ceará	31757	44462	1400	6739	37691	5593				38496	82153	2134
Rio Grande do Norte	783	1112	1420	855	2944	3443				1638	4056	2476
Paraíba	7242	8667	1197							7242	8667	1197
Pernambuco				3343	17857	5342				3343	17857	5342
Alagoas				4942	43641	8831				4942	43641	8831
Sergipe				10224	44449	4348				10224	44449	4348
Bahia	26940	39543	1468							26940	39543	1468
Região Sudeste	76241	163429	2144	22091	81224	3677	44307	91745	2071	142639	336398	2358
Minas Gerais	38441	59859	1557	15231	60713	3986	44033	90954	2066	97705	211526	2165
Espirito Santo				4388	12862	2931				4388	12862	2931
Rio de Janeiro				2472	7649	3094	274	791	2887	2746	8440	3074
São Paulo	37800	103570	2740							37800	103570	2740
Região Sul	80871	144053	1781	1115476	6435406	5769				1196347	6579459	5500
Paraná	62420	111422	1785	15265	67000	4389				77685	178422	2297
Santa Catarina	9151	14000	1530	128189	909903	7098				137340	923903	6727
Rio G. do Sul	9300	18631	2003	972022	5458503	5616				981322	5477134	5581
Região Centro Oeste	555575	1393547	2508	45464	231401	5090				601039	1624948	2704
Mato G. do Sul	13997	29846	2132	35171	183414	5215				49168	213260	4337
Mato Grosso	437009	1187290	2717	3220	11268	3499				440229	1198558	2723
Goiás	104419	176172	1687	7073	36719	5191				111492	212891	1909
Distrito Federal	150	239	1593							150	239	1593

Fonte: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (2002), adaptado pelos autores.

Outras áreas relevantes sob o sistema de cultivo irrigado estão localizadas sob clima tropical (Tabela 1). No Tocantins predominam grandes propriedades, organizadas em fortes cooperativas, e o arroz é cultivado predominantemente, sob o sistema convencional. Na Região Nordeste, predominam as pequenas propriedades (média de 2 ha), em projetos de irrigação que foram implantados e conduzidos com o apoio de agências governamentais. Predominam os sistemas de transplântio e pré-germinado.

De acordo com os dados levantados por Pinheiro et al. (2000), no Estado do Tocantins a lacuna de produtividade é de menor relevância, em comparação com as outras regiões estudadas, estando ligada à estrutura física dos projetos de irrigação, que resulta em manejo impróprio da água, causando perdas e favorecendo a incidência de brusone. No Nordeste, o principal fator é de natureza sócio-econômica, envolvendo falta de estrutura de produção de sementes e de escassa transferência de tecnologia.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CULTIVO DE SEQUEIRO

O Cerrado brasileiro, que cobre uma área de cerca de 200 milhões de ha, possui um alto potencial agrícola. A exploração dessa região foi altamente estimulada nas décadas de 60 e 70, tendo o arroz de sequeiro desempenhado um papel de destaque na abertura dessa fronteira agrícola, pois a baixa fertilidade natural e a acidez dos solos nativos, restringiam a utilização de outros cultivos. Cultivares tradicionais, do grupo *Japonica* tropical, possuíam a rusticidade necessária e tolerância às limitações de solo, tornando possível a exploração de grandes áreas mecanizadas. Esta exploração era considerada mais como um instrumento de abertura de áreas, uma vez que havia mais insucessos de safra, devido à deficiência hídrica e baixa aplicação de insumos, do que colheitas bem sucedidas. Assim, o arroz de sequeiro era cultivado por um período máximo de 2 a 3 anos, abrindo espaço para pastagens ou outras culturas mais rentáveis.

Como resultado dessa estratégia de ocupação de área, o arroz de sequeiro chegou a cobrir uma área de quase 5,0 milhões ha em 1987, sendo por um certo período, a cultura líder na região do Cerrado. Por trás dessa exploração, entretanto, havia todo um contexto negativo de baixa tecnologia, alto risco e baixo retorno, em uma exploração agrícola baseada somente em "amansamento da terra".

A partir da década de 80, a redução da disponibilidade de áreas de Cerrado nativo na Região Centro-Oeste, levou ao gradual decréscimo da área de arroz de sequeiro. Por outro lado, o deslocamento da fronteira agrícola, na direção sudeste-noroeste, propiciou um benefício à cultura, reduzindo o risco climático.

Este novo panorama, já vislumbrado e focado no Programa Nacional de Pesquisa de Arroz (Embrapa, 1984), através da diretriz de estímulo ao

cultivo do arroz em regiões favorecidas, direcionou parte dos recursos da pesquisa para a geração de conhecimento e desenvolvimento de tecnologia para tais áreas. Avanços consideráveis foram obtidos, dentre os quais o zoneamento agroclimático, que consiste na aplicação de modelos de simulação do balanço hídrico, associado a sistemas de informação geográfica, para caracterizar a probabilidade de ocorrência de períodos sem chuva e identificação de áreas favoráveis (Steinmetz et al., 1988). Atualmente, os principais estados produtores de arroz da Região do Cerrado contam com mapas detalhados do risco climático (Silva et al., 1994; 1997; 1999; 1999a), que além de amparar políticas agrícolas e crédito bancário, propiciam, ao produtor e ao extensionista, ferramentas para escolher o ciclo da cultivar e a época mais adequada de semeadura, para reduzir a probabilidade de quebras de produção.

Outra tecnologia de alto impacto nesse novo panorama diz respeito à alteração do tipo de planta e da aparência do grão das cultivares (“agulhinha de sequeiro”), tornando-as de melhor aceitação pelo mercado e aptas a se beneficiar da melhoria do ambiente. Essas novas cultivares, de tipo de planta moderno e grãos longo-finos são, em sua maioria, resultantes do cruzamento entre o grupo Japonica tropical, de sequeiro tradicional e o grupo Indica, de arroz irrigado. Apresentam uma redução pronunciada da estatura e aumento do perfilhamento, com conseqüentes benefícios sobre a resposta à adubação e capacidade de absorção de luz. As dimensões do grão e as características do amido, tais como o teor de amilose e temperatura de gelatinização, que determinam as características de cocção, são bastante similares às do irrigado. Na Tabela 2 podem ser vistas as principais características do grão de cultivares de terras altas, em comparação com a cultivar de arroz irrigado, BR-Irga 409 e a de sequeiro tradicional, Caiapó.

Tabela 2. Características dos grãos de cultivares de arroz de terras altas, em comparação com BR-Irga 409 e Caiapó. (Interm.: Intermediária)

Cultivares	Rendimento de Engenho	Teor de amilose (%)	Temperatura de gelatinização	Comprimento do grão (cm)	Largura do grão (cm)
BR IRGA 409 ¹	Alto	27,0 (Int..)	7,0 (Baixa)	6,81	2,06
Caiapó ²	Alto	26,2 (Int..)	3,9 (Interm.)	6,29	2,43
Maravilha	Alto	22,1 (Baixo)	3,1 (Alta)	6,91	2,02
Primavera	Baixo	26,3 (Int..)	4,9 (Interm.)	7,29	1,96
Canastra	Alto	21,3 (Baixo)	3,0 (Alta)	6,99	2,14
Bonança	Alto	27,3 (Int..)	3,4 (Alta)	6,22	2,29
Carisma	Médio	26,9 (Int..)	3,9 (Interm.)	6,65	1,84

Destaca-se como altamente competitiva no quesito qualidade de grãos, a cultivar Primavera (Tabela 2), lançada em 1996 e que até hoje tem destacada participação na produção, apesar de seus problemas agrônômicos. Além da tendência ao acamamento sob alta fertilidade, ocorreu quebra da sua resistência à brusone; entretanto, o maior preço pago pela indústria compensa as eventuais perdas de produção.

No caso das características de grão, também apresentadas na Tabela 2, verifica-se que as suas dimensões e as características do amido, são bastante similares às do irrigado, da mesma forma que o teor de amilose e a temperatura de gelatinização, que determinam as características de cocção. Destaca-se, como altamente competitiva nesse quesito, a cultivar Primavera, lançada em 1996 e que até hoje tem destacada participação na produção, apesar de seus problemas agrônômicos pois, além da tendência ao acamamento sob alta fertilidade, houve quebra da sua resistência à brusone. Entretanto, o maior preço pago pela indústria compensa as eventuais perdas de produção.

Atualmente, a maior parte desse arroz, na sua nova denominação de “arroz de terras altas”, como contraponto ao estigmatizado sequeiro, é conduzido em áreas de menor risco climático, tendo sofrido uma redução consistente da área cultivada. Contudo, não houve alteração paralela da produção, graças a um consistente incremento de produtividade. Os maiores produtores são os Estados do Mato Grosso, Maranhão e Pará (Tabela 1).

Em contraste com a relativa estabilidade de área do sistema irrigado, o de sequeiro sofreu grande alteração na sua localização. Na década de 60, era predominantemente cultivado nos Estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais. Na década de 70 assumiu papel relevante os Estados de Goiás e Maranhão. Na década de 80, estes dois estados ainda cultivavam uma área relativamente grande, mas nota-se o gradativo aumento de área do Estado do Mato Grosso sob esse cultivo. Na década de 90, a Região Sudeste cultivou uma área irrisória de arroz de sequeiro, Goiás e Maranhão diminuíram sua expressividade, enquanto o maior produtor passa a ser o Mato Grosso. Destaca-se o crescimento gradativo da área no Estado do Pará, que vem ocupando maior espaço no cenário arrozeiro.

Esta dinâmica da cultura, em associação com a melhoria do tipo de planta, resultou em incremento da produtividade média do arroz no sistema de cultivo de sequeiro. Enquanto no período de 1970 a 1985, os valores mantiveram-se praticamente inalterados, ao redor de 1,0 t/ha, nos quinze anos subsequentes, a produtividade média dobrou. Estes incrementos foram ainda mais significativos no Estado do Mato Grosso, onde a produtividade média atinge valores próximos das 3 t/ha (Tabela 1).

Atualmente, como alternativas para o arroz no sistema de cultivo de sequeiro, destacam-se os seguintes papéis: a) cultura de abertura de áreas em região de fronteira agrícola; b) componente de sistemas agrícolas de

sequeiro, em rotação com soja, milho e algodão, em áreas de baixo risco climático; d) consorciação com pastagem, em renovação de áreas degradadas, nos sistemas Barreirão e Santa Fé; e) cultura componente de sistema de produção sob pivot central; f) cultura de abertura de várzeas tropicais. (Kluthcouski, et al. 1991).

Dados recentes (Villar et al., 2002), relativos à dinâmica da produção do arroz no Mato Grosso, indicam que a cultura ainda não se consolidou como um componente estável de sistemas de produção, tendo ainda um forte papel na abertura de novas áreas ou reforma de pastagens. Muitos municípios que tinham tradição no cultivo do arroz, à exemplo de Sapezal, Sinop, Primavera do Leste e outros, apresentam tendência de estabelecimento de lavouras de soja e milho. Em Rondônia e no Pará, a área e a produção estão aumentando de forma contínua, predominando o papel de cultura desbravadora.

A pesquisa segue, portanto, com muitos desafios no que se refere ao novo “arroz de terras altas”. Apesar das importantes inovações tecnológicas da década de 90, o maior desafio, hoje, é consolidá-la como um componente regular dos sistemas de produção de grãos, especialmente sob plantio direto. Existem oportunidades, que estão sendo trabalhadas na área de manejo, para dotá-la de maior competitividade com as demais culturas de grão e aumentar a sua sustentabilidade nos agroecossistemas da Região do Cerrado.

PRODUÇÃO DE ARROZ NO MERCOSUL

Na Tabela 3 observa-se um consistente aumento de produção de arroz nos países vizinhos, Uruguai e Argentina. Enquanto no período 1986 a 1991 a produção conjunta dos dois países não ultrapassou de 1 milhão de toneladas, com exceção do ano de 1989, quando atingiu 1,07 milhões. Durante a década de 90 a produção desses países aumentou. Atingiu a produção recorde de 2,8 milhões de t em 1998/1999 (Tabela 3). Enquanto na década de 80, esses dois países atendiam mercados de outras regiões, na década 90 passaram a atender, basicamente, o mercado brasileiro, destacando-se, assim, como fornecedores preferenciais das importações brasileiras (Figura 4), que sofreram um consistente aumento na década de 90e após o início dos anos 2000 está decrescendo.

Tabela 3. Área e produção de arroz no Uruguai e Argentina (1985-2001).

Ano Agrícola	Argentina			Uruguai			Mercosul		Diferença
	Área 1000 ha	Produção 1000 t	Produtividade Kg/ha	Área 1000 ha	Produção 1000 t	Produtividade Kg/ha	Produção 1000 t	Consumo 1000 t	
85/86	117	455	3.885	86	406	4.732	10673,3	10567	106,3
86/87	99	387	3.918	83	339	4.068	11303,4	10374	929,4
87/88	102	423	4.150	81	391	4.815	12576,3	10869	1707,3
88/89	116	540	4.671	97	535	5.509	12166,9	11119	1047,9
89/90	132	499	3.780	83	365	4.428	8831,97	11328	-2496,0
90/91	98	410	4.185	110	522	4.747	10929,0	11510	-581,0
91/92	152	635	4.180	127	619	4.861	11356,9	11641,2	-284,3
92/93	141	591	4.181	136	699	5.152	11218,5	11680	-461,5
93/94	133	576	4.318	134	625	4.666	11724,2	11920	-195,8
94/95	176	845	4.801	146	808	5.536	12890,3	11970	920,3
95/96	198	900	4.545	151	972	6.438	11909,5	12050	-140,5
96/97	221	1.222	5.529	156	1.037	6.669	11783,1	12139,4	-356,3
97/98	238	1.000	4.202	180	950	5.271	10412,7	12149,4	-1736,7
98/99	289	1.576	5.453	206	1.285	6.238	14443,2	12239,3	2203,9
99/00	185	895	4.838	185	1.221	6.600	13539,1	12240	1299,1
00/01	138	750	5.436	154	1.000	6.494	12136	12280	-144,0
01/02	124	700	5.638	108	700	6.481	12300	12280	20,0

Fonte: (?????)

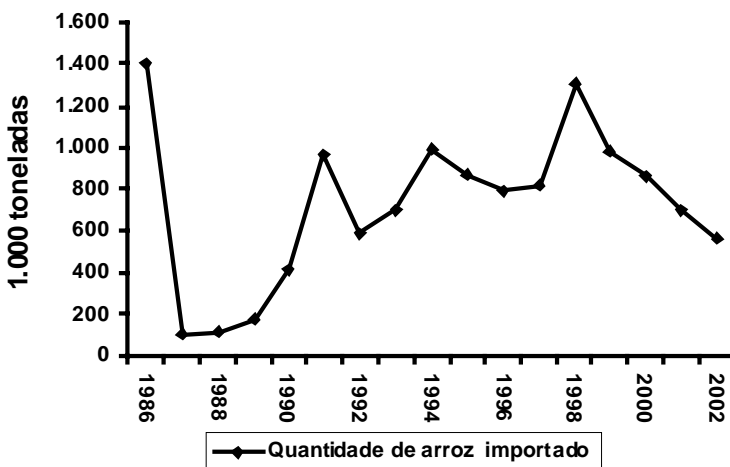


Fig. 4. Importações brasileiras de arroz sem casca (1000 ton.)

Fonte: Fao (2004).

A crise desencadeada pela produção recorde de 11,8 milhões de toneladas do Brasil em 1999, e conseqüente excesso de oferta no mercado interno, levou a uma crise no âmbito do Mercosul, que produziu em excesso à demanda da região, que fica em torno de 12 milhões de toneladas/ano (Tabela 3). O fechamento da fronteira pelos produtores gaúchos, para impedir a entrada do arroz do Mercosul, ocasionou um crise que levou a um entendimento tripartite, com subseqüente redução da área sob a cultura, especialmente na Argentina (Tabela 3). Saliente-se que existe um potencial de produção de arroz ainda inexplorado nesses dois países, que tem vantagens competitivas no que se refere ao custo de produção, menor que no Brasil.

CONSUMO DE ARROZ NO BRASIL

Como principais determinantes do consumo do arroz, são destacados a taxa de crescimento da população, o nível de renda e o preço das culturas substitutas (Ferreira & Yokoyama, 1999). Um interessante fato com respeito a este alimento nos países grandes consumidores da Ásia, é que naqueles de alta renda, como Japão e Coréia, observa-se um declínio do consumo com aumento de renda. Por outro lado, em países de baixa renda, como Índia, Filipinas e Indonésia, ocorre um nítido aumento do consumo.

Dentre os países da América Latina, o Brasil é um dos que apresentam o maior consumo *per capita*, situando-se em terceiro lugar, com 60 kg arroz base casca/ano, logo abaixo da Costa Rica e da Nicarágua. O arroz fornece cerca de 30% das calorias e 12% da proteínas da dieta e, juntamente com o feijão, tem um papel preponderante na alimentação básica da população brasileira. Estes dois alimentos, conjugados, se complementam no que se refere aos aminoácidos essenciais. A proteína do feijão é relativamente rica em aminoácidos essenciais, especialmente em lisina, mas deficiente em metionina e cistina, ao passo que o arroz, embora pobre em lisina, é boa fonte de aminoácidos sulfurados. Assim, é preocupante que o consumo de ambos venha sendo gradativamente diminuído.

Enquanto o crescimento populacional foi de 26,7% e o da produção, 6,7% no período 1986/2002, o consumo *per capita* de arroz decresceu 15,6%. Assim, ocorreu uma gradativa redução de consumo, conforme apontam os dados da Figura 5. Contudo, para a população de baixa renda, existe uma demanda reprimida desse alimento.

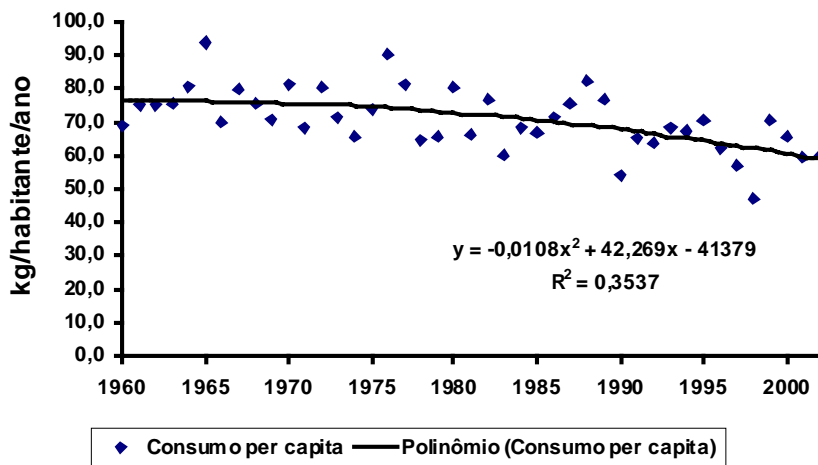


Fig. 5. Consumo *per capita* de arroz casca no Brasil, 1986 a 2002.

Fonte: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1986 a 2002), Ipea (2002), adaptado pelos autores.

Um outro fato relativo ao consumo de arroz no Brasil, é que 90% se restringe ao produto beneficiado comum, em contraste com outros países, onde uma série de formas industrializadas alternativas, como produtos para refeições matinais, biscoitos e bebidas, utilizam o arroz como matéria prima. Uma variante do arroz beneficiado que vem aos poucos ganhando espaço, é o arroz parboilizado, respondendo, atualmente, por cerca de 20% do consumo.

Conforme o apontado anteriormente, o Brasil tem recorrido habitualmente à importações, em especial de países do Mercosul, para o seu abastecimento interno. Visando estimar a demanda de arroz no período 2005 a 2015, foi feito um exercício, considerando-se a atual taxa de crescimento da população (1,23 % a.a.) e o consumo atual de arroz com casca (60 kg/capita/ano)

Tabela 4. Projeção do crescimento da população, demanda, oferta e déficit de arroz no período 2005-2015, considerando uma taxa de crescimento da produção de 0,38% a.a.

Ano da simulação	População (milhões) (1)	Demanda total (2)	Oferta (milhões de toneladas) (3)	Déficit milhões de toneladas)	Produção necessária milhões de toneladas)
2005	176,7	12,1	10,5	-1,5	13,6
2006	178,8	12,2	10,6	-1,6	13,8
2007	181,0	12,3	10,6	-1,7	14,1
2008	183,3	12,5	10,7	-1,8	14,3
2009	185,5	12,6	10,7	-1,9	14,5
2010	187,8	12,8	10,7	-2,0	14,8
2011	190,1	12,9	10,8	-2,1	15,0
2012	192,4	13,0	10,8	-2,2	15,3
2013	194,8	13,2	10,9	-2,3	15,5
2014	197,2	13,3	10,9	-2,4	15,8
2015	199,6	13,3	11,0	-2,5	16,0

(1) - Considerando uma taxa de crescimento de 1,2% ao ano.

(2) - Além do consumo direto (60 kg per capita/ano) foi considerada mais 1 milhão de toneladas para recompor estoques e 0,5% da produção total para sementes.

(3) - Considerando uma taxa de crescimento de 0,38% ao ano.

Portanto se for mantida a atual taxa de crescimento de produção, 0,38% ao ano, e se o nível de consumo atual permanecer, em 2015 o país demandará 16 milhões de toneladas de arroz. Para suprir essa demanda a produção nacional deverá crescer a uma taxa de 1,5% ao ano, ou importar 2,5 milhões de toneladas. .

De acordo com a Tabela 5, a área potencial de várzeas no Brasil excede de 25 milhões ha. Contudo, apenas 1,2 milhões são cultivados anualmente. Mais de 90% desta área está localizada no Rio Grande do Sul, que possui cerca de 3 milhões ha de várzeas já incorporadas aos sistema produtivo, mas que cultiva arroz apenas a cada três anos. Isto se deve ao tipo de exploração mais utilizada na região, que enfatiza a criação de gado sobre a resteva de arroz. Por outro lado, a intensificação do arroz não é desejável, não só por reduzir a rentabilidade da área sob o binômio arroz-carne, conseqüente maior pressão de pragas, doenças e plantas daninhas como também pela escassez de água, que em alguns anos, não é suficiente sequer para atender a área atual de cultivo.

Tabela 5. Potencial de produção de arroz nos ecossistemas de várzeas e de terras no Brasil.

Ecossistema	Área	Área em	Produção em	Produção projetada para 15 anos	
	Potencial (1000 ha) ¹	2002 (1000 ha) ¹	2002 (1000 t)	Aumento de produtividade ²	Aumento de área e de produtividade ³
Várzeas	24.335	1.279,0	7.192,7	8.313,5	9.144,8
Terras altas	173.500	1.829,5	3.188,9	5.488,5	8.232,8
Total	197.835	3.108,5	10.381,6	13.802,0	17.377,6

¹ Sem considerar os valores obtidos sob várzea não irrigadas (várzeas úmidas)

² Aumento de produtividade projetada: de 5,62 para 6,5 t/ha para o ecossistema de várzea e de 1,74 para 3,0 t/ha no ecossistema de terras altas;

³ Aumento de área projetada: de 10% (1,28 milhões de ha) para várzeas e 50% (de 1,8 milhões de toneladas para 2,7 milhões de toneladas) para terras altas.

Considera-se que no ambiente subtropical, o potencial de exploração de várzeas já está praticamente atingido, enquanto a produtividade tem ainda espaço para crescer. Atingir uma produtividade meta de 6,5 t/ha é bastante factível. Santa Catarina já atingiu média que ultrapassa esse valor, enquanto o Rio Grande do Sul está desenvolvendo um programa muito forte de transferência de práticas de manejo (vide capítulo Valmir), cujos resultados devem se fazer sentir a curto prazo. Ainda no que se refere à produtividade no ambiente tropical, sob o ecossistema de terras altas, tem havido um aumento consistente do parâmetro, que está bem próximo das 3 t/ha. Assim, contando apenas com um reforço dos processos de transferência dos resultados já obtidos pela pesquisa visando atingir a produtividade meta, tanto no ambiente sub-tropical quanto tropical, seria possível aumentar a produção em mais de 3,5 milhões de toneladas adicionais (Tabela 5).

Voltando à questão da ampliação da área cultivada, enquanto na região subtropical as possibilidades são exíguas, existe muito espaço para crescimento no ambiente tropical. No que se refere ao sistema de cultivo irrigado, existe um enorme potencial de crescimento de área, especialmente nas várzeas do Araguaia. Sua incorporação deve ocorrer a longo prazo, devido ao alto custo do investimento e à situação atual da economia brasileira. Contudo, ampliar a área atual de arroz irrigado em 10% na região tropical, elevando-a para 1,4 milhões de ha, parece ser uma meta bastante factível, em médio prazo. Esta incorporação poderia agregar mais 800 mil toneladas de arroz (Tabela 5)

Por outro lado, no que se refere ao ecossistema de terras altas, existe um alto potencial de crescimento, de fácil concretização, especialmente nas áreas climaticamente favoráveis, no centro-norte do Mato Grosso, sudeste do Pará, Rondônia e Roraima. Além da abertura de novas áreas, o que não é desejável, existe a possibilidade de retorno do arroz em áreas já exploradas anteriormente, e que hoje se encontram sob pastagens degradadas. Este ambiente, que perfaz mais de 50 milhões ha em Goiás, no

Tocantins e no Mato Grosso, é extremamente favorável ao arroz. A renovação de pastagens em cerca de 1 milhão de ha/ano, complementada por 500 mil hectares de arroz no sistema de rotação com soja, possibilitaria atingir uma área de 3,5 milhões de ha/ano, somente no ecossistema de terras altas. Assim, o crescimento projetado de 50%, elevando-se a área de 1,8 para 2,7 milhões de há, é factível, podendo gerar um adicional de 2,7 milhões de toneladas. Isto tudo somado, seria possível produzir um adicional de 17,3 milhões de toneladas de arroz, ultrapassando portanto a demanda projetada para 2015, derivada do crescimento da população, estimada em 16 milhões de toneladas (Tabela 4).

Os resultados dessa simulação indicam que o nosso país tem plenas condições de atingir a auto-suficiência e mesmo de produzir excedentes. Por outro lado, o excesso de arroz no mercado pode ocasionar aviltamento de preços e desestímulo do setor produtivo, como já aconteceu no passado. Como alternativas para um eventual excesso de arroz no âmbito do Brasil e do Mercosul, destacam-se as seguintes possibilidades: a) ampliação do consumo interno; e b) busca de competitividade no mercado internacional de arroz. Abordaremos neste capítulo apenas a primeira possibilidade, pois a exportação será tratada no âmbito do painel específico para esse tema.

FORMAS DE AMPLIAÇÃO DO CONSUMO DE ARROZ NO BRASIL

Para ampliar o consumo interno, caberia desencadear ações de promoção do consumo, o qual vem sendo gradativamente reduzido. A família brasileira vem substituindo na sua dieta o tradicional feijão-com-arroz por alimentos de preparo rápido e, até mesmo, por optar por refeições fora de casa, tão facilitadas hoje em dia pela grande quantidade de restaurantes “self-service”. Nesses ambientes, seguramente, o consumidor acaba colocando no prato outros alimentos, menos comuns. Adicionalmente, o tradicional jantar em família vem cada vez mais sendo substituído por lanches rápidos, a base de derivados de trigo e de leite.

A ênfase na dieta tradicional de duas refeições de arroz com feijão ao dia seguramente trariam um benefício à saúde e a nutrição. Além de ser uma combinação rica em carboidratos, apresenta uma alta complementaridade dos aminoácidos essenciais. Enquanto o arroz é pobre em lisina, é rico em metionina e cistina, o feijão é rico em lisina, embora deficiente nos aminoácidos sulfurados. Adicionalmente, o arroz tem como vantagem relação a carnes e derivados, ricos em gorduras, de não acarretar o aumento dos níveis de LDL, o mau colesterol, principal responsável por doenças cardiovasculares.

Uma outra alternativa para ampliar o consumo diz respeito à diversificação da oferta de produtos à base de arroz. Além do consumo de grãos inteiros, pode-se também utilizar os quebrados resultantes do processo de beneficiamento, seja na produção de farinha, seja na cervejaria. De acordo

com Bohr, 1994, a farinha de arroz contém amido, além de uma quantidade variável de proteína (~6%), gordura, (~2%) e cinzas (~1%); esta composição vai depender da cultivar do qual se originou. A maior diferença entre a farinha de arroz e a de trigo é que a primeira não contém glúten, a proteína responsável pela denominada doença celíaca, sendo portanto considerada como hipoalergênica (USDA, 1996).

O uso de farinha de arroz vem tendo um grande crescimento nos Estados Unidos, com o desenvolvimento de novas aplicações. Historicamente, a farinha de arroz era utilizada para alimentos infantis e para flocos extrusados. Atualmente, vem crescendo a sua utilização em cereais, biscoitos, chips, salgadinhos e cobertura para frituras empanadas. Vários tipos de farinha são ofertados, de acordo com o produto desejado (www.sagefoods.com/MainPages/Products/RiceFlour.htm). Grãos longos, com cerca de 22% de amilose, são usados para produzir a farinha padrão, usada na maioria dos produtos para dotá-los de textura crocante. A farinha feita com grãos médios, com cerca de 18% de amilose, fornece uma textura mais suave e com mais capacidade de expansão. A farinha de arroz glutinoso, com 100% de amilopectina, apresenta uma textura ainda mais suave e de maior expansão, servindo como um excelente espessante e substituindo o amido de milho em muitas aplicações.

Apesar da maior fonte de extrato para a produção de cerveja ser o malte derivado da cevada, devido às enzimas necessárias à degradação do amido e da proteína, como também da presença de aminoácidos e proteínas capazes de nutrir a levedura, dar viscosidade à cerveja e suportar a formação de espuma, outros cereais podem atuar como coadjuvantes e serem usados para dotar a cerveja de algumas características diferenciadas. Nesse sentido, o arroz é considerado o melhor deles, não interferindo no malte e assegurando um sabor especial. Uma das marcas consideradas entre as melhores cervejas norte-americanas, é produzida com malte e arroz.

Apesar do óleo de arroz ser um subproduto, a sua exploração em maior escala no país agregaria valor ao produto, além de dotar a indústria de uma maior capacidade de renda. Dentre os óleos vegetais, o de arroz é considerado o de maior qualidade, pois apresenta o melhor balanço entre gorduras saturadas, mono insaturadas e poli-insaturadas. É recomendado pela Associação Americana do Coração para melhorar o nível do bom colesterol (HDL) e prevenir doenças cardio-vasculares. Tem sabor delicado e baixa viscosidade, com menor absorção de gorduras. É, também, fonte de vitamina E, antioxidantes (tocoferóis, tocotrienóis, gamma-oryzanol, fitoesteróis, polifenóis) e outros micronutrientes que ajudam a combater os radicais livres e o envelhecimento. É ainda hipoalergênico (www.californiariceoil.com).

CONCLUSÕES

Os países do Mercosul tem um grande potencial para ampliar a produção de arroz. Para que se estabeleçam como bloco no mercado internacional, necessitam agregar maior competitividade frente aos exportadores tradicionais. A busca de competitividade passa, seguramente, pelo aumento da produtividade e redução do custo de produção, ampliação do conhecimento dos mercados e projeções, e também pela diversificação da oferta de grãos e produtos com valor agregado. Todos estes fatores, se bem trabalhados, podem estabelecer a imagem de arroz do Brasil/Mercosul no mercado internacional.

Este é um processo gradativo, mas que deve ser desde já iniciado. Salienta-se que tanto o Uruguai quanto a Argentina já possuem tradição no mercado internacional, que poderia servir como base para o ingresso do Brasil, como componente de um bloco de mercado. Como salvaguarda ao eventual excesso de produto, o mercado interno pode ser trabalhado, no sentido de ampliar a demanda de arroz, através de seu melhor aproveitamento e diversificação pela indústria.

LITERATURA CONSULTADA

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). Relatório científico. Goiânia, 1984. p.100-113.

FERREIRA, C.M.; YOKOYAMA, L.P. Cadeia produtiva do arroz na Região Centro-Oeste. Brasília, DF. Embrapa-SPI. 110p. 1999.

KLUTHCIOUSKI, J. et al. Renovação de pastagens de Cerrado com arroz: Sistema Barreirão. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1991. 20p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 33).

IPEA. População residente. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: ago. 2002.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro. IBGE, 1986-2002.

FAO. World Agricultural Information Center. Faostat. Disponível em: <<http://fao.org>>. Acesso em: junho 2004.

Bohr, S. L. Rice Processing and utilization, Encyclopedia of Agricultural Science Vol 3, Academic Press, 1994.

PINHEIRO, B. da S.; RANGEL, P. H. N.; CARMONA, P. S.; MARTINS, J. F. da S. Yield gap in irrigated rice production in Brazil. In: FAO. Yield gap and productivity decline in rice production. Rome, 2001. p. 227-246. Proceedings of the Expert Consultation held in Rome, 5-7 September 2000.

SILVA, S.C. da. et al. Zoneamento agroclimático para o arroz no Estrado de Goiás. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 80p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 43).

SILVA, S.C. da. et al.. Caracterização do risco climático para a cultura do arroz de

terras altas no Estado de Mato Grosso. Santo Antônio de Goiás.: Embrapa Arroz e Feijão. 1997 . 18p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 76).

SILVA, S.C. da. et al. Zoneamento agroclimático para o cultivo do arroz de terras altas no Estado de Mato Grosso do Sul. Santo Antônio de Goiás.: Embrapa Arroz e Feijão.. 1999. 67p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 91).

SILVA, S.C. da. et al.. Zoneamento agroclimático para o cultivo do arroz de terras altas no Estado de Minas Gerais. Santo Antônio de Goiás.: Embrapa Arroz e Feijão.. 1999a. 64p.(Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 97).

STEINMETZ, S.; REYNIERS, F.N.; FOREST, F. Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil: síntese e interpretação dos resultados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1988. 66p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 23).

USDA Agricultural Research Service. Value-added rice: the future is now. In: Rice Utilization Workshop. New Orleans, LA. August 22-23, 1996. 171p.

VILLAR, P.M. del; FERREIRA, C.M.; GAMEIRO, A.H.; ALMEIDA, P.N.A. Arroz de terras altas em Mato Grosso: evolução tecnológica e dinâmica territorial. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 2002. 23P. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 143).

QUALIDADE DE GRÃOS E COMPETITIVIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS

*Emílio da Maia de Castro, Carlos Magri Ferreira e
Orlando Peixoto de Moraes*

QUALIDADE DO ARROZ NO BRASIL

O arroz de terras altas, também conhecido por arroz de sequeiro, era considerado, até meados da década de 70, como uma referência de qualidade, e os agricultores que o produziam recebiam preços melhores pelo seu produto que os produtores das várzeas do sul do País. Com o tempo a sociedade foi mudando sua preferência e tornando-se mais exigente, optando por produto com grãos longos e finos em relação ao tradicional longo e arredondado, típicos do sequeiro. O efeito que este fato teve sobre os preços do arroz recebidos pelos produtores foi de grande impacto, chegando ao ponto em que uma saca de arroz do tipo sequeiro, em Goiânia, valia menos da metade de um produto agulhinha, do sul do País, colocado nessa mesma cidade. Além do preço recebido pelos produtores outro impacto sentido foi o de uma acentuada redução da área plantada que caiu de um patamar próximo a 5 milhões de hectares para níveis próximo a 2 milhões de hectares, conseqüente do forte desestímulo dos agricultores por esse sistema de cultivo.

Esta realidade, entretanto pode e tem sido mudada. Vários são os exemplos de agricultores que tem produzido arroz com qualidade e custos competitivos, simplesmente seguindo orientação adequada e adotando a tecnologia hoje disponível. Vale a pena destacar o importante papel das novas variedades neste contexto, as quais trazem intrinsecamente uma melhor qualidade, fruto do esforço da pesquisa brasileira que as criou.

As mudanças mais notáveis na qualidade do arroz, ocorridas no Brasil, estiveram sempre associadas ao melhoramento genético vegetal e foram consequência principalmente da melhoria da aparência dos grãos, pela mudança em sua forma; do melhor rendimento industrial, pela maior integridade de seus grãos no beneficiamento e ainda pelo melhor desempenho na panela, pela melhoria da sua qualidade culinária.

Os diferentes aspectos da qualidade do arroz interferem diretamente no desempenho dos diferentes elos de sua cadeia produtiva e a despeito de poder ser analisada do ponto de vista de seu impacto em cada um desses elos, somente será considerada de sucesso se beneficiar a todos eles. Um produto de alto desempenho na indústria de beneficiamento, será descartado se não possuir adequada qualidade culinária.

Como se pode notar, a qualidade do arroz pode ser vista sob diferentes aspectos, alguns dos quais serão discutidos neste trabalho.

QUALIDADE DO PONTO DE VISTA NUTRICIONAL

O arroz é a principal fonte de energia da alimentação do brasileiro e em relação às espécies cultivadas ou criadas no País é uma das principais, se não a maior, fontes de proteína. O teor de proteína no arroz não é tão alto, em torno de 7%, mas, como é consumido em grande quantidade, pode ser considerado uma fonte de proteína tão importante como o feijoeiro, que tem teor quase três vezes maior.

Os problemas agronômicos e outros aspectos da qualidade têm merecido mais atenção dos programas de melhoramento genético do arroz no Brasil, possivelmente porque se espera dessas características maior impacto econômico no agronegócio do arroz, do que mudanças genéticas em sua qualidade nutricional. Por outro lado, as restrições nutricionais apresentadas pelo arroz podem mais facilmente serem supridas pela ingestão de outros alimentos, tais como outros cereais como o feijão e ainda verduras, frutas, etc. Como os programas de melhoramento genético são muito demorados, em torno de 10 anos, dificilmente se justificam quando se dispõe de soluções alternativas já disponíveis. Por outro lado, há ainda a se considerar que para cada característica adicional a ser trabalhada, maior o tempo e o custo de desenvolvimento de uma cultivar.

QUALIDADE DO PONTO DE VISTA DAS TRANSFORMAÇÕES INDUSTRIAIS

O arroz pode ser utilizado como matéria prima industrial para diferentes fins e mudanças em sua qualidade podem alterar as propriedades finais desses produtos. No Brasil, entretanto, a despeito da ampla variação de qualidade encontrada entre as variedades plantadas, especialmente em terras altas, não se tem encontrado demandas suficientemente fortes para se justificar uma produção dirigida para seu atendimento. Por esta razão os programas de melhoramento genético do arroz, no Brasil, têm feito muito pouco no sentido do desenvolvimento de variedades com características especiais para atendimento ao setor da industrial de transformação.

QUALIDADE DO PONTO DE VISTA DA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO

Para atender a este segmento da cadeia produtiva, o produto necessita ter um alto rendimento industrial, isto é, uma alta porcentagem de grãos polidos recuperados, preferencialmente inteiros, após o beneficiamento. O grão do arroz é o embrião da planta e o comum é que ela o produza perfeito, sem rachaduras, sem manchas e outros defeitos, entretanto estes problemas ocorrem pela ação de estresses ambientais, como falta ou

excesso de chuvas, ocorrência de pragas, etc. Grãos defeituosos, especialmente os trincados, pelo efeito de sua rehidratação, após terem se secado abaixo de um ponto crítico em torno de 15% de umidade, vão comprometer a renda do benefício e o rendimento de grãos inteiros. Adicionalmente o produto deve estar livre de impurezas e com umidade adequada para o armazenamento.

As variedades de arroz não reagem a esses estresses da mesma forma, algumas resistindo muito mais do que outras. A implicação prática disto é que as variedades mais sensíveis precisam ser colhidas mais rapidamente, dando menos oportunidade à ocorrência dos referidos estresses, o que significa dizer maior necessidade de equipamentos (colhedoras e secadores), plantios escalonados ou utilização de variedades com ciclos variados. Outra questão importante a este respeito é que os programas de melhoramento de plantas do país têm dado muita ênfase a esta questão, já que a variabilidade genética observada permite avanços no sentido da melhoria do desempenho industrial das variedades. Para o arroz de terras altas esta questão é particularmente importante pois neste sistema de cultivo os estresses, especialmente decorrentes de deficiências de chuvas, são mais frequentes e ainda porque muitas das variedades plantadas são deficientes para essa característica.

QUALIDADE DO PONTO DE VISTA DO COMÉRCIO

Para o comércio é mais relevante as características relacionadas com a aparência dos grãos ou da massa dos grãos polidos. Os consumidores mais exigentes, ao comprarem preferem os grãos bem polidos, translúcidos, longo-finos e íntegros em seu formato e cor. Adicionalmente a massa de grãos deve estar livre de impurezas, ser de aspecto homogêneo e atraente. Além destes aspectos gerais da qualidade há que se considerar a preferência individual de cada pessoa, o poder aquisitivo e nível cultural, entre outros, que interferem na decisão de compra de um produto.

Com o objetivo de facilitar e proteger o sistema de comercialização do arroz, bem como ao consumidor, o Ministério da Agricultura estabeleceu normas de identidade, embalagem e apresentação do arroz, entre elas sendo importante para esta discussão, a definição dos padrões de classe e tipo de grão.

A classe de grão é definida em função de suas dimensões, havendo cinco padrões definidos pelo Ministério da Agricultura: Curto, Médio, Longo, Longo Fino e Misturado. A preferência da grande maioria da população brasileira tem mudado drasticamente da classe longo para a Longo Fino (agulhinha), o que significa dizer do produto que se produzia no ecossistema de terras altas para o de várzeas irrigadas, que possuem respectivamente

estes tipos de grãos. Mais recentemente as novas variedades de arroz de terras altas têm tido também os grãos agulhinhas.

A definição do tipo de grão é feita em função dos defeitos considerados graves e os gerais, além da presença de quebrados e quireras. Para se ter um produto de boa qualidade os defeitos devem ser reduzidos ao mínimo possível, especialmente os considerados graves, que são aqueles consequentes da presença de impurezas e matérias estranhas bem como de grãos que sofreram algum tipo de fermentação (mofados e ardidos). Os defeitos gerais são função da presença, nas respectivas percentagens toleradas, de: Grãos manchados e picados, consequentes de danos provocados principalmente pelos percevejos dos grãos; Amarelos, aqueles submetidos a altas temperaturas, normalmente consequentes de processos fermentativos; Rajados, consequentes da presença de grãos do arroz vermelho; e Gessados, grãos opacos, esbranquiçados, em função de um arranjo frouxo das moléculas de amido.

O gessamento pode ser de todo o grão, como considerado na classificação do Ministério da Agricultura, mas também em partes do grão, causando defeitos que também comprometem a aparência do produto: Centro branco, gessamento concentrado no interior do grão, com a periferia cristalina; Barriga branca, gessamento restrito à parte ventral do grão; Dorso branco, gessamento ao longo do dorso do grão.

QUALIDADE DO PONTO DE VISTA DO CONSUMIDOR

Do ponto de vista do uso na alimentação do consumidor brasileiro, tem se assumido que a preferência é por um produto que expanda bem em volume, cozinhe rápido e apresente aspecto enxuto, com grãos soltos e macios após o preparo. Também neste caso deve ser considerada a preferência individual das pessoas, o que significa haver a possibilidade de exploração de nichos de mercado. Embora se observe essas possibilidades de negócios, eles têm sido pouco explorados, com algum destaque apenas para os catetos (integral ou polido), os tipos específicos para as comunidades asiáticas no Brasil e ainda os vermelhos na região Nordeste.

Algumas qualidades do arroz, são determinadas pelas propriedades do amido, seu principal constituinte, em torno de 90% do grão polido. O amido, por sua vez, pode se apresentar como amilose ou como amilopectina, ou nas duas formas simultaneamente. O teor de amilose (TA) está correlacionado com as propriedades texturais do arroz como maciez e coesão, e ainda com sua cor, brilho e volume de expansão, ou seja, o conteúdo de amilose fornece informações sobre às mudanças que ocorrem durante o processo de cocção. Arroz com alto teor de amilose, normalmente, apresenta grãos secos, soltos e após o resfriamento podem ficar endurecidos. As cultivares com baixo teor apresentam grãos macios, aquosos e pegajosos no cozimento. As com teor intermediário, apresenta

grãos enxutos, soltos e macios, mesmo após o resfriamento. Além do teor de amilose a Temperatura de Gelatinização (TG) é outra característica utilizada como medida indireta da qualidade do arroz. Em termos práticos é um teste que avalia o índice de resistência à cocção. Característica que está relacionada com a propriedade do amido e que determina o tempo de cozimento. As temperaturas de gelatinização baixa e intermediária, implicam na necessidade de menor tempo e de água e, conseqüentemente, menos energia para o cozimento. Altas temperaturas de gelatinização requerem mais água e tempo para cozinhar. Nestas é mais fácil ocorrerem problemas de cocção, principalmente aqueles relacionados com o centro do grão mal cozido.

Outros testes têm também sido utilizados para avaliar a qualidade culinária do arroz, entretanto o TA e a TG têm sido os mais comuns. De qualquer maneira o teste de panela tem sido sempre o mais definitivo e os demais, como métodos mais rápidos e menos exigentes em quantidade da amostra do arroz, os mais adequados quando se trabalha com número elevado de linhagens, embora menos correlacionados com a qualidade final.

FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE

A qualidade dos grãos de arroz é expressa pela sua renda no benefício, rendimento de inteiros, classe (longo, longo-fino etc.), tipo (frequência de defeitos e impurezas) e qualidade culinária (maciez, pegajosidade, sabor, aroma, etc.). Todos estes aspectos são determinados pela cultivar e pelo manejo, sendo baixo o grau de influência do manejo quanto à classe de grãos e à qualidade culinária, e alto, quanto ao rendimento de inteiros e ao tipo. Portanto, é necessário esclarecer que somente a cultivar não garante a qualidade do produto, mas fornece as bases para se buscar um produto de alto padrão. Fica claro, assim, que a escolha da cultivar deve ser criteriosa, pois é ela que irá definir a classe e a qualidade de panela do produto a ser produzido. Além da escolha da cultivar, alguns cuidados ainda devem ser tomados: manter a lavoura limpa e com maturação uniforme, colher no momento correto e fazer a secagem e o armazenamento de forma adequada. Descuidos nesse sentido podem gerar perdas acentuadas em qualidade, especialmente quanto ao rendimento de grãos inteiros no beneficiamento.

Quanto maior for a variação de umidade entre os grãos em uma lavoura, pior deverá ser o rendimento de grãos inteiros no beneficiamento. A principal causa de quebra dos grãos está relacionada à absorção de água; mais especificamente, quando a umidade dos grãos está abaixo do ponto crítico, em torno de 16%. Quando há ocorrência de chuva, os grãos que estavam abaixo da umidade crítica reidratam-se bruscamente, tanto mais quanto menor for este teor, causando seu trincamento e posterior quebra no beneficiamento. Mesmo após a colheita, antes ou depois da secagem, os grãos mais secos poderão absorver água dos mais úmidos ou mesmo do ar

do ambiente de estocagem e, assim, sofrerem trincas. É por esta razão que se recomenda secagem lenta ou intermitente, permitindo aos grãos gradualmente equilibrarem a umidade entre si, evitando-se diferenças acentuadas de umidade entre os grãos no final do processo.

O plantio do arroz deve ser bem feito para se garantir uma distribuição uniforme de plantas, condição necessária para que se tenha uma maturação homogênea. Plantas isoladas normalmente florescem 3 a 5 dias após àquelas em densidade de plantio regular, adicionalmente ocorre em muitas variedades que tais plantas não param de emitir perfilhos, gerando uma maturação desuniforme e, na colheita, a mistura de grãos com diferenças muito acentuadas de umidade. Por outro lado os grãos imaturos dos perfilhos tardios tendem a ficar gessados, comprometendo o tipo de grão.

As cultivares se diferenciam muito quanto à capacidade de suportarem esse processo de reumidificação, e é por isto que o ponto ideal de colheita é diferente entre elas. Uma cultivar mais sensível deve ser colhida antes que parte de seus grãos atinja o ponto crítico de umidade. De um modo geral, tem se observado que a colheita deve ser realizada entre 30 e 40 dias após o florescimento médio, com umidade em torno de 22%, podendo ser menor em algumas variedades. É conveniente, contudo, acompanhar a umidade dos grãos, pois esse tempo pode variar de um ano para outro.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

Como discutido anteriormente a qualidade do arroz pode ser avaliada sob diferentes aspectos, entretanto, no programa de melhoramento de arroz da Embrapa Arroz e Feijão tem se avaliado como rotina a qualidade apenas sob o ponto de vista da indústria, do comércio e do consumidor. Como o número de linhagens a serem avaliadas tem sido alto (em torno de 2500), em um prazo curto de três meses, buscou-se procedimentos que permitissem cumprir esta tarefa, alguns deles apenas indicativos indiretos da qualidade. A seleção e descarte de linhagens, o planejamento e preparo dos ensaios, impõem limites de tempo para a obtenção dos resultados pois dependem deles para a tomada de decisões.

QUALIDADE PARA A INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO

A avaliação para o potencial de rendimento industrial de uma variedade de arroz tem sido feita através de um moinho de provas, à semelhança do que se fás nas indústrias, de uma maneira geral. Entretanto ao se comparar as variedades entre si, é necessário que se dê a elas condições semelhantes durante a maturação de seus grãos, uma vez que diferenças no clima neste período vai afetar diferentemente o comportamento das mesmas e levar a conclusões erradas. Como as variedades têm ciclos diferentes, somente através de ajustes nas épocas de plantio se conseguirá que floresçam

simultaneamente. Ensaios com diferentes épocas de plantio são muito complicados de serem conduzidos, especialmente quando muitas linhagens estão envolvidas. Por outro lado, tanto as colheitas antecipadas ou tardias afetam a produção de grãos e a qualidade do produto. Quando o arroz é colhido com teor de umidade do grão muito elevado, a produtividade é prejudicada pela elevada ocorrência de grãos verdes, gessados e malformados, que não completaram o seu desenvolvimento. Além disso, os grãos mais leves e menos resistentes ao atrito quebram mais facilmente durante o seu beneficiamento, prejudicando a qualidade do produto final. Se, por outro lado, a colheita for feita tardiamente, com os grãos apresentando umidade muito baixa, ocorrem perdas por degrane natural e por acamamento das plantas e a qualidade industrial do produto é afetada pela redução do rendimento de grãos inteiros no beneficiamento. Esse efeito torna-se mais drástico se ocorrerem períodos alternados de chuva e sol intenso, pois, neste caso, os grãos já vão trincados para as máquinas de beneficiamento. Para contornar essas dificuldades de experimentação, o que se tem feito é iniciar a colheita em cada variedade a partir de 25 dias após o florescimento, fazendo-se cinco colheitas sucessivas, semanalmente. Com esta medida se tem o arroz colhido prematuramente, no momento de seu potencial máximo e tardiamente com altos níveis de grãos trincados. Assim sendo, tem-se o potencial máximo de rendimento industrial e a estabilidade que cada variedade tem diante das variações ambientais que se sucedem ao longo do período de colheita.

A Figura 1 demonstra o comportamento quanto ao rendimento de grãos inteiros de duas variedades de arroz de terras altas, "Primavera" e "BRS Bonança". Pelo que se pode observar, a Cultivar "BRS Bonança" teve seu potencial de rendimento de inteiros bem superior ao da "Primavera" e apresentou uma estabilidade também bem maior, superando-a em qualquer das colheitas, mesmo naquela em que tenha tido pior comportamento.

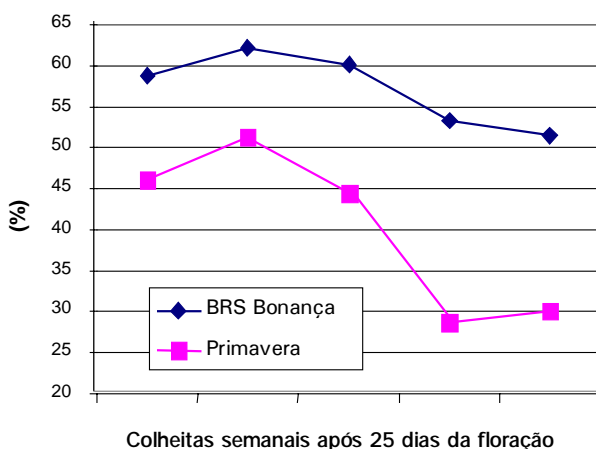


Fig. 1. Rendimento médio de grãos inteiros em três anos de avaliação (97, 98 e 99) em Goiânia.

QUALIDADE COMERCIAL

As características comerciais do arroz são aquelas relacionadas com a aparência dos grãos e que levam o consumidor a comprar ou não um produto. O comprometimento da aparência dos grãos freqüentemente está associada ao manejo inadequado da cultura, da colheita, da secagem, do armazenamento e do beneficiamento. Alguns aspectos da aparência se relacionam com as variedades e são objeto de avaliação e melhoramento genético nos programas de pesquisa. Entre estas características encontra-se a classe de grãos, relacionada com suas dimensões, sendo a preferida a de grãos longo-finos. Para se medir a dimensão dos grãos de uma linhagem é necessário ter uma média deles, pois há muita variação entre aqueles do ápice e da base de uma panícula de uma mesma planta, sendo os primeiros mais longos. A forma mais comum de se obter essas informações é tirar a média de cada uma das três dimensões, tomadas de cada um de uma amostra de 20 grãos, com o uso de um paquímetro. Quando se tem um número grande de amostras a serem avaliadas, esse trabalho é demorado e muito penoso. Para contornar este problema, na Embrapa Arroz e Feijão, adotou-se escalas de notas, uma para largura e outra para comprimento de grãos, baseadas em padrões de variedades conhecidas, conforme detalhado na Figura 2 e Tabelas 1.

As avaliações para translucidez e gessamento dos grãos são feitas também visualmente sendo que para gessamento é seguido uma escala de notas usada pelo CIAT, conforme pode ser observado na Figura 3.

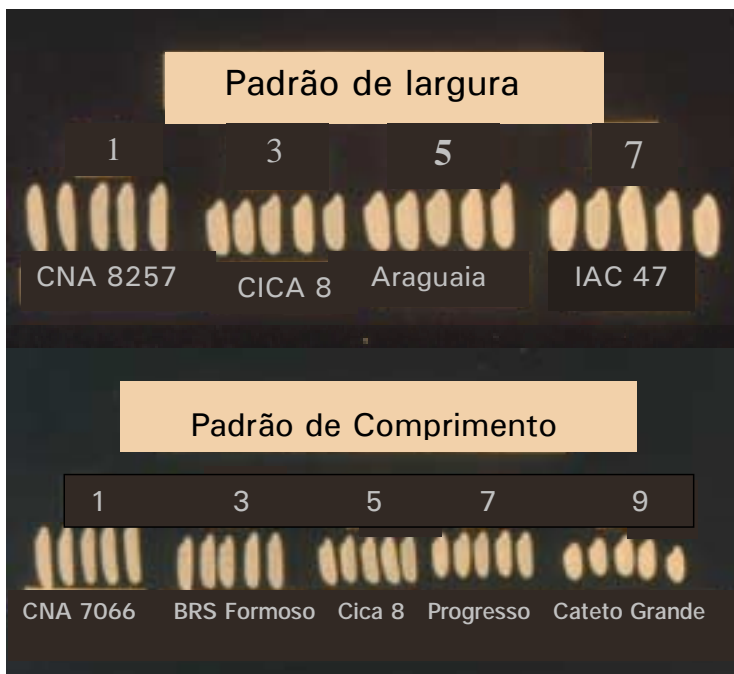


Fig.2. Padrões de classificação visual de grãos em arroz de terras altas, utilizados na Embrapa Arroz e Feijão.

Tabela 1. Dimensão média dos grãos das cultivares referências, do padrão de classificação visual de grãos, usado na Embrapa Arroz e Feijão.

Média de comprimento em mm:	Média de largura em mm:
CNA 7066 = 8,13 mm	CNA 8257 = 1,86 mm
Rio Formoso = 7,28 mm	CICA 8 = 2,12 mm
CICA 8 = 6,52 mm	Araguaia = 2,27 mm
Progresso = 5,84 mm	IAC 47 = 2,53 mm
Cateto Gr. = 5,20 mm	



Fig. 3. Padrão para avaliação visual de centro branco utilizado no CIAT e adotado na Embrapa Arroz e Feijão.

QUALIDADE CULINÁRIA

A melhor maneira de avaliar a qualidade culinária do arroz é prepará-lo como os consumidores o fazem e submetê-lo à apreciação dos mesmos ou a um grupo de pessoas treinadas em análise sensorial do produto. Como este tipo de análise demanda muito produto, tempo e muitas pessoas, torna-se pouco prático e caro, especialmente quando o número de linhagens a serem avaliadas é grande. Diante deste fato, tem-se lançado mão de testes indiretos de avaliação, como do teor de amilose e temperatura de gelatinização. A metodologia adotada na Embrapa Arroz e Feijão segue os mesmos procedimentos utilizados pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Entretanto quando se tem amostras muito pequenas, como as provenientes de uma única planta, em fases iniciais do programa de melhoramento genético, utiliza-se a alternativa de se fazer tais testes a partir de grãos não polidos, conforme se pode observar na Figura 4.



Fig. 4. Resultado da variação da temperatura de gelatinização em arroz polido e integral, usando-se o mesmo procedimento de rotina.

MELHORAMENTO GENÉTICO COM ÊNFASE EM QUALIDADE

Entre as mudanças provocadas pelo melhoramento genético do arroz de terras altas pode-se salientar duas delas que têm criado um importante impacto sobre a cultura e seu mercado. Uma delas é a mudança no porte das plantas que se tornaram menos altas (Figura 5). Quanto a este aspecto não há nada de novidade, pois o que se tem conseguido é o mesmo ocorrido para o arroz irrigado, inclusive nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde esta mudança promoveu ganhos extraordinários na produtividade dessas regiões. Com a redução do porte, o arroz de terras altas ficou com suas folhas mais eretas, menos acamador e de potencial mais produtivo. A produtividade do arroz de terras altas tem crescido em diferentes estados brasileiros, com destaque para o Estado do Mato Grosso onde praticamente dobrou nos últimos dez anos.

Outra mudança, talvez a mais importante, ocorreu em relação à qualidade dos grãos, especialmente quanto à sua classe comercial. As variedades de arroz de terras altas, em sua grande maioria, pertencem ao agrupamento das "Japônicas tropicais", que têm como uma de suas características seus grãos largos e espessos, classe longo. Esta classe de grãos, entretanto, não tem mais boa aceitação comercial, o que representa um grande problema para esse sistema de cultivo, que vinha perdendo área plantada sistematicamente ao longo do tempo, com risco de ser eliminado como opção de plantio comercial, se restringindo às áreas de subsistência, caso perdurasse esta tendência. Os programas de melhoramento genético de arroz de terras altas reagindo a esta situação têm colocado no mercado novas cultivares geneticamente melhoradas para qualidade de seu produto, com grãos Longo Finos (agulhinha). O exemplo mais marcante foi o

observado em relação à cultivar “Primavera”, lançada em 1997, a qual além de seus grãos agulhinhas, possuía também excelente qualidade culinária, ocupando rapidamente uma importante área plantada, especialmente no Estado de Mato Grosso. Adicionalmente ao desenvolvimento de variedades de grãos agulhinhas, o programa da Embrapa Arroz e Feijão definiu um padrão de qualidade a ser perseguido para o lançamento das novas cultivares: Forma de grão entre os exibidos pelas cultivares “Primavera” e “Maravilha”, com teores de amilose e temperatura de gelatinização intermediários. Com isto espera-se produtos que ao serem cozidos se apresentem enxutos, soltos e macios. A Tabela 2 mostra a mudança ocorrida no corpo do programa de melhoramento genético da Embrapa Arroz e Feijão, onde pode ser verificado o salto na frequência de linhagens de grãos agulhinhas, saindo de 9,8%, em 1991, para 100%, em 2001. A alta frequência de linhagens de porte baixo e de grãos de qualidade adequada a padrões de qualidade bem definidos dentro do programa de melhoramento da Embrapa Arroz e Feijão, são fortes indicativos de lançamento de novas variedades, no futuro próximo, cada vez mais promissoras quanto à qualidade do produto e desempenho agronômico.

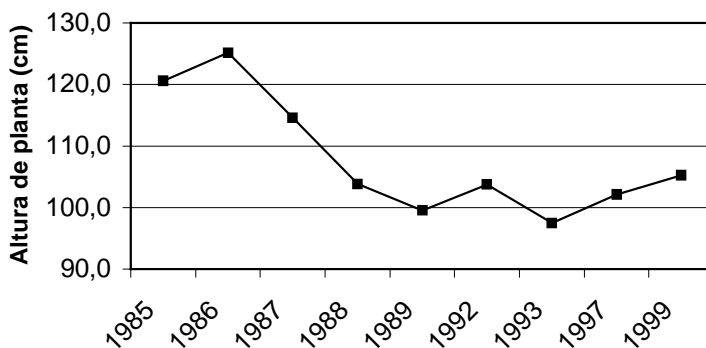


Fig. 5. Média da altura de planta das cultivares de arroz de terras altas lançadas no Brasil no período 1985/99.

Tabela 2. Evolução da qualidade do produto de linhagens de arroz de terras altas no Ensaio de Observação, coordenado pela Embrapa Arroz e Feijão.

Característica	Frequência de linhagens adequadas		
	1991	1996	2001
Classe longo-fino	9,8	94,8	100,0
Temperat. de gelatinização intermediária	82,1	53,0	96,7

Obs. Em 2001, 100% das linhagens possuíam teor de amilose intermediário.

IMPACTO DAS NOVAS CULTIVARES DE TERRAS ALTAS

Além do impacto na produtividade, refletido pelo seu crescimento crescente e contínuo nas regiões produtoras do País, as novas cultivares de arroz de terras altas têm também causado uma profunda transformação na qualidade do produto dessas regiões. Esta mudança de qualidade tem já se refletido nos preços recebidos pelos produtores na região do Brasil central, como pode ser observado na Figura 6. Onde são apresentados os preços pagos por saca de 60 kg de arroz colocada em Goiânia, levantados na Bolsa de mercadorias dessa cidade, para o mês de agosto. Estes preços foram levantados para três tipos de produto: Arroz tipo 3 de classe longo (clássico arroz de sequeiro), arroz agulhinha do centro oeste (novas variedades de terras altas) e arroz agulhinha do sul do País. Pelo que se observou para o ano de 1988, o arroz agulhinha do sul do país recebia o dobro do preço em relação ao pago pelo tradicional arroz de sequeiro, tipo 3, em Goiânia. O agulhinha do centro oeste, produto das novas cultivares de arroz de terras altas, já começava a aparecer e o mercado já reagia positivamente a ele, pagando um preço intermediário em relação ao dos demais produtos. Em 2002, já não se observa mais uma diferença de preços entre os agulhinhas do sul e do centro oeste, ambos em torno do dobro do preço em relação ao do tradicional arroz de sequeiro. Ao se criar as condições para que os preços pagos aos produtores de arroz do Brasil central se duplicassem, pela melhoria da qualidade do produto, a Embrapa e seus parceiros ao desenvolverem as variedades agulhinhas de terras altas, dão ao País uma notável contribuição. O arroz de terras altas deixa de ser uma cultura em extinção e se transforma em uma importante opção agrícola, economicamente competitiva, geradora de empregos e oportunidades.

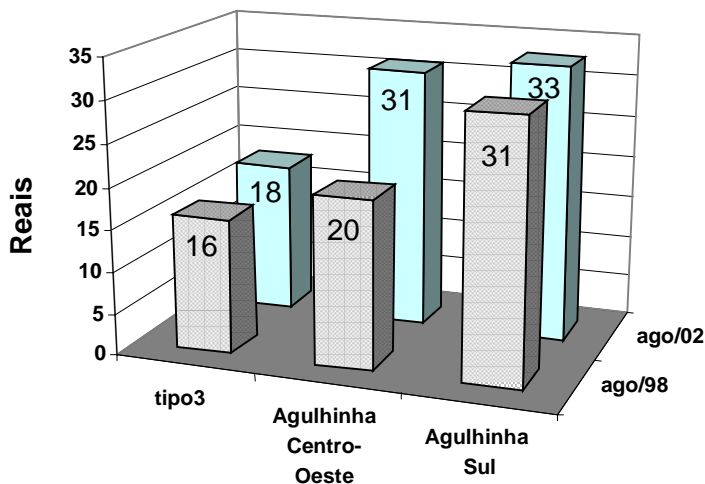


Fig. 6. Evolução dos preços do arroz em Goiânia, em reais por saca de 60 kg.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERRIO, L. E.; CUEVAS-PEREZ, F. E. Cultivar differences in milling yields under delayed harvesting of rice. *Crop Science*, Madison, v. 29, n. 6, p. 1510-1512, Nov./Dec. 1989.

BOLLICH, C. N.; WEBB, B. D. Inheritance of amylose in two hybrid populations of rice. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v. 50, n. 6, p. 631-636, Nov./Dec. 1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Abastecimento. *Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz*. Brasília, 1989. 35 p.

CASTRO, E. da M. de; VIEIRA, N. R. de A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. da. *Qualidade de grãos em arroz*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz Feijão, 1999. 30 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).

FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L. P. Perfil do consumidor de arroz nas capitais dos Estados da Região Centro-Oeste. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. *Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas: resumos expandidos*. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1998. v. 1, p. 476-477. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 85).

FONSECA, J. R.; GUIMARÃES, E. P.; CASTRO, E. da M. de. Variação da altura de plantas das cultivares de arroz de terras altas lançadas no Brasil após 1985. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. *Anais...* Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 1 CD ROM.

- KUMAR, I.; MARUYAMA, K.; MOON, H. P. Grain quality consideration in hybrid rice. In: VIRMANI, S. S. (Ed.). **Hybrid rice technology: new developments and future prospects**. Los Baños: IRRI, 1994. p. 123-130.
- JULIANO, B. O.; PASCUAL, C. G. **Quality characteristics of milled rice grown in different countries**. Los Baños: IRRI, 1980. 25 p. (IRRI Research Paper Series, 48).
- JULIANO, B. O.; VILLAREAL, C. P. **Grain quality evaluation of world rices**. Manila: IRRI, 1993. 205 p.
- JULIANO, B. O.; PEREZ, C.M.; CUEVAS-PEREZ, F. E. Screening for stable high head rice yields in rough rice. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 70, n. 6, p. 650-655, Nov./Dec. 1993.
- MARTÍNEZ RACINES, C. P.; CUEVAS-PEREZ, F. E.; MEDINA, L. M. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**. 3. ed. Cali: CIAT, 1989. 75 p. (CIAT. Serie 04SR-07.01).
- PURI, R. P.; SIDDIQ, E. A. Studies on cooking and nutritive qualities of cultivated rice oryza sativa. I. Qualitative genetic characterization of amylose content. **Genetica Agraria**, Roma, v. 34, n. 1/2, p. 1-14, 1980.
- TAIRA, H. Physicochemical properties and quality of rice grains. In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. **Science of the rice plant: genetics**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. p. 1063-1097.
- UNNEVEHR, L. J.; DUFF, B.; JULIANO, B. O. Consumer demand for rice grain quality: introduction and major findings. In: UNNEVEHR, L. J.; DUFF, B.; JULIANO, B. O. (Ed.). **Consumer demand for rice grain quality**. Manila: IRRI, 1992. p. 5-19.
- VIEIRA, N. R. de A.; CASTRO, E. da M. de. Qualidade de grão e padrões de classificação do arroz. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas: painel, conferências e mesas-redondas**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1999. v. 2, p. 170-180. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 96).
- VIEIRA, N. R. de A.; CARVALHO, J. L.V. de. Qualidade tecnológica. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 582-604.

USOS INDUSTRIAIS DO ARROZ: PRESENTE E FUTURO

*Christine Bergman; McClung, A.; Goffman, F.;
Chen, M.; e Fjellstrom, R.*

Tanto a produtividade quanto a produção de arroz tem aumentado no mundo, ao contrário dos preços, que diminuíram. Por conseguinte, a indústria arroseira está procurando maneiras de agregar valor a seus produtos. Algumas das possibilidades em estudo compreendem a produção de cultivares com características especiais e novos usos para o endosperma, casca, palha e farelo.

A maioria dos programas de melhoramento de arroz pelo mundo focaliza, principalmente, a produção de cultivares agronomicamente superiores, com características de grão tradicionalmente predominantes nas regiões para as quais foram criadas. Nos EUA, por exemplo, os programas públicos de melhoramento concentram esforços no desenvolvimento de tipos com grãos longos e médios, enquanto na Coreia do Sul os de grão médio são prioritários. Quando somente os tipos com preferência convencional são considerados, a variabilidade das características de grão pode ser subestimada. Cerca de 420.500 amostras do gênero *Oryza* e suas espécies são mantidas em coleções de germoplasma em todo o mundo. Nesse valioso acervo de recursos genéticos reside a oportunidade de ampliar as aplicações industriais no arroz sem usar a tecnologia transformação genética (i.e. organismos geneticamente modificados). Durante os últimos anos, a demanda mundial por arroz com características especiais, como o aromático, por exemplo, vem aumentando, enquanto o preço mundial do arroz de grão longo convencional tem diminuído (Sombilla e Hossain 2002). Conseqüentemente, alguns programas de melhoramento públicos e de algumas empresas privadas vêm demonstrando interesse crescente na utilização dos recursos genéticos disponíveis para o desenvolvimento de cultivares de arroz com características especiais, adequadas para aplicações industriais específicas. Tanto técnicas de melhoramento tradicional como por mutação estão sendo usadas por estes programas.

No Japão, está sendo comercializado arroz que permanece macio após ter sido refrigerado, e esforços para reproduzir esta qualidade de cozimento estão sendo realizados pela California Cooperative Rice Research Foundation, nos Estados Unidos. Refeições congeladas preparadas com este tipo de arroz certamente apresentarão textura superior e, conseqüentemente, agradarão mais ao consumidor. Adicionalmente, essa característica permitirá aos estabelecimentos que lidam com grandes quantidades de refeições, como restaurantes comerciais e hospitais, reaquecer o arroz cozido conservado no refrigerador, sem perda em qualidade.

As variedades comuns e as especiais, como os tipos *jasmine*, sob cultivo orgânico, estão despertando interesse crescente por parte do consumidor nos EUA, na Europa e no Japão. Em publicação recente, informamos que o germoplasma de origem asiática pode oferecer aos melhoristas uma fonte de potencial de rendimento superior para desenvolvimento de cultivares para uso em sistemas de produção orgânica (McClung e Bergman 2002). O maior potencial de rendimento contribuirá para encorajar os agricultores a produzir arroz orgânico e aumentar sua disponibilidade no mercado. Melhoristas de arroz da Coreia do Sul (National Yeongnam Agriculture Experiment Station, Milyang) desenvolveram e lançaram uma cultivar com maior conteúdo de lisina - um dos aminoácidos essenciais.

Nosso programa de pesquisa com arroz como um todo, e o programa de melhoramento de maneira especial, está avaliando a possibilidade de desenvolver cultivares com farelo mais estável e níveis modificados de fitoquímicos benéficos à saúde (Bergman 2001). Trilhando um caminho semelhante, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no Brasil, lançou recentemente uma cultivar com farelo preto, com nível elevado de compostos fenólicos, de reconhecida atividade antioxidante (Goffman e Bergman 2002).

Cultivares combinando características de grão singulares foram desenvolvidas para atender a processos e aplicações específicos da indústria. Por exemplo, quando processadas segundo um método europeu patentado, duas cultivares liberadas por nosso programa proporcionaram um arroz integral de cozimento rápido e alta qualidade. Outros recentes lançamentos de nosso programa incluem uma variedade de grão longo convencional, mas com maior volume após o cozimento, e um arroz aromático capaz de suportar certos processos de aquecimento, como a manutenção da temperatura à mesa por meio de vapor, sem alterar suas propriedades sensoriais.

Para superar, em termos mundiais, o baixo valor obtido pelos subprodutos do arroz, palha, casca e farelo, cientistas e processadores têm tentado, também, agregar valor à produção de arroz pelo desenvolvimento de novos produtos a partir desses elementos. A palha, por exemplo, está sendo prensada para uso em materiais de construção, e existem resultados de pesquisa que demonstram a possibilidade de seu uso, como também da casca, na produção de etanol e ácido cítrico. A maioria dos trabalhos sobre o aproveitamento destes subprodutos encontra-se em fase inicial, mas há indícios muito promissores de que resultarão em benefícios significativos para a indústria do arroz.

Com relação ao farelo, subproduto obtido a partir do polimento do grão descascado, um maior esforço tem sido dedicado pela pesquisa para sua caracterização e potencialidades de aplicação industrial. Devido à sua baixa capacidade de conservação, o que o torna impróprio ao consumo pelo

desenvolvimento de sabor e odor desagradável logo após sua obtenção, o farelo de arroz é subutilizado. Contudo, algumas poucas indústrias dedicam-se à exploração do farelo para extração de óleo e outras frações para várias aplicações industriais. O processo de extrusão, por provocar a desnaturação das enzimas que causam a rancificação hidrolítica, abriu possibilidades para uso do farelo de arroz na alimentação. O farelo de arroz é composto de muitas substâncias potencialmente valiosas, como o gama-oryzanol e os compostos fenólicos, que apresentam características antioxidantes e de eliminação de radicais livres. Fitoquímicos com tais atividades podem apresentar ação protetora contra os danos resultantes da oxidação, relacionados com uma série de doenças, como câncer e distúrbios cardiovasculares (Kehrer 1993). Por exemplo, segundo noticiado, os tocotrienóis e o gama oryzanol contidos no farelo reduziram o nível de LDL, o mau colesterol, em animais de laboratório e em humanos (Kahlon et al., 1996; Sugano & Tsuji, 1997).

Compostos de gama-oryzanol têm sido apontados como portadores de propriedades antiinflamatórias e antitumorais (Yasukawa et al., 1998; Akihisa et al., 2000). A poderosa capacidade antioxidante dos compostos de fenólicos vegetais tem chamado muita atenção, e muitos defendem a hipótese de que eles têm um efeito positivo na saúde humana (Parr & Bolwell, 2000). A habilidade de alguns fitoquímicos em eliminar os radicais livres também pode prevenir a deterioração de lipídios e contribuir para aumentar o tempo de prateleira de alguns alimentos (Shahidi et al., 1992). Por conseguinte, o farelo de arroz e suas frações estão sendo usados em um crescente número de alimentos e produtos industriais. Nossos objetivos são voltados: à revisão da composição antioxidante do farelo de arroz; à descrição de suas variadas aplicações, novas e potenciais; e à revisão dos esforços do melhoramento genético para favorecer a composição do farelo por técnicas de hibridação.

A parte não saponificável do óleo de arroz contém vários compostos bioativos, como tocotrienol, tocofenol e gama-oryzanol. Os dois primeiros existem na forma de quatro homólogos (alfa, beta, gama e delta), sendo que, no farelo de arroz, aproximadamente 90% deles encontram-se na forma alfa e gama (Canela e Godber 1994). A literatura indica que dois tocotrienóis específicos (d-P21-T3; e d-P25-T3) estão presentes no farelo estabilizado, mas ausentes no farelo cru (Qureshi et al., 2000). Xu & Godber (1999) relatam que, no total, a fração gama-oryzanol é composta de dez componentes, enquanto Akihisa et al. (2000) encontraram 12. Estes autores usaram técnicas de extração diferentes e estudaram cultivares diferentes, o que pode explicar os resultados conflitantes. Os compostos fenólicos no farelo, segundo relatado, variam grandemente, tanto qualitativa quanto quantitativamente, em diferentes cultivares (Goffman & Bergman, 2002^a; Ryu et al., 1998). Poucos destes compostos já foram identificados.

A popularidade do óleo de farelo de arroz está aumentando em países como o Japão e Índia. Também há mais alimentos que são produzidos à base desse óleo, como uma manteiga de baixo teor de gordura que serve de alternativa ao uso da manteiga comum ou da margarina. Recentemente, foram introduzidos no mercado tocotrienóis de farelo de arroz que foram concentrados e microencapsulados com suposta estabilidade melhorada e maior flexibilidade de formulação (Pszczola, 2001). Este produto, e outros que estão a caminho, encorajarão o uso de extratos de farelo de arroz em alimentos funcionais. Componentes do farelo de arroz também são encontrados em algumas preparações cosméticas, tais como cremes de limpeza de pele abrasivos e cremes hidratantes.

Os métodos atuais de estabilização do farelo e de extração de óleo de arroz reduzem os níveis de tocotrienóis e gama oryzanol (Canela et al., 1997; Xu & Godber, 2000). Assim, o aprimoramento dos procedimentos de processamento e extração pode ampliar o uso do arroz integral e seus derivados em alimentos funcionais. Estudando os efeitos de processo comercial nos antioxidantes do farelo de arroz, Lloyd et al. (2000) coletaram farelo cru em três pausas, durante o processo de beneficiamento de arroz e após a estabilização a vapor. Esses autores encontraram que os tocotrienóis foram mais altos no farelo coletado na segunda pausa, e que o processo de estabilização não teve nenhum efeito nos seus níveis. A fração gama-oryzanol foi mais alta na amostra coletada na primeira pausa e seu nível diminuiu após a estabilização. Tais resultados indicam que o processo de beneficiamento comercial do arroz pode produzir farelo com elevados níveis de fitoquímicos.

Tem havido recentes relatos sobre o exame dos efeitos antioxidantes do óleo de farelo de arroz em alimentos industrializados. O leite em pó integral é um produto que sofre rápida oxidação lipídica durante o armazenamento, reduzindo suas qualidades organolépticas. Nanua et al. (2000) estudaram o efeito do óleo com elevado teor de oryzanol na estabilidade desse produto e encontraram que o óleo de arroz melhorou a estabilidade oxidativa do leite em pó integral processado em baixa temperatura, sem alterar o sabor. Desta forma, os autores concluíram que o óleo de arroz pode ser usado como antioxidante natural para estender o prazo de validade do leite em pó integral. Produtos de carne reestruturada também são muito suscetíveis a desenvolver aroma e sabor estranho, relacionados à rancidez. Kim & Godber (2001) testaram os efeitos do óleo de arroz bruto na taxa de oxidação dos lipídios e do colesterol e detectaram efeitos positivos, prolongando a estabilidade oxidativa da carne e aumentando os níveis dos tocofenóis. Os efeitos da mistura de óleo de arroz com outros óleos sobre a estabilidade do óleo durante a fritura e o sabor dos alimentos fritos foram estudados por Warner (1999). Misturas com óleo de algodão e de girassol foram usadas na fritura de batatas. A estabilidade de fritura de ambos os óleos foi melhorada pela adição de óleo de arroz, e um painel de degustadores treinados indicou que os "chips" fritos em misturas com óleo de arroz

apresentavam sabor superior após a estocagem. Parece que, além do perfil de ácidos graxos dos óleos usados, o conteúdo de antioxidantes também pode influenciar a estabilidade de fritura.

A modificação dos teores ou da proporção entre as várias frações componentes do farelo de arroz pode melhorar seu valor. Alterações nos níveis dos componentes de uma planta podem ser obtidas por técnicas de transformação genética ou melhoramento tradicional e por mutação. Os esforços para a transformação do grão de arroz têm focado os níveis de beta-caroteno e de ferro bem como a melhoria da biodisponibilidade do ferro (Ye et al., 2000; Lucca et al., 2001). O farelo de arroz, porém, não foi objeto de qualquer esforço de transformação.

O nosso grupo de pesquisa e de melhoramento varietal está atualmente trabalhando no sentido de aumentar o valor do farelo de arroz, pela modificação de seu conteúdo de óleo e de antioxidantes, utilizando diversidade genética natural, junto com técnicas de hibridação. Nosso objetivo a longo prazo é desenvolver cultivares com farelo com maior capacidade de conservação pós colheita e melhores teores de fitoquímicos. Os passos iniciais neste projeto foram direcionados para o desenvolvimento de métodos práticos para uma avaliação mais rápida e eficiente dos níveis de fitoquímicos do farelo. Estes métodos foram usados para determinar o grau de variação observado entre os farelos de diferentes cultivares, de germoplasma exótico e de outras espécies do gênero *Oryza*.

Cultivares e acessos exóticos de arroz de 50 países foram cultivados usando as mesmas práticas de manejo, durante duas safras. Tocotrienóis e gama-oryzanol foram separados usando HPLC-RP e detectados, respectivamente, por fluorescência e absorvância Ultra Violeta. O conteúdo fenólico total foi medido pelo uso do reagente de Folin-Ciocalteu e expresso em mg de ácido gálico. Fenólicos simples em acetato etílico foram separados de fenólicos poliméricos usando HPLC-RP. A eficiência anti-radical dos extratos metanólicos do farelo foi determinada por comparação com o radical estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), monitorando a redução da absorvância. Os valores de absorvância em relação ao tempo foram representados graficamente, e a eficiência anti-radical foi expressa como uma porcentagem de redução da área integrada. A composição de ácidos graxos e de lipídios totais foi determinada, respectivamente, em cromatógrafo de gás e pelo método de éter de petróleo Soxhlet.

Na coleção de germoplasma de arroz foram achadas diferenças genotípicas de significância (até o dobro) na composição do farelo, tanto para tocotrienóis e tocofenóis, como para gama-oryzanol. O conteúdo de óleo e os perfis de ácidos graxos também variaram na mesma proporção (Goffman & Bergman 2002b). Nem o conteúdo total de gama-oryzanol e nem os três gama-oryzanol primários foram correlacionados com o nível de tocofenóis e tocotrienóis na coleção de germoplasma. Tampouco os três compostos

gama-oryzanol correlacionaram-se entre si. Da mesma forma, não existiu correlação entre o conteúdo de tocofenol e de tocotrienol. Isto sugere que os níveis destas frações, tanto combinados como isoladamente, podem ser manipulados por meio de hibridação. As linhas de farelo branco ou marrom-claro apresentaram baixo conteúdo de compostos fenólicos enquanto as de farelo mais escuro (marrom-escuro, vermelho e preto) mostraram maior concentração (Goffman e Bergman 2002a). As linhas de farelo escuro tiveram uma larga amplitude no conteúdo de fenólicos totais (até 23 vezes), na eficiência anti-radical e na quantidade e tipos de combinações fenólicas simples e poliméricas. Uma cultivar brasileira com farelo preto, liberada recentemente pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), tem um nível muito alto de fenólicos totais e de atividade anti-radical. A eficiência anti-radical em toda a coleção de germplasma foi altamente correlacionada com o total de fenólicos ($R^2 = 0,98$). Os extratos metanólicos também contêm tocol e oryzanol. Estas combinações exibem efeitos anti-radical diante de DPPH, mas em níveis mais baixos em relação a algum fenólicos. Nossos resultados sugerem que seja possível aumentar os teores de óleo e de antioxidantes do farelo de arroz, como também modificar seu perfil de ácidos graxos.

A criação de cultivares de arroz com novas combinações de características de grão requer, freqüentemente, o uso de progenitores de outros países e, por conseguinte, nem sempre apresentam performance desejável nas condições climáticas de cultivo locais. Usar este material não adaptado e tendo em mira características de grãos especiais torna o processo de melhoramento um grande desafio. Como resultado, alguns melhoristas de arroz reuniram equipes de cientistas em alimentos, químicos e geneticistas moleculares para definir as características de qualidade a serem enfocadas e ajudar na avaliação das progênes. Por exemplo, cientistas de alimentos estão ajudando a definir os atributos sensoriais do arroz que os consumidores de hoje estão exigindo (Champagne et al., 1998). Os químicos estão definindo a composição química que resulta em características sensoriais específicas em qualidade no processamento. E novas ferramentas de seleção, como cromatografia de gás e marcadores genéticos, estão sendo desenvolvidas pelos químicos e geneticistas e incorporadas nos programas de melhoramento para acelerar o desenvolvimento de cultivares (Bergman et al., 2000; Bergman et al. 2001). No futuro, espera-se que esses especialistas incluam outros profissionais das indústrias de processamento de arroz e de alimentos. Tal relacionamento poderá resultar na disponibilização, a essas indústrias, de um arroz com atributos de qualidade desejáveis que satisfaça suas especificações de produção e melhore sua rentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bergman, C.J., Delgado, J.T., Bryant, R., Grimm, C., Cadwallader, K.R. and Webb, B.D. 2000. Rapid gas chromatographic technique for quantifying 2-acetyl-1-pyrroline and hexanal in rice (*Oryza sativa*, L.). *Cereal Chem.* 77: 454-458.
- Bergman, C.J., Delgado, J.T., McClung, A.M. and Fjellstrom, R.G. 2001. An improved method for using a microsatellite in the rice waxy gene to determine amylose class. *Cereal Chem.* 78: 257-260.
- Bergman, C.J. 2001. Goal: increasing the value of rice bran. Proceedings of the Rice Utilization Workshop: Together developing strategies to meet industry needs, held in New Orleans, Louisiana, USA, August 15 – 17th.
- Bergman, C.J., McClung, A.M., Pinson S.R.M. and Fjellstrom, R.G. 2002. Development of PCR Based Markers Associated with Cooked Rice Kernel Elongation and Aroma. Proceedings of the 29th Rice Technical Working Group Meeting, Little Rock, Arkansas, USA, February 24 – 27th.
- Champagne, E.T., Lyon, B.G., Min, B., Vinyard, B.K., Bett, K.L., Barton, F.E., Webb, B.D., McClung, A.M., Moldenhaur, K.A., Linscombe, S., McKenzie, K.S. and Kohlwey, D.E. 1998. Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice. *Cereal Chem.* 75: 181-186.
- Goffman, F. and Bergman, C. J. 2002. Total phenolics and antiradical effect of rice bran extracts. Proceedings of the 29th Rice Technical Working Group, held in Little Rock, Arkansas, USA, February 24 – 27th.
- McClung, A.M. and Bergman, C.J. 2002. Rice cultivar response to organic cultural management. Proceedings of the 29th Rice Technical Working Group, held in Little Rock, Arkansas, USA, February 24 – 27th.
- Sombilla, M.A. and Hossain, M. 2001. Economics of the production and marketing of specialty rices: recent trends and implications for technology development. IN: Specialty Rices of the World. (eds R.C. Chaudhary, D.V. Tran and R. Duffy) FAO. Science Publishers, New Hampshire, USA. P. 347-358.

PAINÉIS

Painel 1: Experiências e possibilidades de diversificação de produtos com base em arroz pela indústria nacional

O VALOR DO FARELO DO PARBOILIZADO

Gilberto Wageck Amato¹

A NECESSIDADE DE APROVEITAMENTO TOTAL DO ARROZ

Para viabilizar economicamente qualquer atividade na industrialização de arroz, o empresário sabe que se deve pensar no aproveitamento mais amplo possível da matéria-prima. A otimização de todo o negócio só é conseguida buscando maximizar o todo e cada uma das partes. Isso define a importância do aproveitamento dos subprodutos, onde se destacam o farelo e a casca.

Abordando o caso do farelo do arroz parboilizado, a primeira noção que se tem é que não se pode prescindir do seu aproveitamento por representar cerca de 6% da massa total (com base no arroz em casca). Ao se considerar como referencial a parte alimentícia, desconsiderando a casca, pode-se afirmar que o farelo do parboilizado representa cerca de 9% do material a ser comercializado como alimento. Além disso, existe o aspecto qualitativo, uma vez que o farelo do arroz – e o do parboilizado em particular – tem propriedades nutricionais e comerciais que têm feito dele objeto de destaque em todo o mundo. Esse destaque começou nos EUA na década de 1980, com a “mania do farelo” (*bran-o-mania*).

Comparando quantitativamente com o processamento do arroz branco polido convencional, o tratamento hidrotérmico a que é submetido o arroz em casca na parboilização resulta na diminuição da fração do farelo, que baixa de cerca de 10% no arroz branco para os citados 6%.

No processo de obtenção do arroz branco, passam a compor o farelo, além das camadas externas abaixo da casca, parte do amido do endosperma e também o germe – ou, pelo menos, boa parte dele. Na parboilização, o germe fica aderido à parte principal de grão, não sendo descartado com o farelo.

DEFININDO O FARELO

A camada tecnológica denominada farelo é formada por várias camadas botânicas, ou parte delas, resultantes da operação unitária de polimento, que ocorre logo após a retirada da casca do arroz.

¹ Pesquisador do Cientec e consultor da ABIAP.

A composição do farelo originário da parboilização, assim como no arroz polido, é muito variável, por múltiplas causas, a começar pela variedade de arroz, passando pelas condições de cultivo e terminando pelo grau de elaboração no engenho.

Farelo de parboilizado de baixo grau de elaboração

CONSTITUINTE	CONCENTRAÇÃO
Protídios, %	14,0
Lipídios, %	25,5
Glicídios, %	42,6
Cinzas, %	8,7
Umidade, %	9,2
VCT, kcal/100g	456

Fonte: ABIAP

Os resultados mostram teores de gorduras, proteínas e cinzas elevados. Nas mesmas circunstâncias de farelo rico em gordura – denominado na linguagem corrente como “farelo gordo” – foi encontrado sob uma amostra da variedade BR-IRGA-410 um teor de lipídios de 26,0%.

Em dados fornecidos pelo renomado autor sino-americano, o Professor Dr. Bohr Luh, da Universidade da Califórnia, no III Encontro do Arroz Parboilizado (Porto Alegre, 1986), encontra-se uma boa idéia da grande diferença de gordura entre farelos obtidos do arroz parboilizado e do arroz “ordinário”, como ele denomina, para produtos norte-americanos.

O Dr. Luh situa o teor de lipídios no farelo do arroz comum entre 16 e 18%, saltando para a faixa de 20 a 28% para o parboilizado.

Tratando de algumas variedades cultivadas no Brasil – e tomando a gordura como parâmetro para avaliar o grau de elaboração –, nota-se nos dados obtidos pelo Prof. Falcone, de Campinas-SP, na tabela a seguir, alguns resultados relevantes, mostrando médias aproximadas de 8% de gordura para variedades de arroz polido comum, contra 18% no parboilizado.

Variedades do Brasil

AMOSTRA	LIPÍDIOS, %	
	Branco	Parboilizado
IAC-47	9,0	22,6
“Grão curto”	8,6	21,8
IAC-25	8,6	14,9
Lebonet	8,3	13,9
IR-841	7,4	15,2
BG-90	6,5	19,1
BR-IRGA-410 (*)	16,5	26,0

(*) Fonte: ABIAP

Nota: Seguramente os dados de Campinas não foram obtidos pela mesma metodologia que os dados da Califórnia e da ABIAP (realizado na Cientec), além de serem realizados em amostras diferentes.

FARELO DO PARBOILIZADO

As principais causas do maior valor intrínseco do farelo do parboilizado devem ser atribuídas à estabilidade enzimática e à maior concentração de lipídios em relação ao farelo do arroz branco.

A biodisponibilidade

A **estabilidade enzimática** pode ser explicada simplificada como segue. Na interface entre a casca e o endosperma amiláceo, encontra-se concentrada ampla variedade de constituintes, como as **gorduras** e as **enzimas lipolíticas**. No processamento para obter o arroz branco comum, ao ser promovido o descascamento, é propiciada a interação desses dois reagentes, tendo início o processo degradativo, cujo resultado é o ranço. Na Bioquímica, esta é considerada uma das reações mais rápidas de degradação. A velocidade inicial chega à formação de 1% de ácidos graxos livres (AGL) por hora. Mesmo diminuindo de intensidade com o desenvolvimento da reação, após um mês o valor atingido é de 60% do total disponível de ácidos graxos das gorduras. A ação lipolítica pode ser definida como o processo de liberação de ácidos graxos. Sob a forma de ácidos graxos livres, passam a ser os responsáveis pela alteração, cuja consequência, além do prejuízo na palatabilidade, é a dificuldade de digestão e assimilação. Na parboilização, em especial nos processos que utilizam vapor na operação de gelatinização, o binômio tempo *versus* temperatura na autoclave é suficiente para a destruição térmica das enzimas (como a lipase), a eliminação de insetos (gorgulho) e a esterilização dos microrganismos. Como resultado da inativação das enzimas, evitam-se o início do ranço e suas consequências, com destaque positivo para o aumento da **biodisponibilidade**.

Maior concentração em óleo e óleo mais nobre

A explicação para a maior concentração de óleo no parboilizado é relativamente simples. Devido à estrutura mais elástica do arroz após a gelatinização, quando chega a vez do polimento, a retirada das camadas que compõem a película externa é algo mais dificultado, em relação ao processamento do branco. E, principalmente, o germe fica junto com o grão a ser polido, por ter sido aplastado durante a gelatinização do amido. Como consequência, é extraído menos farelo, comparando o arroz parboilizado

com o branco. E, sabendo-se que o óleo está mais concentrado nas camadas mais externas, é extraída uma menor massa, porém “mais gorda”.

Este fator é valorizado tanto na utilização do farelo como matéria-prima para extração do óleo – pelo motivo óbvio de ser mais fácil a retirada de óleo de uma matriz mais rica –, quanto no encaminhamento para ração animal. Nesta utilização, a vantagem nutricional começa pela melhor digestibilidade, devido ao amido presente estar gelatinizado; conta-se com a estabilidade enzimática, com poucos ácidos graxos livres e com maior valor energético – este, devido à concentração superior de gordura e, junto com ela, algumas vitaminas lipossolúveis. Mais ainda, pelo fato de a estabilização impedir a perda de qualidade dos constituintes antioxidantes, como a vitamina E, que não precisam se desgastar no socorro aos compostos passíveis de oxidação. Este último fator é importantíssimo quando se toma em conta o assunto dos antioxidantes na alimentação humana.

Um fator depreciativo do produto na obtenção de óleo decorre de o farelo do parboilizado necessitar de uma operação unitária a mais na fábrica de óleo para conseguir-se um óleo final mais claro; e, na ração, pelo menor conteúdo de vitaminas hidrossolúveis, uma vez que na parboilização estas migram e se concentram no endosperma. Estes fatores são amplamente compensados pela menor necessidade de utilização de álcalis na neutralização de ácidos, um ponto crítico, capaz de inviabilizar economicamente a extração de óleo a partir do farelo de arroz.

Em todo o caso, fazendo um balanço dos prós e contras, a estabilização enzimática e a pasteurização microbiológica conseguidas na parboilização fazem com que o farelo tenha maior valor comercial intrínseco. O fato é mais conhecido pela indústria de óleo que pelos engenhos.

USOS PARA O FARELO

O Professor Barber, da empresa de desenvolvimento tecnológico *Española de I+D*, costuma afirmar que um dos principais problemas para o aproveitamento econômico mais eficaz do farelo do arroz é ser visto como “rejeito”. Mas este é um problema cultural, arraigado, de difícil solução a curto prazo. Entretanto, a gama de utilização do produto é muito ampla.

O espectro de uso do farelo na indústria alimentar se divide em dois ramos: **alimentação humana** e **ração animal**, tendo em comum a necessidade de evitar, ao máximo, o ranço.

Na alimentação humana a utilização começa pelo óleo de arroz, ou mais precisamente, pelo **óleo de farelo de arroz**, de alta qualidade nutricional, sempre bem recomendado pelos profissionais da saúde e nutrição.

Uma vez extraído o óleo, as possibilidades são amplas nos ramos alimentar ou não alimentar: **manteiga, sabão, anti-ferruginosos, anti-corrosivos, removedores de mofos, finisher em têxteis e couro** etc.

Por seu lado, o *USA Rice Council* descreve como principais usos do farelo estabilizado a sua participação em pães multicereais, em cereais de consumo imediato, em produtos panificáveis em geral, como diluente sólido de concentrados vitamínicos e como alimento de consumo direto. Isso tudo dentro do que é denominado naquele país da anteriormente citada *bran-o-mania*, a mania, ou moda, do farelo, presente nas últimas décadas.

Na utilização do farelo como tal, algumas vezes ao natural, outras vezes parcialmente ou totalmente desengordurado, as qualidades próprias do produto conduzem para a participação na composição de **alimentos infantis, sucrilhos, panquecas e wafflers**. Isso sem esquecer a utilização direta, como **matinal**, ou na composição de rações para animais (e humanos).

Já no segmento não alimentar, uma utilização curiosa é na **purificação de minérios**, onde são exigidos ácidos orgânicos livres. Caso o farelo não tenha recebido os cuidados anteriormente preconizados para evitar o ranço, utiliza-se a recomendação ao contrário, deixando rançar ao máximo possível e, assim, utilizá-lo na obtenção do estanho a partir da cassiterita.

É também clássica a utilização do farelo no fabrico de ceras e **polidores**.

Na composição da **lama para perfuração de poços de petróleo**, conhecida tecnicamente como *slug*, o amido pré gelatinizado obtido por extrusão pode se adicionado ao minério bentonita. Esta é uma aplicação importante para farelo desengordurado, juntamente com o arroz que tenha sofrido alteração microbiológica.

Uma pesquisa interessante foi desenvolvida na Cientec, durante a II Grande Guerra, quando o Pesquisador Oscar Maximilian Homerich desenvolveu um processo para obtenção de **álcool carburante** a partir do farelo.

Como se pode ver, pela ampla gama de utilização, o produto merece ser melhor conhecido. E este trabalho é uma singela contribuição para tal.

EXPERIÊNCIA DE DIVERSIFICAÇÃO DE PRODUTOS COM BASE DE ARROZ: “Macarrão de arroz BIFUM”

André Chiang¹

BIFUM é uma massa alimentícia de arroz, mais conhecido como **macarrão de arroz**, devido ao seu formato semelhante ao macarrão tradicional.

Derivado do arroz, este alimento tem origem na China e é muito consumido nos países asiáticos, onde a produção segue em alta escala.

O BIFUM é produzido derivado somente do arroz, isto garante um diferencial muito favorável no paladar e na estética do prato em relação aos concorrentes, que fabricam o produto derivado de outros ingredientes além do arroz.

Muito versátil, adapta-se facilmente às várias formas de preparo, que vão desde um prato tradicional chinês com legumes e ovos, passando por uma salada e até tornando-se um prato doce.

Comercializado nas prateleiras das lojas e supermercados que trabalham com produtos orientais em todo o Brasil, encontrado facilmente em restaurantes especializados em cozinha oriental, *fast-food* de comida chinesa como a “China in Box” e até mesmo em churrascarias e restaurantes por quilo.

Pela sua característica de alimento saudável e natural e com a crescente procura dos consumidores por este tipo de alimentação, as vendas do BIFUM nos últimos anos têm sido crescentes.

O fabricante é a Bi-Fum Produtos Alimentícios Ltda, que surgiu em 1998, com instalações específicas para a produção da marca BIFUM. Antes disto, o produto era fabricado no Brasil desde a década de 60, por outra empresa da família Chiang, os primeiros imigrantes taiwaneses a desembarcarem no Brasil.

Atualmente, a Bi-Fum Produtos Alimentícios Ltda produz o BIFUM, que é comercializado em duas embalagens (500gr. e 200gr.), e fabrica também a Farinha de Arroz Moti, derivado do arroz japonês Moti, Ideal para preparo de pratos típicos da colônia oriental.

A empresa tem consciência de que não pode atuar no mercado competitivo com apenas dois produtos, portanto novos produtos (derivados do arroz) já estão em andamento.

Missão da empresa:

“Desenvolver, produzir e comercializar alimentos derivados do arroz, oferecendo aos consumidores diferentes alternativas de alimentação com produtos de qualidade”.

¹ Diretor Comercial da Bi-Fum Produtos Alimentícios Ltda.

PRODUÇÃO DE ÓLEO DE ARROZ POR INDÚSTRIAS DE ARROZ

José Luiz Vaz da Silva¹

INTRODUÇÃO

No Brasil e em muitos países do mundo emprega-se o método do uso de solventes para a extração e posterior industrialização do óleo de arroz, retirado a partir de seu farelo.

Entretanto, a idade e a qualidade da matéria prima (farelo), assim como os procedimentos realizados antes do processo de extração influenciam largamente na capacidade de produção, na qualidade do óleo e no custo da produção.

Hoje verifica-se o aumento dos consumidores que buscam alimentos naturais livres de agrotóxicos e não transgênicos e de alimentos funcionais, ou sejam, alimentos que forneçam vitaminas, minerais, antioxidantes e outras substâncias importantes para a saúde.

Neste sentido, foi realizada uma análise comparativa entre o processo de extração por prensagem e outro com o uso de solventes nas indústrias de extração de pequeno porte que, de forma mecânica, extraem o óleo imediatamente após a produção do farelo.

O projeto que sugerimos, pequenas unidades para produção de óleo de arroz virgem pelo processo natural de prensagem, feito dentro da própria indústria do arroz, nada mais é do que mais um setor da indústria, como o descasque ou empacotamento, e não uma nova indústria. É uma maneira de melhor aproveitar a matéria prima disponível, agregando maior valor ao produto.

ÓLEO VIRGEM DE ARROZ, UM PRODUTO NUTRACÊUTICO

Poucos alimentos podem ser considerados alimentos e remédio ao mesmo tempo. Estes alimentos são considerados nutracêuticos. O óleo de arroz apresenta uma composição equilibrada de ácidos graxos, superior a maioria dos óleos comestíveis encontrados no mercado, conforme pode ser observado na tabela abaixo.

¹ Diretor da Argus Engineering

PERCENTUAL DE ÁCIDOS GRAXOS

Óleo	Saturado	Monosaturado	Polisaturado
Óleo de algodão	28	22	50
Óleo de girassol	12	21	67
Óleo de soja	16	24	60
Óleo de palma	51	39	10
Óleo de oliva	14	77	9
Óleo de canola	6	58	36
Óleo de milho	13	20	62
Óleo de coco	92	67	2
Óleo de arroz	18	45	37
Recomendado	28,6	42,8	28,6

Características do óleo de arroz

- o Dos óleos comestíveis encontrados no mercado, o óleo de arroz é o que mais se aproxima dos níveis de ácidos graxos recomendados;
- o além de ter níveis ideais de gorduras saturadas, mono e poli saturadas, o óleo de arroz é o único óleo rico em micronutrientes benéficos à saúde;
- o o percentual de gorduras mono e polissaturadas está muito próximo aos níveis indicados para o controle da atherosis;
- o orizanol, substância somente encontrada no óleo de arroz, é conhecida cientificamente por sua extraordinária capacidade de aumentar o nível de colesterol HDL, além de reduzir o colesterol LDL e os níveis de triglicéridios. Possui características anti-alérgicas e antienvhecimento;
- o o óleo de arroz possui quantidades significativas de Tocotrienóis que, além de reduzir o colesterol sérico, decrescendo a biossíntese do colesterol hepático, tem efeito hipocolesterogênico, sendo um poderoso antioxidante, com propriedades anti-trombóticas e anti-carcinogênicas;
- o O óleo de arroz tem alto teor de "squalene", que é considerado importante para a nutrição da pele, mantendo a sua elasticidade e tonicidade. É bastante conhecido por suas propriedades anti-rugas;
- o o óleo de arroz possui três tipos de antioxidantes, o orizanol, o tocofenol e o tocotrienol, ao invés de apenas uma (tocofenol), encontrado em outros óleos comestíveis. Por este motivo, possui alta estabilidade e maior *shelf life*;
- o alimentos fritos em óleo de arroz apresentam melhor odor e sabor, mesmo quando armazenados em alta temperatura;
- o o óleo de arroz não gera atividades mutagênicas. Quando tratado a alta temperatura, degrada menos que os demais óleos comestíveis;

- o os alimentos fritos em óleo de arroz carregam menos gordura, em um nível que está entre 15 a 20% a menos;
- o por seu alto conteúdo de antioxidantes, ajuda a controlar os radicais livres.

Por todos estes motivos, no Japão, o óleo de arroz é conhecido como “Óleo do Coração”.

FARELO DE ARROZ INTEGRAL PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO DE ÓLEO DE ARROZ

O farelo integral utilizado na extração do óleo é proveniente da operação de brunimento do arroz durante o seu beneficiamento. Do arroz integral, o farelo é gerado na proporção de 8 a 10%.

A capacidade de produção dos engenhos no Brasil é de aproximadamente 50 a 200 ton/dia. Portanto, o volume máximo de farelo gerado é de aproximadamente 20 ton/dia.

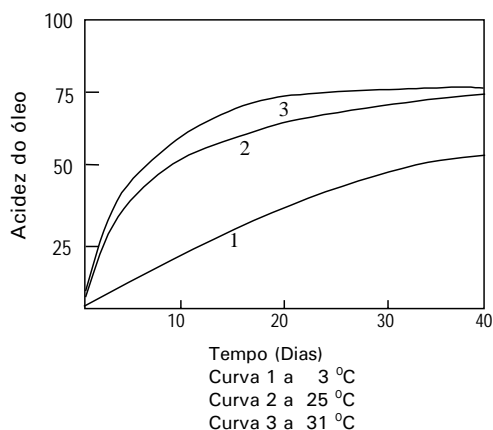
A quantidade do farelo gerado nos engenhos, coletado para transformar-se em matéria prima para industrialização de óleo em condições ideais de qualidade, diminui a cada ano que passa, o que indica que, em futuro próximo, esta produção estará sendo executada diretamente nas indústrias de arroz, o que garantirá a qualidade desejada pelo mercado e, conseqüentemente, o melhor preço.

Após o beneficiamento, a acidez do óleo constante no farelo sobe bruscamente à medida que o tempo passa,. Por esta razão, as indústrias de óleo têm criado medidas buscando soluções para processar o quanto antes essa matéria prima.

Por outro lado, o farelo gerado pela grande maioria dos engenhos brasileiros é contaminado com grãos quebrados e inteiros de arroz que devem ser removidos antes da produção de óleo. O percentual de grãos de arroz encontrados no farelo varia entre 3% a 5%.

A primeira etapa de quem deseja instalar uma indústria de óleo em seu engenho é, portanto, a melhoria do farelo pela separação dos grãos quebrados de arroz e de seu germe.

Esta operação não só melhora o farelo no que diz respeito às suas condições de extração de óleo, como é rentável, pois grãos quebrados de arroz e germe de arroz são mais valiosos que o farelo.



No Japão, a acidez do óleo extraído durante o período de inverno é de AV 20, e no período de verão, é de AV 30, sendo considerado como média anual AV 25.

A acidez do farelo logo após a sua geração é de AV 5 a 10 e se a extração do óleo for feita no engenho imediatamente após a sua produção, estima-se que se poderá obter um óleo cru de AV 10 a 15 de alto valor.

Composição geral do farelo (%)

Umidade	Gordura	Proteína	Fibra	Cinza	Extrato não nitrogenado
11 ~ 13	18 ~ 20	14 ~ 16	8 ~ 10	9 ~ 12	33 ~ 36

Composição geral do farelo do aleuroma (farelo branco) (%)

Umidade	Gordura	Proteína	Fibra	Cinza	Extrato não nitrogenado
11,76	18,77	12,51	3,75	7,82	35,18

Composição geral do germe do arroz (%)

Umidade	Gordura	Proteína	Fibra	Cinza	Extrato não nitrogenado
11,6	21,6	18,7	2,8	7,2	36,5

A lipase (enzima que causa a decomposição da gordura) constante no arroz integral (não beneficiado) está localizado no germe.

Essa lipase, no arroz integral tem pequena atuação. No farelo, em virtude da desintegração do germe durante o brunimento, a lipase entra em contato com outras substâncias e, por ser extremamente ativa, atuará fortemente, ocasionando a hidrólise do óleo com a liberação de ácidos graxos livres, proporcionando um aumento muito rápido da acidez livre do óleo.

A acidez logo após o brunimento é de, em média, AV 3 ~ 5, mas, se deixar 2 ~ 3 dias, a acidez aumentará para AV 30 ~ 40, podendo chegar ao máximo de AV 150.

No Japão, a acidez do óleo bruto extraído é, em média anual, AV 25.

Dias após brunimento	0,5	3	5	12	23	43
Acidez	10,2	42,2	63,7	95,7	127,2	153,6

Acidez = 100 equivale à condição de liberação de aproximadamente 50% de ácido graxo.

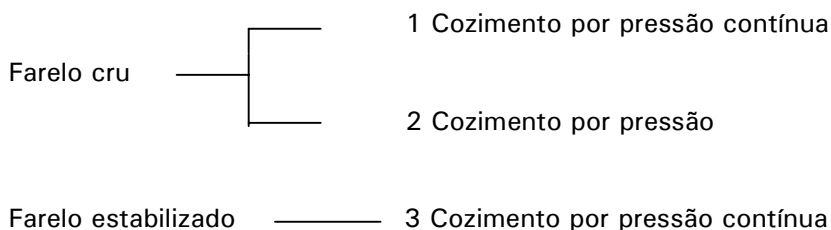
TIPOS DE FARELO

Farelo cru	Farelo comum	Usado p/ industr. de óleo
Farelo vermelho	Também chamado de farelo "sake"	Usado p/ industr. de óleo
Farelo branco médio	Usado p/ prod. alimentícios	Não é usado p/ industr. óleo
Farelo branco superior	Usado p/ prod. alimentícios	Não é usado p/ industr. óleo
Farelo fermentado selecionado	Usado p/ prod. alimentícios	Não é usado p/ industr. óleo

Condições antes da extração do óleo

O teor de óleo e de umidade do farelo de arroz é resultante do beneficiamento e varia de acordo com o nível do próprio beneficiamento, da idade do arroz (velho ou novo) e também da qualidade do arroz. Mesmo que a extração seja feita sob as mesmas condições de processamento, surgirão diferenças na capacidade e no rendimento.

Assim, foram realizados vários testes de extração, buscando as melhores condições:



Resultado do teste de extração:

	Temperatura	Umidade	Quant. Óleo	Condição do óleo
Teste (1)	115° C max	3 ~ 2%	4,68% min	Alta impureza, óleo impuro.
Teste (2)	125° C max	3 ~ 2%	3,62% min	Alta impureza, óleo impuro.
Teste (3)	115° C max	3 ~ 2%	Em análise	Baixa impureza, óleo puro.
	115° C max	5 ~ 4%		

1) Amostra de óleo extraída quando apresentou a melhor condição; alterando-se as condições de temperatura e umidade.

2) Cozimento sob pressão significa aquecimento em condições fechadas. Libera-se o calor quando a temperatura atinja 125° C e, após isso realiza-se a secagem a temperatura constante, até que a temperatura mínima atinja algo próximo a 115°C.

3) Com relação ao grau de pureza e transparência do óleo, diferem de acordo com matéria prima e condições de temperatura, não podendo ser classificados.

Óleo virgem obtido por prensagem – Análise geral (óleo bruto – teste 1)

Umidade %	Impureza %	S.V.	A.V.	I.V.	POV	USM %	LOV(1°) Y/R/B	N25P
0,39	7,25	186,9	12,68	104,9	3,45	4,13	40/8,0/4,4	1,4714

Fosfatídeo %	Orizanol %	Tocofenol mg %	Tocotrienol mg %
1,59	1,59	58,24	63,99

Ácido Graxo – composição Cn%

C 14	C 16	C 16-1	C 18	C 18-1	C 18-2	C 18-3	C 20	C 20-1
0,40	16,66	0,20	1,90	42,13	33,76	2,40	0,95	0,95

Insaponificável – composição Esterol %

Campesterol	Estigmasterol	Citosterol
19,83	5,0	31,38

Tocoferol – composição Toco %

T	α - T	β - T	γ - T	δ - T	α - T3	β - T3	γ T 3	δ - T3
2,74	24,16	3,59	13,71	0,85	13,86	-	38,63	2,32

SELEÇÃO DO FARELO

Como vimos, o farelo de arroz proveniente de nossas indústrias vem acompanhado de grãos quebrados de arroz e do germe de arroz.

A separação dos grãos quebrados de arroz tem dois objetivos, o primeiro é facilitar a extração do óleo, visto que estes grãos, além de não conterem óleo, dificultam as operações de extração, causando entupimento nas telas da prensa (*expeller*). O segundo objetivo é o controle do setor de brunimento do arroz. Um pequeno furo ou corte em uma tela de brunidor pode causar um enorme prejuízo, pois muitos grãos de arroz são levados junto com o farelo.

Já a separação do germe de arroz se faz necessária pelo maior valor deste produto.

O sistema indicado é a utilização de um ciclone de decantação, seguido de uma separação por peneira vibratória circular especialmente desenhada para este fim.

EXPLANAÇÃO SOBRE A INDUSTRIALIZAÇÃO DE ÓLEO DE ARROZ

Geralmente a extração de óleo de arroz é feita com o uso de um solvente chamado hexano. Neste estudo propomos plantas de extração com capacidade para a industrialização de 500, 1000 e 2000 kg/hora, pelo sistema natural de prensagem mecânica, sem a utilização de solventes.

O conteúdo de óleo no farelo de arroz esta por volta de 20%. Se o percentual de umidade for elevado, a extração mecânica é dificultada. Por este motivo, o material empregado necessita ser “cozido” e seco até um nível de umidade que fique entre 3 e 6%. Neste processo, tanto cozimento como secagem são feitos pelo uso indireto de vapor.

O percentual de óleo não retirado pelo processo mecânico de prensagem pode ficar até 10 %, enquanto o óleo residual em um farelo tratado por solvente fica em um máximo de 1%. O menor investimento, a redução dos riscos de uso de solventes e a qualidade final do óleo obtido justificam a utilização do processo natural de prensagem.

EXPLANAÇÃO SOBRE OS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

1. Silo de matéria prima: É o silo de armazenamento do farelo a ser processado;
2. tostador: esta máquina inativa as enzimas ao mesmo tempo em que reduz a umidade do farelo. Trabalha a uma pressão de 3kg/cm², sob constante agitação, a uma temperatura de 120°C gerada por camisa de vapor;

3. silo de *tempering*: neste silo, o farelo tratado descansa por algum tempo para a homogeneização da umidade;
4. secador: é um equipamento com estrutura semelhante à do tostador, porém sem o uso de pressão. Neste equipamento, a umidade do farelo é reduzida para 3-6%;
5. prensa: neste equipamento, o farelo é prensado mecanicamente para a separação do óleo através de uma tela metálica;
6. tanque de óleo virgem: é o tanque em que o óleo proveniente da prensa e ainda com resíduos de farelo é armazenado para posterior filtragem;
7. filtro prensa: trata-se de um filtro de placas, onde são retirados os resíduos de farelo do óleo virgem, gerando o óleo cru;
8. silo de farelo desengordurado: é o silo onde o farelo desengordurado oriundo da prensa fica armazenado;
9. equipamentos auxiliares: transportadores de correntes, elevadores, bombas de óleo, caldeira para geração de vapor e moinhos são equipamentos auxiliares que fazem parte deste projeto.

PRODUÇÃO DE ÓLEO DE ARROZ POR PENSAGEM X EXTRAÇÃO POR SOLVENTE

Como foi visto anteriormente, a totalidade das indústrias de óleo de arroz existentes no Brasil utilizam o método de extração por solvente (hexano). Este método tem um poder de extração superior ao de prensagem, deixando um percentual de apenas 1% de óleo no farelo após a extração. No entanto, este é o único fator favorável e este método. O sistema que propomos apresenta as seguintes vantagens:

- Investimento significativamente menor;
- possibilidade de produção a partir de pequenas quantidades de farelo;
- possibilidade de instalação junto à indústria de arroz, utilizando os mesmos funcionários;
- segurança pela não utilização de hexano;
- produção de óleo de arroz virgem de maior valor nutricional e mais econômico;
- instalação de pequeno porte, que ocupa menor espaço físico.

A UTILIZAÇÃO DA CASCA DE ARROZ PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

José Neumário Farias Vieira¹

INTRODUÇÃO

Seguindo uma tendência mundial, nos últimos anos tem havido o endurecimento da legislação ambiental no Brasil, que força o desenvolvimento de soluções para o problema dos resíduos do beneficiamento do arroz. Soluções de utilização têm sido desenvolvidas ao longo dos anos. A casca tem servido de fonte de energia para a geração de vapor e, mais recentemente, de energia elétrica. Em qualquer caso, gera-se um outro resíduo: a cinza.

Buscando a solução destes problemas, a BK-Energia construiu em Uruguaiana-RS um projeto pioneiro no hemisfério sul de geração de energia elétrica e vapor, usando a casca de arroz como combustível e tendo como subproduto a sílica amorfa. A sílica, sob esta forma, tem utilidade como isolante térmico de alta performance para siderurgia.

O processo basicamente consiste em triturar a casca, queimando-a sob condições controladas de temperatura e tempo de residência na fornalha, de forma que a estrutura original da casca não seja alterada, mantendo a estrutura amorfa da sílica. O calor resultante da queima é usado na geração de vapor (440 °C 42 Kgf/cm²) que, por sua vez, movimentada uma turbina gerando 8 MW de energia elétrica, suficiente para alimentar uma cidade de 80 mil habitantes.

Esta tecnologia de queima foi adquirida da empresa Agriletric Power. nos Estados Unidos, desenvolvida a partir de uma necessidade de atender às normas ambientais americanas, uma vez que a queima de casca de arroz produzindo sílica cristalina é proibida nos Estados Unidos, em função da possibilidade de riscos à saúde em caso de exposição prolongada à mesma (ao contrário da amorfa, produzida pela BK, cujos estudos do governo americano comprovam ser muito melhor assimiladas pelo organismo)

A atividade da BK Energia vem suprir uma lacuna na cadeia produtiva do arroz e o problema ambiental decorrente: o que fazer com a casca resultante do beneficiamento? Para se ter uma idéia da dimensão do problema, a BK Energia consome cerca de 10 toneladas de casca por hora em seu processo produtivo, representando cerca de 80.000 toneladas/ ano de casca. Isto equivale a 550.000 m³, suficientes para cobrir 173 campos de futebol com uma camada uniforme de meio metro de altura. Com as

¹ Gerente Industrial da BK Energia.

atividades da BK Energia, toda essa casca passa a ter um destino adequado, com a queima sob condições controladas de temperatura e tempo de residência na fornalha. E a cinza resultante desta queima torna-se um produto usado na indústria de refratários para siderurgia, sendo comercializada ensacada e paletizada para os mais diversos pontos do país.

Além disso, é importante citar que a utilização de biomassa para a geração de energia elétrica tem sido incentivada internacionalmente, inclusive no protocolo de Kioto, como uma forma de reduzir o efeito estufa ocasionado pela queima de combustíveis fósseis. A queima de casca tem resultante zero na quantidade de CO₂ da atmosfera, devolvendo o carbono retirado pela planta no seu ciclo vital sem a introdução de novas quantidades de carbono de outros ecossistemas.

Desta forma a BK-Energia dá um destino aos resíduos do beneficiamento do arroz, gerando energia elétrica para suprir uma pequena cidade e ainda vapor para secagem e parboilização e secagem do engenho anexo, usando um combustível renovável.

Painel 2: Exportação de arroz

José Garcia Gasques¹

Este trabalho que vamos discutir envolve várias cadeias além do arroz. As baixas taxas de crescimento da economia brasileira registradas nos últimos anos têm reacendido as discussões sobre os caminhos do crescimento. Este ponto é bem marcante em um livro editado em 2002, intitulado: "Políticas para a retomada do crescimento". Para a elaboração deste livro foram entrevistados cerca de 30 economistas brasileiros de diferentes tendências e o que se pode perceber é que há uma unanimidade entre os autores de que a questão externa é um fator chave para o crescimento. Este trabalho, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), analisa diferentes indicadores sobre competitividade da agropecuária brasileira. Quando se analisa a competitividade da agricultura brasileira, observa-se que a definição na literatura sobre o comércio internacional é bastante rica e esta aponta que a baixa competitividade das firmas pode ser derivada de questões macroeconômicas que podem afetar esta competitividade, tais como juros, incentivos tributários, etc. Percebe-se também que competitividade é um conceito relativo que leva em conta tanto a questão interna quanto a externa. Pode-se dizer, por exemplo, que quando ocorre o crescimento da agricultura a uma taxa superior à taxa de crescimento da economia, entende-se que a agricultura está ganhando competitividade em relação à economia. Em 2001, por exemplo, a agricultura cresceu 5,1% e a economia cresceu apenas 1,5%, isso significa que a agricultura tem sido mais competitiva que a economia. Existem autores que colocam que um setor se torna competitivo como a indústria ou a agricultura quando ele ganha posição no mercado internacional. Segundo dados do IPEA, as políticas são decisivas para a questão da competitividade, às vezes o país é competitivo mas as políticas acabam afetando esta competitividade, fazendo com que este perca sua competitividade em alguns produtos.

Foram construídos vários indicadores para analisar a competitividade da agricultura brasileira ou a competitividade das exportações. Um deles foi a posição no mercado mundial, considerado importante indicador. Foi, ainda, analisada a participação do saldo comercial dos produtos no PIB, a participação do saldo comercial dos produtos na média da troca, a participação do comércio de um produto no total de produtos agrícolas comercializados e, finalmente, o indicador de vantagem comparativa. Foram trabalhados cinco indicadores sendo um deles de posição no mercado mundial, mais o indicador de competitividade externa e, os demais, de competitividade interna.

Pesquisador do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Para realização deste trabalho foram analisados 33 países, inclusive o Brasil, extraídos de uma relação de 102 países, considerando a importância dos países, sendo aqueles que apresentam maior participação no comércio mundial de produtos agropecuários. Foram utilizados, nessa análise, dados da ONU que permitiu a comparação dos diversos produtos e de diversos países, porém, esta comparação ficou um pouco limitada porque os dados não são atualizados, foram considerados dados até o ano de 1998. Foram trabalhados 23 produtos, dentre os quais o arroz que é o tema deste evento.

Este trabalho foi dividido em três partes:

Primeiramente, serão apresentados os resultados das comparações entre os países para vários produtos, como:

- a) Açúcar: ocupam melhores posições no mercado mundial, Brasil, Cuba e Tailândia.
- b) Arroz: crescimento acentuado nos indicadores do Uruguai com a participação do produto no PIB Uruguai e sua participação na média das socas que o país realiza. Pôde-se observar que os Estados Unidos que não possui tradição na produção do arroz, tem melhorado sensivelmente sua posição no mercado mundial. A China como produtora tradicional também tem melhorado sua posição no mercado mundial.
- c) Café: este produto não vai muito bem, apesar de ser um importante produto na formação do saldo de vários países. É um produto cujos indicadores não são bons em termos de mercado mundial.
- d) Carnes (frescas, congeladas e resfriadas): Nova Zelândia é o país com melhor posição no mercado mundial. Há uma tendência de perdas da importância das carnes nos principais países produtores causadas por doenças como, por exemplo, a vaca louca.
- e) Frutas e Nozes: é um produto onde poucos países têm vantagem comparativas. Países tradicionais como a Espanha têm perdido vantagem e países mais novos como o Chile tem ganhado vantagens relativas.
- f) Frutas preservadas e preparadas: onde entra o nosso suco de laranja. Nota-se que os únicos países que apresentam vantagem comparativa são: Alemanha, Bélgica, Brasil e Tailândia, apesar das barreiras encontradas nesse grupo de produto.
- g) Milho: a melhor posição mundial é dos Estados Unidos. Poucos países têm vantagens comparativas com relação ao milho, e talvez fosse o caso de o Brasil investir mais em pesquisa nesse produto.
- h) Peixes Frescos: Noruega é o principal produtor. Grandes países como Canadá e Estados Unidos têm melhorado muito a posição no mercado mundial. Porém, poucos países têm vantagem comparativa, dentre eles encontram-se o Chile, a Dinamarca, a Espanha e o Canadá.

i) Sementes e Óleos: Soja em grão é o principal produto. As melhores posições são dos Estados Unidos e do Brasil, está aumentando muito a importância na China e Argentina sendo esta, tradicional produtor. Quando se toma os indicadores para o Brasil, nota-se que o país tem uma boa posição no mercado mundial, de açúcar, café, carne, fumo, suco de laranja e soja, porém, há uma questão preocupante pois o Brasil está perdendo posição no mercado mundial para produtos importantes como café, cacau, fumo e suco de laranja.

Felizmente tem-se ganhado posição no mercado mundial com relação a outros produtos como a carne, o açúcar, e a soja, o país tem melhorando bastante a posição com relação às carnes.

Tem-se observado, por outro lado, uma redução da importância dos derivados da soja, no mercado interno tanto do farelo como do óleo bruto.

Outro ponto a discutir foi uma comparação feita do ano de 2001 com 2000, onde se verifica que o ano de 2001 foi muito bom e todos os indicadores mostram que tivemos uma boa posição no mercado interno como no mercado internacional, para os principais produtos, com exceção do café e suco de laranja e, em alguns casos, o cacau.

Alguns problemas foram identificados no comércio internacional do mercado agropecuário. As exportações brasileiras estão concentradas em pequenos grupos de produtos, apesar de ter mudado mas temos aproveitado muito pouco aqueles nichos de mercado para apresentar produtos diferenciados. Temos enfrentado problemas sérios em barreiras comerciais o que causa efeitos negativos na economia e representa um grande desestímulo ao comércio exterior de qualquer setor.

Outra questão que tem sido enfrentada no comércio exterior de produtos agropecuários é que as cadeias produtivas têm sido muito afetadas por diferentes políticas como: política tributária, juros e encargos sociais. Algumas cadeias têm margem líquida muito pequena, como é o caso do leite, do açúcar, do álcool, da soja e do algodão, se situando no limite, onde qualquer mudança nessas políticas podem inviabilizar completamente essas cadeias cujos produtos são muito importantes para a agricultura brasileira.

Têm-se, ainda, enfrentando problemas nas exportações de produtos agropecuários a despeito de mudanças que têm ocorrido em relação a financiamentos para a agropecuária, tanto na parte externa como interna. Falta capilaridade no sistema de crédito interno, não atendendo a diversificação de nossos produtos e a diferentes agentes produtores que possui a economia brasileira e é um sistema que apresenta alta concentração do risco no produtor. Há uma ausência de mecanismos de seguros de modo que se possa fazer uma redistribuição de riscos e também a questão dos custos do crédito rural que são bastante altos, sendo os mais altos em relação aos países nossos concorrentes. Obrigado.

Quando se fala em exportação de arroz enfrentamos uma série de problemas que já foram referidos na palestra anterior, no entanto, tivemos o cuidado de trazer aqui alguns números que são enfáticos em demonstrar que ao menos em nível de sonho, de programação, de trabalho, podemos ter a pretensão de nos incorporarmos no mercado internacional do arroz.

A produção industrializada nas últimas três safras cresceu, em relação a 1999, 97% ao passo que o consumo subiu 102%, causando uma diferença de 5% entre o aumento da produção industrializada do produto em nível mundial e do consumo em nível mundial. Tem-se, por conseqüência, um déficit na safra 2001/02 de 10 milhões de toneladas, lembrando que o mercado internacional de arroz é habitualmente entre 20 a 25 milhões de toneladas, é um mercado pequeno, até porque os grandes produtores de arroz, também são grandes consumidores do produto e, por conseqüência, o mercado internacional não é um mercado significativo, mas nota-se que os números de 10 milhões de toneladas significam praticamente a metade do mercado internacional que tem de déficit em relação ao aumento da produção e ao aumento do consumo mundial. Existem países que aumentarão a produção de arroz industrializado em relação a safra passada, como Bangladesh e outros, isso dará um somatório de, aproximadamente, 7 milhões de toneladas, cujo aumento de produção não cobrirá sequer o déficit existente entre produção e consumo de arroz em nível mundial. Haverá, também, países que diminuirão a produção de arroz industrializado, a exemplo da China que deverá diminuir 5 milhões de toneladas, com isso, o somatório em torno de 8 milhões de toneladas de diminuição, aumentando portanto algo em torno de 2 milhões de toneladas que ficará acrescido ao déficit mencionado anteriormente. Nota-se que a China tem uma significativa parcela na diminuição da produção de arroz industrializado a exemplo de outros países como Japão que é importador e especialmente em nosso caso, a Tailândia que, como se sabe, é um grande concorrente em nível internacional do produto. Existem países que baixarão sensivelmente as suas reservas de arroz industrializado. A China baixará 9.800.000 de toneladas, a Indonésia 1.186.000 toneladas e a Tailândia 250.000 toneladas e isso, com certeza, fará com que se diminua sensivelmente suas reservas de arroz industrializado, seus estoques de arroz, obviamente quem baixa seu estoque, mais cedo ou mais tarde terá necessidade de repor para o consumo em algum lugar. Tem-se também alguns países que já aumentarão seus estoques do produto conforme pode ser visualizado nas Tabelas.2 e 5.

¹ Presidente da Federarroz e da Abrarroz.

Trataremos agora desse produto no Mercosul, temos a necessidade pra não dizer que temos a obrigação de vislumbrarmos o mercado internacional, nós brasileiros que praticamente, a rigor, há cerca de 30 anos não exportamos arroz, exportamos sim, meu caro representante da Secretaria de Comércio Exterior, algo em torno de 30.000 toneladas o que é considerado insignificante em relação à potencialidade que temos em nível de produção e de consumo. Temos os nossos vizinhos no Uruguai e na Argentina e aí nós temos o balanço de oferta e demanda no Mercosul onde a fonte é a Secretaria de Política Agrícola (SPA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que aponta um estoque final, na safra 2001/02, naturalmente em nível de bloco econômico, de 1.893.000 toneladas de arroz, sendo para consumo 12.000.000 de toneladas dessas quase todo o consumo do bloco é no Brasil, embora na produção o Brasil tenha algo em torno de 11.000.000 de toneladas, a produção vem 1.500.000 de toneladas acima do produção do Brasil.

Diante disso, e considerando que há 30 anos não exportamos arroz, considerando ainda que a partir do advento do Mercosul tivemos no arroz Uruguaio e no Argentino o aspecto prático nacionalizado, temos que pensar em exportação de arroz e mais do pensar em exportar é pensar em exportação de arroz em bloco, temos que trabalhar como cadeia produtiva, cadeia produtiva não apenas no Brasil, mas uma cadeia produtiva do Mercosul, onde possamos enfrentar o mercado internacional não exclusivamente como Brasil, não exclusivamente como Uruguai, não exclusivamente como Argentina, não de uma forma que venhamos, como já ocorreu em anos passados, a nos debater e nos enfrentar no mercado internacional fazendo com que par-a-par cada um perca uma fatia desse mercado em razão da concorrência. Temos que nos estruturar e nos organizar para, em conjunto, tentarmos uma exportação de arroz em nível de bloco. A final de contas ao mundo globalizado interessa a cadeia produtiva, uma cadeia produtiva formada por produtores, pesquisadores, industriais, cooperativas, comerciantes, fornecedores e pelo varejo; uma cadeia produtiva onde o governo federal, de quaisquer países, não apenas o Brasil, negocia a comercialização, a política agrícola, a exportação e a importação. Com isso, nós que temos no Brasil uma produção de 11.000.000 de toneladas de arroz e um consumo de 11.700.000 toneladas, esse diferencial, cerca de 700.00 toneladas, nós da cadeia produtiva do arroz do Brasil estamos procurando juntamente dividir as responsabilidades, já dissemos isso na abertura desse congresso, com os nossos companheiros do Uruguai e com os nossos companheiros da Argentina, para que haja um respeito a esse teto mercadológico, não há como, e todos nós sabemos disso, desconhecer o teto mercadológico, pois se o arroz do Uruguai e da Argentina têm ingresso facilitado no Brasil porque o nosso mercado é melhor e maior, os Uruguaio e os Argentinos, e é para isso que estamos lhes convidando e lhes convocando, têm que dividir conosco esta responsabilidade do teto mercadológico, têm que saber

que o nosso consumo tem limite, e tem um teto e não se pode colocar no mercado, isso é uma lição básica de qualquer assunto de mercado ou de mercadologia, algo superior ao que se tem de demanda, a oferta tem de ser, na pior das hipóteses, igual a demanda, então, com isso, queremos, que os companheiros Uruguaios e os companheiros Argentinos dividam conosco sim, essas 11.7000.000 toneladas de consumo, mas dividam com a responsabilidade de saber que temos este limite, isso é fundamental e dividam mais, dividam conosco a responsabilidade de nós, a partir do momento de termos um mercado único, um mercado do Mercosul tenhamos as condições de entrar no mercado internacional em conjunto com o Uruguai, em conjunto com a Argentina, respeitando os negócios, os mercados, mas sem dúvida usando a potencialidade comercial que tem o Brasil, uma potencialidade comercial que se espalhe pelo Mercosul.

Temos aqui o nosso companheiro do Uruguai, que temos muito carinho e muito respeito, não apenas por ele, mas todo o país, mas o Uruguai é um país pequeno em nível internacional, aliás tem uma competência incrível, tem 63 clientes internacionais, agora, sem dúvida, é muito mais adequado se conseguirmos em conjunto, ajudando o Uruguai quem sabe para fazer escambo internacional apenas para dar um exemplo, como o Oriente Médio trocando por petróleo, é muito mais fácil o Brasil absorver a eventual moeda de troca do que o Uruguai que tem uma superfície geográfica menor que a brasileira e, sem dúvida, uma população menor que a brasileira.

É esse exercício meus caros amigos Uruguaios e Argentinos, meus caros amigos do governo que estamos tentando há algum tempo realizar, estamos tentando dividir responsabilidades mercadológicas, dividir nosso mercado e vislumbrar mercados futuros e estamos fazendo isso justamente porque temos a experiência no Brasil de uma cadeia produtiva que gradativamente se organiza. Todos sabemos que o Rio Grande do Sul (RS) é o maior produtor de arroz, plantou 5.380.000 toneladas, representa 49.44% da produção nacional sendo que 50% são dos outros estados.

Em nível de consumo nacional, o RS atende 43.86% e os demais estados 56.14%, pois bem, essa dicotomia, essa situação onde o RS aparentemente é auto-suficiente e o que o RS resolvesse estava resolvido em nível de Brasil, embora os números mostrem que maior parte já não está mais no RS, conseguimos e estamos conseguindo superar criando, no Brasil, a Abarroz, que procura justamente manter a congregação da cadeia produtiva, manter a união da cadeia produtiva e junto com isso frente ao governo e frente ao mercado procurar solidificar e fazer com o que o arroz seja cada vez mais importante. E é isso meus caros amigos do Uruguai e Argentina que estamos propondo em nível de Mercosul, para que possamos absorver essa fatia de mercado que é possível que possamos aspirar absorver e para isso é fundamental que nós brasileiros venhamos a nos preparar, mas fundamentalmente que nós Mercosul tenhamos uma mentalidade pura, uma mentalidade pró-ativa, uma mentalidade positiva, uma mentalidade de união. Muito obrigado.

Tabela 1. Nível de ganho – nível de trabalho.

Item	Anos			c/ relação a 1999
	1999/00	2000/01	2000/02	
Produção Industrializada	408.693	397.334	396.528	97%
Consumo	398.110	404.227	406.907	102%
Ascendente	10.583	-	-	
Déficit	-	6.893	10.379	
Estoque Mundial	143.879	136.986	126.607	88%

Tabela 2. Países que aumentarão a produção de arroz em relação a safra passada.

Países	Produção (em toneladas)
Bangladesh	414.000
Índia	5.129.000
Coréia do Sul	224.000
Filipinas	487.000
União Soviética	727.000

Tabela 3. Países que diminuirão a produção de arroz em relação a safra passada.

Países	Produção (em toneladas)
Austrália	365,00
China	5.336,00

Tabela 4. Países que baixarão sensivelmente suas reservas de arroz industrializados.

Países	Produção (em toneladas)
China	9.800,00
Indonésia	1.186,00
Tailândia	250.00

Tabela 5. Países que já aumentarão a produção industrializado.

Países	Produção (em toneladas)
Índia	1.000.000
Coréia do sul	460.000
Filipinas	272,000
USA	410.000

Tabela 6. Safra de arroz no Mercosul.

Item	Anos				
	1997/88	1998/99	1999/2000	2000/01	2001/02
Estoque inicial	1.236.00	198,50	1.643,10	2.158,30	1.937,60
Produção	10.558.70	14.551.10	13.605.30	12.340.00	12.592.30
Importação	2.007.00	1.407.30	1.013.70	1.076.50	865.30
Suprimento	13.892.60	10.158.90	10.267.10	15.572.80	15.395.20
Consumo	12.178.00	12.208,30	12.202.00	12.202.00	12.202.00
Exportação	1.523.70	2.302.50	1.908.80	1.433.20	1.300.00
Estoque Final	198.50	1.643.10	2.158.30	1.937.60	1.893.20

Gonçalo de Oliveira¹

Atualmente a situação do Uruguai está incerta e instável, porém, existe uma discussão entre o sindicato arroseiro e o governo, sendo que as atividades referentes às safras do arroz são bastante intensas com o governo.

Nos dias de hoje, o Uruguai é o único país exportador de arroz no mundo sendo 100% para exportação. Este é um dos pilares da economia do país, portanto, somos chamados de mosca branca, como nos identifica Sadan Russen e, na parte de preços somos as ovelhas negras.

O Uruguai vê como único objetivo de exportar arroz. Isto faz sentir uma diferença muito grande frente às exigências do mercado internacional. O país está concordando com a iniciativa do Brasil para integrar-se com o Mercosul, sua necessidade de exportação, visando assim, evitar as pressão internas que vivemos atualmente entre os países.

O Uruguai iniciou suas atividades como exportador de arroz desde 1935. Desde a década de 60 nosso país direciona sua exportação em 90% sendo para todo mundo, menos para o Brasil. Afinal, na década de 90, o Uruguai, através do Mercosul, faz uma corrente exportadora para o Brasil, o que se criou um Brasil dependente.

De 1999 até hoje esta dependência do Brasil está reduzindo atingindo a 50% de exportação para o Brasil.

O Uruguai continua aprimorar a qualidade do produto para conseguir atingir as metas de exportação.

Segundo os pesquisadores internacionais que só pensam na qualidade do arroz largo e fino, para nossa opinião a qualidade é uma só. Mantendo a política de exportação viável e prática.

Não temos só um tipo de arroz.

¹ Pesquisador do ACA do Uruguai.

Não temos atualmente ação rápida para procurar variedade de arroz no mercado internacional.

Temos uma cadeia ativa de produtor até o navio de embarque para permitir uma rápida ação de atendimento do mercado internacional sendo eficientes e harmônica já que existem países tão longe como o Médio Oriente.

Na década de 90 com a abertura do mercado brasileiro formou-se uma corrente muito importante do produtor ao importador.

Que praticamente retirava o arroz com casca e o sistema funcionava muito bem, atualmente esta linha se tornou inviável por não ter capacidade de competir no mercado internacional esta corrente é indispensável pois atualmente está sendo influenciável por forças que não são do mercado.

Por exemplo, grandes países como os Estados Unidos que gera grandes subsídios, por força das barreiras de exportação, sendo que Uruguai tem uma fatia muito pequena para competir com grandes exportadores.

Portanto, devido à competitividade do sistema não assegura conseguir maior abertura do mercado.

A única ferramenta que temos para trabalhar é ter uma corrente onde o produtor utiliza uma tecnologia com o mínimo custo possível para continuar no mercado internacional.

As ações de exportação que podemos ter são fundamentais e só depende de nós para adaptarmos neste mercado.

Uruguai hoje esta numa situação muito difícil devido aos preços internacionais, onde o mercado está sendo impactado.

São quatro anos consecutivos que os preços não cobrem os custos de produção.

O setor tem conseguido sustentar-se com grande esforço e impacto tecnológico, reduzindo seus custos em toda cadeia produtiva.

A situação está, com incerteza, devido o sistema bancário que está passando por um momento difícil, já que o sistema de crédito para o agricultor será muito limitado.

Em médio prazo, as mudanças realizadas têm permitido e favorecido aos exportadores, o que nos gera uma expectativa de melhoria em curto prazo para mantermos como país exportador.

Obs.: As palestras deste painel foram transcritas de gravação.

Painel 3: Redução de custo em lavouras de arroz

REDUÇÃO DE CUSTOS EM LAVOURA DE ARROZ

Ivo Mello¹

A redução de custos de processos produtivos na época em que vivemos, mais do que uma necessidade, é uma obrigação. Os artificialismos econômicos que a parte mais rica do planeta se deu ao luxo de investir nas décadas seguintes à segunda grande guerra, como forma de manter a dicotomia dialética capitalismo *versus* comunismo, buscando cada lado hegemonia econômica durante o período em que vivemos a guerra fria, deixaram o setor empresarial dos países emergentes crivado de vícios característicos da época. Um bom exemplo foram os subsídios que dificultaram a adaptação dos diversos setores da economia à nova ordem mundial a partir do advento da globalização e do neoliberalismo no final do século passado,

O medo da falta generalizada de alimentos propagada pela teoria Malthusiana no século XIX também cedeu espaço para outros interesses agregados de variáveis político-econômicas ligadas à revolução verde da era industrial na segunda metade do século XX, que impregnaram o mundo mais rico com hábitos de consumo de certa forma extravagantes. Se, por um lado, garantem a sobrevivência tranqüila das populações daqueles países, por outro pecam por falta até mesmo de ética quando, segundo o recém-falecido ambientalista José Lutzenberger, um habitante do hemisfério norte em média consome 70% de sua alimentação na forma de proteína animal, sendo esta resultado da transformação de energia e proteína vegetal que poderiam seguramente, com sobra, alimentar todos os habitantes do planeta que por vários motivos não têm acesso a uma alimentação em quantidade e qualidade necessárias ao seu desenvolvimento saudável, sem prejudicar a qualidade da dieta das populações dos países desenvolvidos.

Por tudo isto, um processo produtivo de sucesso passou a ser resultado de uma equação em que o lucro é apenas uma das condições de manutenção da atividade empresarial saudável.

¹ Engenheiro Agrônomo, Presidente da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha; Presidente da Fundação Maronna – Alegrete/RS e Administrador de Produção Orizícola da Fazenda Cerro do Tigre – Alegrete/RS

Como forma objetiva de resumir esses desafios impostos aos agroempreendedores do mundo, um movimento denominado Global Action em 1993 emitiu um conceito de Agricultura Sustentável que diz o seguinte: “a agricultura é sustentável quando é ecologicamente equilibrada, economicamente viável, socialmente justa, culturalmente apropriada e fundamentada em conhecimento científico holístico”.

A partir deste conceito bastante genérico mas com vários desafios a serem enfrentados, nosso setor agroempresarial vem demonstrando que aprendeu a lição, e está mostrando através de vários resultados, como aumento gradativo de produção e garantia de superávit de nossa balança comercial, que pode ser competitivo independente de subsídios, como ocorreu até o final dos anos oitenta do século passado.

Sem dúvida, uma ferramenta que contribuiu demais para alcançar tais resultados foi o sistema plantio direto. Na sua curva de adoção, desde que iniciou há trinta anos (1972), o aumento significativo de área coincide com o final dos subsídios para a agricultura brasileira.

O sistema plantio direto diminui instantaneamente, a partir de sua adoção, o consumo de energia fóssil de uma cultura. A manutenção de restos culturais sobre a superfície do solo contribui para diminuir a quantidade de carbono livre na atmosfera. Uma maior quantidade de carbono sob forma de matéria orgânica, nas suas diversas fases, nas camadas superficiais dos solos, associada a uma prática de rotação de culturas, incrementa a biodiversidade dos ecossistemas onde estamos cultivando grãos, possibilitando melhores condições para manejo integrado de pragas e conseqüente diminuição de inseticidas e fungicidas. Essas ações além de diminuir o custo de produção de uma lavoura, contribuem para a diminuição do efeito estufa do planeta na medida em que transformamos nossos solos em sumidouros de carbono.

Na Fazenda Cerro do Tigre, em Alegrete/RS, a partir da adoção do sistema plantio direto em arroz irrigado (desde 1983/84), e da adoção por 14 anos do manejo integrado de pragas, chegamos a resultados que se alinham com o conceito de agricultura sustentável. Podemos afirmar isto porque nossos índices de produtividade se mantiveram nos patamares médios da região, mas diminuímos de forma radical a utilização de inseticidas e fungicidas, ao ponto de nas últimas nove safras desde o ano 1993, não aplicarmos uma gota sequer desses produtos. A quantidade de ingrediente ativo por área de herbicida foi reduzida a menos de 50% em relação ao que era utilizado anteriormente. A biodiversidade de nossa área de lavoura seguramente foi incrementada, pois constatamos o retorno de várias espécies de aves, peixes e mamíferos que haviam desaparecido nos anos 70 e 80. Todos estes argumentos contribuem para que nosso sistema de produção tenha tendência de ser ecologicamente equilibrado.

No que diz respeito a ser economicamente viável, que é o tema principal desta discussão, temos como resultado das últimas quatro safras custos de produção bastante compatíveis com o mercado, facultando uma receita operacional favorável.

Custo de produção em R\$ por sacco de 50kg arroz casca Fazenda Cerro do Tigre e preço médio de comercialização do ano em questão:

Saфра		Mercado	
98/99	R\$ 10,60	98/99	R\$ 12,50
99/00	R\$ 11,20	99/00	R\$ 13,00
00/01	R\$ 12,40	00/01	R\$ 15,00
01/02	R\$ 13,60	01/02	R\$ 17,00

Com relação a ser socialmente justo, entendemos que estamos no caminho, pois a continuidade de um empreendimento sadio faculta a manutenção de postos de emprego com qualidade de condições de trabalho para vários(as) gestores(as) de famílias.

Entendemos que estamos dando alguns passos no sentido de construir meios para atingirmos esta grande meta: Agricultura Sustentável, mas os desafios são dinâmicos e se transformam a cada dia que passa com a evolução natural da humanidade. Uma das vertentes que sugerimos para o futuro é que nosso sistema agroempresarial se capacite para cobrar parte da conta do serviço que estamos prestando para a comunidade mundial quando seqüestramos carbono, evitamos erosão diminuindo gastos com fertilizantes e potabilização da água para populações urbanas, aumentamos a vida útil de represas hidrelétricas, garantimos a manutenção da produtividade das culturas, evitando avanço da fronteira agrícola, contribuindo para manter a área florestal do planeta, etc... E tudo isto utilizando conhecimento mais holístico e respeitando a cultura local.

Gerenciar recursos naturais de forma que atendamos a nossas necessidades atuais e proporcionemos a manutenção destes para atender as demandas das futuras gerações é o grande desafio da humanidade e, neste momento histórico, o timão da agricultura está em nossas mãos. Por isto, mãos-obra!

REDUÇÃO DE CUSTOS EM LAVOURAS DE ARROZ IRRIGADO

Cristiane Mara Fiedler¹

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado no Estado de Santa Catarina tem grande importância sócio-econômica, pois são aproximadamente 10.000 famílias que estão envolvidas nessa cultura, especialmente pequenos produtores, que cultivam em torno de 130.000 hectares com produtividade de 7,0 ton/ha (ICEPA, 2001). Ao se analisar o desempenho dessa atividade no Estado, nota-se que o seu desenvolvimento vem apresentando acréscimos significativos, tanto em nível quantitativo como qualitativo.

Os principais fatores responsáveis por estes níveis foram o desenvolvimento de novas cultivares de arroz irrigado, melhorias nos sistemas de preparo e manejo de solo e água, adubação, controle fitossanitário e a utilização de sementes de melhor qualidade.

Mais especificamente na Região do Litoral Norte do Estado, no município de Massaranduba, onde se localiza a Cooperativa Juriti, o cultivo do arroz irrigado é realizado há mais de 80 anos, e as primeiras arrozeiras foram sistematizadas a mão, pois nessa época o produtor retirava o solo dos barrancos, jogando-o nas áreas mais baixas (banhados) e tentava nivelar a área da melhor forma possível, preparando o solo para o plantio. Com o passar dos anos, os agricultores foram adaptando implementos como, por exemplo, as zorras, equipamentos que eram puxadas por tração animal. Posteriormente foram surgindo os microtratores, tratores, as máquinas de transplântio de mudas oriundas do Japão e as trilhadeiras adaptadas aos microtratores. Este processo evoluiu e podemos relatar que nos anos 80 apareceram os primeiros tratores e as grandes colheitadeiras para o trabalho nas áreas irrigadas.

A região do Litoral Norte Catarinense possui em torno de 20.000 hectares, produzindo aproximadamente dois milhões e oitocentas mil sacas de arroz, tendo nesta atividade a sua principal fonte de renda. Uma das características da região são as pequenas propriedades agrícolas em que a mão de obra basicamente é familiar, permitindo uma produção mais qualificada e maior renda ao produtor. Esta maior renda do produtor gera uma maior lucratividade das pequenas e médias propriedades, que têm buscado em tecnologias alternativas ligadas aos

¹ Engenheira Agrônoma, Responsável técnico da Cooperativa Juriti, SC.

novos resultados de pesquisa diminuir o custo das suas lavouras. Um exemplo disso seria a utilização de marrecos para o controle do arroz vermelho. Também se tem observado o interesse contínuo de alguns produtores por técnicas que preconizam a diminuição de agroquímicos nas lavouras, buscando uma harmonia entre a produção de alimentos e o ambiente natural.

Porém, em comparação com outros Estados e regiões do país, a redução de custos em nossas lavouras deve-se basicamente a alguns fatores que poderíamos definir como sendo particularidades de nossa região: método de preparo do solo, maximização da produtividade das novas cultivares disponíveis e o potencial produtivo da soca dessas cultivares. Tampouco podemos descartar, como foi relatado anteriormente, a utilização de marrecos nas lavouras e a rizipiscicultura.

PREPARO DO SOLO

A utilização dos métodos de preparo de solo depende do tamanho da propriedade, do tamanho dos quadros, dos implementos agrícolas disponíveis e da infestação de plantas daninhas.

Em algumas propriedades, logo após a colheita faz-se a incorporação de restos culturais que favorecem a decomposição da matéria orgânica, a germinação das sementes caídas no solo e a eliminação de pragas e inóculos de doenças que permaneceram no solo.

Podemos dividir o preparo do solo basicamente em duas fases:

1ª fase: objetiva trabalhar a camada superficial do solo para formação da lama.

2ª fase: Nivelamento e Alisamento: consiste em nivelar o solo e deixá-lo pronto para o plantio.. Nesta fase também ocorre a abertura de sulcos ou valetas que servem como um mecanismo de drenagem.

No preparo do solo é importante salientar que a lâmina de água seja de 4-5 cm para que esta quantidade seja ideal para saturar o solo.

NOVAS CULTIVARES E SOCA

A partir do lançamento das novas variedades de arroz irrigado EPAGRI 108 e EPAGRI 109 houve um incremento da produtividade, devido principalmente às excelentes qualidades das variedades lançadas pela pesquisa, que mudaram todo o panorama de produção de arroz irrigado da região do Litoral Norte Catarinense, onde antes 90% da área eram cultivados duas vezes (dois plantios). Atualmente esta situação mostra-se invertida, em que praticamente 90% da área são cultivados com as novas variedades , com uma produtividade média de 200 sacas/ha.

As novas variedades, por serem de ciclo longo, não permitem o segundo plantio que era prática comum na região, porém, devido ao elevado potencial produtivo para produção de soca, esta prática vem sendo uma alternativa para aumentar a lucratividade das lavouras da região.

Dependendo do clima da região e do ciclo da cultivar, o produtor pode produzir em regiões subtropicais até duas colheitas e, na região tropical, até três. No entanto, cada plantio necessita de todo processo de preparo do solo até a semeadura. A produção da soca, que é a emissão de panículas após o corte dos colmos na primeira colheita, seria uma alternativa para reduzir este processo, porém a soca normalmente tem um rendimento inferior. Os novos perfilhos produtivos são formados a partir de brotos dormentes (desde que sejam viáveis) dos restolhos da primeira colheita, resultando em uma produção de menor custo e de curta duração (CHAUHAN et alii, 1985).

A produção da soca é uma opção para aumentar a produção e a renda, além de diminuir custos de produção. Como as áreas de arrozais são de monocultura e ficam ociosas durante um certo período, a maximização da produção de arroz através da soca é uma prática viável para o produtor. Essa atividade tem sido favorecida pelo clima da região, que permite utilizar no cultivo principal variedades de ciclo longo com alto potencial produtivo que, quando plantados até meados do mês de setembro, alcançaram produtividade de soca de até 80 sacas/ha.

Em observações realizadas durante os últimos quatro anos, conclui-se que, dependendo do clima, a produtividade das lavouras pode alcançar até 220 sacas/ha. Também se observou que, embora a soca produza com a simples irrigação, a produtividade é significativamente maior quando se realizam adubações, principalmente de Nitrogênio, que deve ser aplicado pelo menos até os 10-15 dias após a colheita e também neste período deve ser feita a irrigação dos quadros.

UTILIZAÇÃO DE MARRECO

A criação de marreco em arrozais vem crescendo anualmente na região do Litoral Norte de Santa Catarina e tem sido uma alternativa que permite aumentar a renda familiar, ocupando a terra de forma racional no período da entressafra do arroz.

A criação de marreco tem o objetivo de limpar as arrozais, eliminando as sementes de plantas daninhas e os insetos que permanecem na lavoura na entressafra, reduzindo a utilização de herbicidas e inseticidas. Os marreco também "adubam" uniformemente as lavouras, reduzindo o uso de fertilizantes e também diminuem os custos de preparo do solo.

RIZIPISCICULTURA

A criação de peixes em lavouras de arroz tem propiciado substanciais benefícios, tanto econômicos como ambientais, permitindo uma redução de gastos no preparo do solo, no combate às ervas daninhas e pragas, no uso de adubos e defensivos. Também melhora as condições físicas do solo e otimiza o uso da área no período pós-colheita. Proporciona a produção de proteína animal, aumentando o lucro do agricultor e diminuindo os impactos negativos sobre o meio ambiente, em especial na qualidade da água, pelo menor uso de defensivos agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSO-MOREL,D., ALTHOFF,D.A , DITTRICH,R.C- Soca de arroz irrigado: Adubação e épocas de semeadura. IN: Reunião da cultura do arroz irrigado, 1997. Anais...Balneário Camboriú,1997. p.176-176.

CHAUHAN, J.S, VERGARA, B.S., LOPEZ, F.S.S. Rice ratooning. IRRI Research paper series. The International Rice Research Institute, Philipines, 1985, 19p.

Instituto Cepa/SC. Arroz. Informe conjuntural, Florianópolis, V 15, n 637, abril/maio 2001.

ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DE CUSTOS EM LAVOURAS DE ARROZ EM VÁRZEAS TROPICAIS

Luis Antônio Teixeira¹

Para as condições tropicais, as experiências e os resultados promissores alcançados são aqui relatados, considerando o cultivo de arroz na Fazenda Xavante, no município de Dueré, no Estado do Tocantins. O sistema agrícola de várzea na propriedade é constituído do cultivo de arroz irrigado, no verão, período chuvoso; e, na entressafra do arroz, os cultivos de soja, cuja produtividade média está ao redor de 2.400 kg/há; e de milho, com cerca de 7.200 kg/ha. Na região, a presença de um período seco com a possibilidade de manejo da água dos canais e do lençol freático por subirrigação viabiliza também o cultivo do sorgo, algodão, melancia e feijão, superando a expressão econômica do arroz.

Em várzeas da região tropical, devido à menor incidência de pragas e de doenças na entressafra de arroz, a produção de grãos, como o feijão por exemplo, é obtida com menor uso de defensivos, sendo, portanto, considerados cultivos pouco poluentes. Isto possibilita a produção de sementes com menor incidência de patógenos, por conseguinte, com valor agregado para abastecimento das regiões produtoras tradicionais. Esta utilização intensiva das várzeas favorece o cultivo do arroz irrigado.

A seguir, são apresentadas as alternativas que viabilizam a redução do custo em lavouras de arroz:

Sistema de plantio

O arroz irrigado é cultivado em diferentes sistemas de plantio. No convencional, o solo é previamente revolvido antes da sementeira, mediante as operações de gradagens aradora e niveladora, sendo que o custo deste sistema corresponde a 6,7% do custo total de produção. No sistema plantio direto após soja, a sementeira é efetuada diretamente no solo não revolvido, antecedida ou seguida da aplicação de herbicida de ação total para controle das plantas daninhas e voluntárias. O seu custo corresponde a 3,0% do total. No cultivo mínimo o preparo é realizado com grade niveladora com antecedência de até 30 dias da sementeira, para promover a germinação das sementes de plantas daninhas e voluntárias, bem como para reduzir as irregularidades da superfície do solo provocadas pelas esteiras das colhedoras. Quando efetuada após a soja, o seu custo é em torno de 2,5% do total.

¹ Gerente da Fazenda Xavantes, município de Dueré – TO.

Manejo da água

Visando a minimizar a incidência de brusone na fase inicial de desenvolvimento da cultura, o cultivo de arroz é feito, preferencialmente, em áreas sistematizadas. Esta condição possibilita que a irrigação seja iniciada mais cedo, evitando-se o uso de tratamento de sementes com fungicidas sistêmicos, cujo custo equivale de três a quatro sacas de arroz. Assim, obtém-se uma redução ao redor de 5% em comparação com as lavouras que receberam sementes tratadas.

Adubação nitrogenada em cobertura

A adubação nitrogenada em cobertura é feita por aplicações terrestres, mediante distribuidores acoplados aos tratores com rodas de ferro. Esta forma de aplicação apresenta um custo de 10% da aplicação aérea. Isto possibilita uma redução de, aproximadamente, 7% no custo total de produção, comparativamente à aplicação por aviões.

Energia para irrigação

O uso de equipamentos de irrigação que utilizam energia elétrica gastam 2,6% do custo total, ao passo que com diesel, 12,0%. Isto representa uma economia de 9,44%, comparativamente.

Cultivares de arroz de terras altas

Outra alternativa que tem se mostrado interessante é a utilização de cultivares de arroz de terras altas, especialmente, em áreas novas, ainda não sistematizadas ou de mais difícil manejo da lâmina de água de irrigação. Essas cultivares possibilitam o plantio e a colheita mais cedo, não necessitam da lâmina de água para o seu cultivo, apenas banhos ou a umidade natural, apresentam menor ciclo, portanto menor custo de produção. Outras vantagens dessas cultivares são possuírem excelente qualidade dos grãos que atendem à exigência do mercado consumidor de arroz; a possibilidade de venda imediata do produto, pois não necessita de longo período de maturação pós colheita, e a possibilidade de obtenção de melhor preço na comercialização em virtude de ser colhido antes das cultivares de arroz irrigado, portanto antes da queda dos preços do arroz com a maior concentração da colheita nas principais regiões produtoras.

Cultivo da soca

As plantas de arroz produzem novos perfilhos após a colheita da cultura principal. Esta brotação, denominada soca, possibilita o segundo cultivo de arroz. O cultivo da soca tem-se mostrado como uma das alternativas viáveis para aumentar a produtividade de grãos na região tropical. Mais recentemente esta prática de cultivo tem sido usada em várzeas tropicais, especificamente na Fazenda Xavante, onde tem despertado grande interesse em decorrência da obtenção de relação benefício/custo mais favorável; em áreas melhor conduzidas têm-se obtido 22 sacas de 60

kg/ha, com custo de produção equivalente a cinco sacas. No entanto, resultados de pesquisa têm mostrado que com o uso de tecnologia é possível obter produtividades mais expressivas, o que tem estimulado o uso desta prática em áreas extensivas.

A soca de arroz irrigado vem sendo cultivada em área de aproximadamente 1.000 ha na Fazenda Xavante. Para isto, efetua-se a drenagem da área de oito a dez dias antes da colheita da cultura principal com os grãos apresentando 20% de umidade, utilizando-se colhedoras equipadas com picador de palha, cortando-se as plantas ao redor de 25 a 30 cm de altura do nível do solo. A adubação nitrogenada em cobertura é feita com 70 kg/ha de uréia e, em seguida, por volta de cinco a oito dias após o corte, é reiniciada a irrigação. Nestas condições, o ciclo da soca é muito curto, de 45 a 50 dias após a colheita da cultura principal.

Estudo sobre a economicidade desta prática de cultivo foi efetuado em área extensiva de produção na Fazenda Xavante, conforme dados apresentados na Tabela 1. O estudo da viabilidade econômica da soca de arroz irrigado foi realizado mediante as considerações da relação benefício/custo (B/C), com base nos preços do produto e dos fatores da produção, em vigor no mês de agosto de 2002. Para isso, o estudo teve como base os preços dos fatores e o preço da saca de 60 kg recebido pelo produtor de arroz, que foi de R\$22,00.

Na análise econômica, os insumos e serviços que maiores custos apresentaram foram a adubação nitrogenada e a colheita para uma produtividade média de 20 sacas de grãos por hectare. A relação B/C foi de 3,8, propiciando ao produtor grande margem de lucro.

Como não se tem utilizado defensivos, a produção da soca pode ser considerada de baixo impacto ambiental e o seu cultivo em várzeas tropicais propicia ao produtor ganho econômico considerável em razão da resposta da planta.

Tabela 1. Custo de produção do cultivo da soca de arroz irrigado.

Insumos / Serviços	Custo (R\$ / ha)	Custo em relação ao total (%)
Irrigação	10,00	8,6
Aplicação de nitrogênio em cobertura	6,00	5,1
Uréia	31,50	27,0
Aplicação de inseticida	17,50	15,0
Inseticida	11,00	9,4
Colheita	24,00	20,6
Transporte	3,00	2,6
Mão-de-obra para colheita	8,75	7,5
Secagem	5,00	4,3
Custo total	116,75	
Receita bruta (R\$/ha)	440,00	
Lucro (R\$)	323,25	
Relação benefício/custo	3,8	

REDUÇÃO DE CUSTO EM LAVOURA DE ARROZ

José Francisco Vieira Martins¹

INTRODUÇÃO

O Mato Grosso é o segundo maior produtor de Arroz do Brasil, com uma área plantada na safra 2001/2002 de 436.200 mil ha., obtendo uma participação de 8,83% do total da área agricultável do estado de Mato Grosso e com uma produção de 1.203.900 toneladas, perfazendo uma produtividade média de 2.760 Kg/ha.

Devido à cultura do arroz ser utilizada, em grande parte, em áreas de “aberturas” e de já existirem algumas cultivares de soja que toleram o plantio em primeiro ano, aliado ao bom preço do grão desta oleaginosa no mercado, a estimativa para a próxima safra é de uma redução de 10% da área, ficando aproximadamente em 395.200 mil ha, perdendo assim o espaço para a cultura da soja.

A Agro-Sol Sementes é uma empresa produtora de semente básica e fiscalizada de arroz, soja, sorgo, algodão e forrageiras. Está localizada no município de Campo Verde – MT, distante 130 Km da capital Cuiabá. O relevo é formado por áreas de chapadões e áreas levemente onduladas. Apresenta uma altitude média de 700 metros em relação ao nível médio do mar. A precipitação média anual de 1.920 mm.

Observa-se que, em decorrência de fatores econômicos e políticos, a cada ano que passa os custos de produção do arroz aumentam sem que haja a contrapartida da valorização do produto. De fato, o preço do arroz no mercado permanece praticamente estável. Por isso, é oportuno criarem-se formas de viabilizar a produção de arroz de terras altas, buscando reduzir os custos sem perda da produtividade, além disso, considerando que somos produtores de sementes e, pois, de alguma forma temos responsabilidade com os demais produtores de arroz, também ser torna oportuno gerar novas tecnologias no setor, que possam beneficiar a todos.

¹ Engenheiro Agrônomo, *Mestre, Fazenda Agrosol, Campo Verde – MT*
jose.francisco@grupoagro-sol.com.br

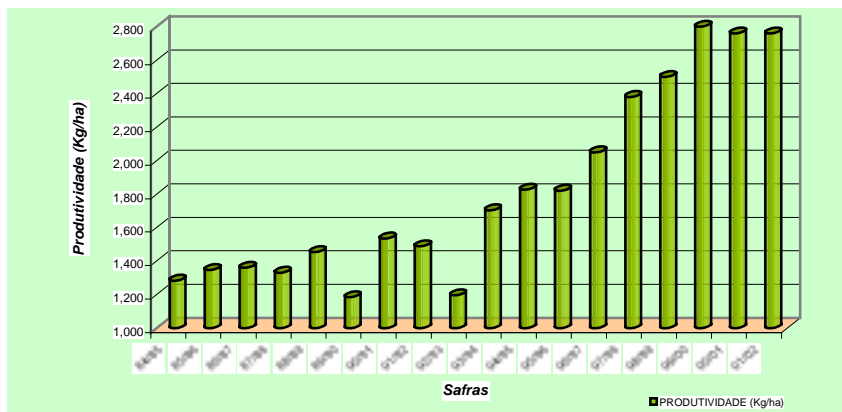


Fig. 1. Produtividade das últimas 18 Safras de arroz de terras altas no Estado de Mato Grosso

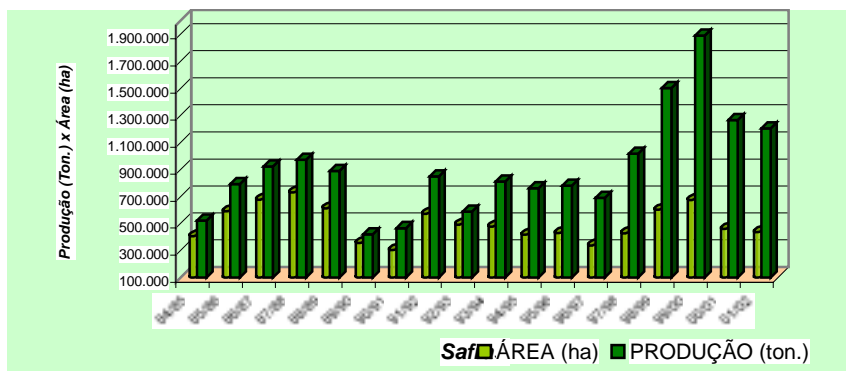


Fig. 2 Comparativo de diversos anos entre a área plantada e a produção de arroz de terras altas no Estado de Mato Grosso

CUSTOS DA LAVOURA DE ARROZ DE TERRAS ALTAS

A - Custo Fixo:	R\$ 195,12 (US\$ 65,40).
B - Custo Variável:	R\$ 979,28 (US\$ 326,43).
B.1. Insumos:	R\$ 759,70 (US\$ 253,23).
B.2. Operações Agrícolas:	R\$ 103,00 (US\$ 34,33).
B.3. Outros:	R\$ 116,58 (US\$ 38,86).
C - Custo Total:	R\$ 1.174,40 (US\$ 391,47).

Planilha de custos fixos, variáveis e totais da cultura do arroz de sequeiro em Sistema de Plantio Direto, por hectare, em campos de produção de sementes da Agro-Sol Sementes, no município de Campo Verde - MT. Safra 2001/2002.

Componentes do Custo	Unidade	Quantidade	Preço/Unidade (R\$)	Valor		Participação (%)
				(R\$)	(US\$)	
A - Custo Fixo				195,12	65,04	16,61
Depreciação	R\$/ha			37,44	12,5	3,19
Juros sobre Capital Fixo	R\$/ha			13,68	4,6	1,16
Remuneração da Terra	R\$/ha			144,00	48,0	12,26
B - Custo Variável				979,28	326,43	83,39
B.1. Insumos				759,70	253,23	64,69
Semente	Kg.	80	1,00	80,00	26,7	6,81
Inseticida - trat. semente	l.	1,2	55,00	66,00	22,0	5,62
Fungicida - trat. semente	l.	0,24	45,00	10,80	3,6	0,92
Fertilizantes - Base	Kg.	400	0,52	208,00	69,3	17,71
Fertilizantes - Cobertura	Kg.	100	0,45	45,00	15,0	3,83
Herbicida Dessecante	Kg.	2	20,00	40,00	13,3	3,41
Herbicida pré-emergente	l.	3	17,50	52,50	17,5	4,47
Herbicida pós-emergente1	l.	0,8	12,50	10,00	3,3	0,85
Herbicida pós-emergente1	l.	0,75	126,00	94,50	31,5	8,05
Inseticida 1	l.	1,2	18,00	21,60	7,2	1,84
Inseticida 2	l.	0,05	126,00	6,30	2,1	0,54
Fungicida 1	l.	0,5	90,00	45,00	15,0	3,83
Fungicida 2	Kg.	2	40,00	80,00	26,7	6,81
B.2. Operações agrícolas				103,00	34,33	8,77
Aplic. herbicida dessecante	ha	01	4,00	4,00	1,3	0,34
Aplic. herbicida pré-emerg.	ha	01	8,00	8,00	2,7	0,68
Aplic. herbicida pós-emerg. (2)	ha	01	8,00	8,00	2,7	0,68
Semeadura/adubação	ha	01	20,00	20,00	6,7	1,70
Aplic. Aérea (2)	ha	01	30,00	30,00	10,0	2,55
Aplic. Inseticida	ha	01	8,00	8,00	2,7	0,68
Colheita	ha	01	25,0	25,00	8,3	2,13
B.3. Outros				116,58	38,86	9,93
Transporte externo	sc.	70	0,60	42,00	14,0	3,58
CESSR	%	2,20		25,41	8,5	2,16
Assistência Técnica	%	2,00		17,41	5,8	1,48
Juros sobre capital circulante	%	6,00		31,76	10,6	2,70
Custo Total (A + B)				1.174,40	391,47	100,00
Valor do Dólar fixado em R\$ 3,00.						
Produtividade estimada em 70 sc/ha; sacos de 60 Kg.						

ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DE CUSTO

Buscando reduzir custos da lavoura de arroz de Terras Altas, algumas alternativas são descritas abaixo:

1º. **Época de plantio** – realizar um cronograma de plantio para que durante a instalação da lavoura e nos manejos seqüentes não haja déficit hídrico, visto que na região a ocorrência de “veranicos” é constante e isto faz com que o desenvolvimento da planta seja reduzido, bem como a incidência e o

manejo de ervas daninhas se torne problemática, fazendo assim que haja uma maior consumo de produtos agro-químicos.

2° . Plantio Direto – como o próprio nome diz, o sistema de Plantio Direto dispensa a subsolagem, gradagem aradora e niveladora fazendo com que, além de conservar o solo, haja uma redução de custo de aproximadamente R\$ 90,00/ha.

3° . Rotação de Culturas – na rotação de culturas com a soja e algodão há um melhor aproveitamento de nutrientes que ficam no solo (já mostrado em pesquisas realizadas pela Embrapa Arroz e Feijão), fazendo com que haja uma redução na utilização de adubo e reduzindo assim os custos em aproximadamente R\$ 145/ha.

4° . Uso de materiais com alta produtividade e sanidade –o uso de novos materiais recomendados para cada região, faz com que, além de obter-se uma alta produtividade, também se agreguem ao produto colhido a qualidade de sanidade vegetal, dispensando o uso de fungicidas, e a qualidade industrial, tornando-o mais valorizado pela indústria do segmento de arroz.