

## SISTEMA AGROALIMENTAR BRASILEIRO E BIOTECNOLOGIA MODERNA: OPORTUNIDADES E PERSPECTIVAS<sup>1</sup>

*André Yves Cribb*<sup>2</sup>

### RESUMO

A biotecnologia moderna – entendida como conjunto de técnicas, incluindo a transgenia, os processos enzimáticos, os métodos de exploração de microrganismos, a micropropagação, os processos profiláticos, a cartografia genética, a clonagem, os métodos de diagnóstico, os métodos de fecundação *in vitro* e a transferência de embrião – potencialmente revela-se como uma opção tecnológica de grande porte para o sistema agroalimentar brasileiro, que enfrenta sérios desafios apesar de seu bom desempenho nos últimos 12 anos. Contudo, consideradas no seu conjunto, essas biotécnicas não estão sendo completamente aproveitadas para fins produtivos no Brasil. A razão fundamental dessa situação é a hesitação em adotar as técnicas de transgenia. Este artigo, baseado numa abordagem conceitual que destaca a natureza e a sensibilidade circunstancial da tecnologia, faz um exame dos diferentes aspectos do contexto brasileiro que influenciam a expansão dessas biotécnicas. Para isso, caracteriza os desafios do sistema agroalimentar brasileiro em relação ao processo de globalização dos mercados e intensificação dos fluxos internacionais de tecnologia. Discute de forma crítica as potencialidades da biotecnologia moderna de maneira a indicar possibilidades de seu uso no sistema agroalimentar brasileiro. Analisa as condições científicas e tecnológicas do Brasil de promover e sustentar o processo de geração e uso de biotécnicas. Conclui-se com algumas sugestões de ação para o crescimento do aproveitamento de recursos biotecnológicos no sistema agroalimentar brasileiro.

**Palavras-chave:** organismos geneticamente modificados, setor agroalimentar, competitividade internacional, sistema nacional de inovação.

### BRAZILIAN AGRIFOOD SYSTEM AND MODERN BIOTECHNOLOGY: OPORTUNITIES AND PERSPECTIVES

### ABSTRACT

The modern biotechnology, understood as set of techniques including the transgenic methods, the enzymatic processes, the methods of exploration of microorganisms,

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação em dezembro de 2003.

<sup>2</sup> Engenheiro agrônomo, M.Sc. em Desenvolvimento Agrícola, D.Sc. em Engenharia de Produção, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas 29501, CEP 23020-470, Guaratiba, RJ, Fone: (21) 2410-7483. Fax: (21) 2410-1090. E-mail: [aycribb@ctaa.embrapa.br](mailto:aycribb@ctaa.embrapa.br).

the micropropagation, the processes of disease prevention, the genetic cartography, the processes of diagnosis, the cloning methods, the processes of fecundation in vitro and embryo transfer, potentially appears as a technological option with great potentialities for the agrifood Brazilian system that is facing serious challenges in spite of its good performance in the last twelve years. However, considered in its set, these biotechniques are not being completely exploited for productive ends in Brazil. The basic reason of this situation is the hesitation in adopting the transgenic methods. This article, based on a conceptual framework that emphasizes the nature and the circumstantial sensitivity of the technology, reviews the different aspects of the Brazilian context that influence the expansion of these biotechniques. For that, it characterizes the challenges of the agrifood Brazilian system in relation to the process of globalization of the markets and intensification of the international flows of technology. It discusses in critical form the potentialities of the modern biotechnology to indicate possibilities of its use in the agrifood Brazilian system. It analyzes the scientific and technological conditions of Brazil to promote and to support the process of generation and use of biotechniques. It concludes with some suggestions of action for the growth of the exploitation of biotechnological resources in the Brazilian system agrifood.

**Key-words:** genetically modified organisms, agrifood sector, international competitiveness, national innovation system.

## INTRODUÇÃO

O sistema agroalimentar<sup>3</sup> brasileiro vem apresentando um bom desempenho desde o início da década de 90. Entre 1990 e 1993, beneficiou-se de um aumento de sua produção, conseguido essencialmente graças à melhoria de sua produtividade, e apresentou evidentes potencialidades de expansão (Associação Brasileira de Agribusiness, 1993). Seu bom desempenho destacou-se notadamente na agroindústria, que foi objeto de várias iniciativas de inovação tecnológica e organizacional, observadas tanto nos segmentos de conservas, massas e laticínios quanto nos de carnes, moagem, biscoitos, sucos naturais, refrigerantes e cervejas (Ribeiro, 1994).

---

<sup>3</sup> Conforme as considerações teóricas formuladas tanto por Davis & Golberg (1957) quanto por Malassis (1973), o sistema agroalimentar é entendido como a soma total de operações de disponibilização de insumos, de produção nas unidades agrícolas, de armazenamento, transformação e distribuição de alimentos.

Nos últimos anos, o sistema agroalimentar brasileiro, com uma participação de 20,6% do valor do Produto Interno Bruto (Nunes & Contini, 2000), tem mostrado sua inegável importância na economia nacional. Tem mantido sua tendência caracterizada por uma expressiva expansão organizacional de suas empresas (Azevedo, 2000; Farina, 2000). Também tem ajudado no ajuste da balança comercial do País, principalmente em razão do aumento crescente e significativo de suas exportações (Jank & Nassar, 2000; Sá et al., 2000).

Paralelamente a essa evolução do sistema agroalimentar, vem se modelando e se fortalecendo uma profunda reforma econômica, com o objetivo de se intensificar a participação do Brasil no mercado internacional. A estratégia de industrialização de substituição à importação, orientada para o mercado interno, vem cedendo lugar à estratégia de crescimento de livre iniciativa, orientada para o mercado externo. Esse processo de reestruturação econômica tem sido induzido basicamente por duas forças. A primeira é a mudança crescente na ordem mundial, caracterizada pela tendência de globalização de mercados e de formação de blocos comerciais. A segunda abrange as políticas de ajuste estrutural decorrentes da crise da dívida e promovidas pelo Fundo Monetário Internacional e o Banco Mundial. Em tal contexto, tem-se evidenciado, cada vez mais, a liberalização da economia brasileira, caracterizada pela diminuição do campo de atuação do setor público nas funções de produção e de comercialização (Frischtak, 1994; Meyer-Stamer, 1995; Jank & Nassar, 2000).

As unidades de produção agrícola e as empresas agroindustriais do Brasil encontram-se numa posição de extrema necessidade por recursos tecnológicos para tornarem-se mais inovadoras e enfrentarem os desafios da competição internacional. A abertura comercial não só traz novas oportunidades de mercado no exterior, mas também facilita a presença de competidores estrangeiros no País. Portanto, os produtores de alimentos que quiserem ser eficientes ou se revelar competitivos precisam ficar mais atentos ao progresso tecnológico, já que este é considerado como o fator decisivo para o aumento da produção e para a determinação de vantagens comparativas.

Aliás, no que diz respeito à procura por tecnologias consideradas produtivas, foram alcançados, no mundo, avanços altamente significativos no uso da biotecnologia moderna, entendida como conjunto de técnicas, incluindo a transgenia, os processos enzimáticos, os métodos de exploração de microrganismos, a micropropagação, os processos profiláticos, a cartografia genética, a

clonagem, os métodos de diagnóstico, os métodos de fecundação *in vitro* e a transferência de embrião. Agricultores e agroindustriais de vários países do mundo – tais como os Estados Unidos, o Canadá, a Austrália, a China e a Argentina – vêm usando recursos oferecidos por esse conjunto de técnicas para resolver problemas de eficiência e qualidade de produtos e processos produtivos. Um estudo da evolução da área mundial com culturas transgênicas – apresentado por James (2003) – indica que, no período 1996-2002, houve um incremento de mais de 35 vezes no plantio de transgênicos, passando de 1,7 milhão de hectares, em 1996, a 58,7 milhões de hectares, em 2002.

No Brasil, o processo de difusão dos transgênicos no sistema alimentar caracteriza-se, essencialmente, por um embate entre entusiasmo de alguns atores sociais e resistência de outros. De um lado, há os que, motivados pelas promessas de obtenção de uma maior rentabilidade com o cultivo dos transgênicos, acreditam numa possibilidade de aumentar a competitividade da agricultura brasileira no cenário internacional. Por outro lado, há os que, preocupados com os potenciais riscos da biotecnologia moderna, alinham-se a um esforço de resistência coletiva à difusão dos transgênicos na agricultura brasileira (Pelaez & Schmidt, 2000). Em razão das inter-relações entre os diferentes componentes da biotecnologia moderna, o resultado imediato desse embate acerca da aceitação ou não-aceitação do uso da transgenia para fins produtivos é que as possibilidades de uma expansão ou retração no emprego das novas biotécnicas<sup>4</sup> têm-se revelado indefinidas.

Em tal situação, há necessidade de continuar diagnosticando o contexto de evolução do sistema agroalimentar brasileiro, para identificar e caracterizar as principais dimensões a levar em conta na definição de uma política em relação à biotecnologia moderna. É essa necessidade que está na origem do presente trabalho cujo objetivo é fazer um exame dos diferentes aspectos do contexto brasileiro que influenciam a expansão dessas biotécnicas. Para isso, é adotado um quadro teórico-conceitual que destaca a natureza e a sensibilidade circunstancial da tecnologia; depois, são examinados desafios desse sistema e oportunidades oferecidas pela biotecnologia moderna, assim como perspectivas de geração e de uso de biotécnicas no Brasil; em seguida, são destacados os princi-

---

<sup>4</sup> A expressão “novas biotécnicas” é usada para designar as técnicas que compõem a biotecnologia moderna. Para caracterizar cada uma, ver a quarta seção *A Biotecnologia Moderna no Sistema Agroalimentar*.

país argumentos favoráveis à aceitação da biotecnologia moderna em processos de produção, transformação e conservação de alimentos; e, afinal, são formuladas algumas sugestões de ação para o crescimento do aproveitamento de recursos biotecnológicos no sistema agroalimentar brasileiro.

### DETERMINANTES DA MUDANÇA TECNOLÓGICA

O esforço de analisar as oportunidades e perspectivas de geração e difusão para uma determinada tecnologia leva automaticamente ao velho debate, historicamente mantido, sobre a importância relativa da ciência e do mercado, como fatores propulsores do processo de mudança tecnológica. De um lado, a ciência é vista como uma fonte autônoma de tecnologia. De outro, o mercado é apresentado como o principal motor da mudança tecnológica. Assim, se enfrentam dentro desse debate duas abordagens bem distintas, no que diz respeito a seu objeto e a sua metodologia<sup>5</sup>.

A primeira abordagem, geralmente chamada de *science-push*, dá uma importância considerável aos processos de adoção-difusão. Uma vez gerada graças à ciência, a tecnologia é considerada passível de ser adotada e difundida. Nesse sentido, a mudança tecnológica é vista como determinada por fatores externos ao sistema econômico. Em outras palavras, ela é interpretada como “dada por Deus, cientistas e engenheiros” (Dosi, 1982, p. 151). Guiados por essa premissa e imbuídos das dificuldades de introdução de novos produtos e processos, os promotores da abordagem de *science-push* preocupam-se sobretudo em saber como acelerar a taxa de adoção e difusão de novos resultados da ciência. Para eles, a decisão por um usuário de inserir uma determinada tecnologia no processo de produção é tomada não com base em estudos objetivos, mas a partir de reações subjetivas. Nesse sentido, Rogers (1983, p. 10) indica que os elementos fundamentais da mudança tecnológica seriam: “a inovação, a comunicação, o tempo e o sistema social”. A mudança tecnológica é entendida como um processo de imitação, refletindo os comportamentos de quatro categorias de indivíduos: os adotadores-pioneiros, os imitadores-precoces, os imitadores-atrasados e os retardatários.

---

<sup>5</sup> Para uma apresentação analítica dessas duas abordagens, ver Dosi (1982, 1988), Dosi et al. (1990), Fonte (1990), OECD (1991) e Cribb (1999).

A segunda abordagem, comumente denominada de *demand-pull*, baseia-se na hipótese central de que o mercado é quem determinaria a mudança tecnológica. Esta seria provocada por transformações na demanda e oferta de produtos e fatores, por meio de sinais expressos pelos preços do mercado. Para essa abordagem, a mudança tecnológica não é vista como exógena ao processo de produção; ela é influenciada pela dotação de recursos e pela demanda de produtos. “Tecnologias podem ser desenvolvidas de modo a facilitar a substituição de fatores relativamente escassos (portanto, dispendiosos) por fatores relativamente abundantes (e, portanto, baratos)” (Hayami & Ruttan, 1988, p. 89). É assumido que as unidades produtivas reconhecem, primeiro, suas necessidades em termos de fatores de produção para, em seguida, procurar satisfazer estas por meio de esforços tecnológicos. Assim, a mudança tecnológica é concebida como determinada pelas condições do sistema econômico.

As críticas em relação a essas duas abordagens são múltiplas. A abordagem de *science-push* é criticada, em virtude, essencialmente, da sua dificuldade em levar em conta o fato óbvio de que fatores econômicos desempenham um papel importante na determinação da direção da mudança tecnológica. Quanto à abordagem de *demand-pull*, ela falha, principalmente, por causa de sua dificuldade em explicar por que e quando desenvolvimentos tecnológicos específicos ocorrem e por que a capacidade de invenção muda ao longo do tempo, sem qualquer relação direta com a mudança das condições de mercado<sup>6</sup>. Conforme essas críticas, revela-se evidente a necessidade de levar em consideração, não unicamente o ambiente econômico ou o contexto científico, mas sim ambos os determinantes ao mesmo tempo. A mudança tecnológica precisa ser reconhecida como um processo caracterizado por interações contínuas e numerosas. Ela depende tanto do conhecimento científico-tecnológico quanto das forças do mercado (Cribb, 1999).

Em consonância com essas críticas, tem-se fortalecido, nas últimas 3 décadas, uma terceira abordagem, destacando as características intrínsecas da tecnologia. Para essa abordagem, a mudança tecnológica é um processo influenciado pela natureza da tecnologia e por sua sensibilidade circunstancial.

No tocante a sua natureza, a tecnologia envolve o uso de informações obtidas não apenas da experiência prévia e do conhecimento explícito formal,

---

<sup>6</sup> Para uma exposição mais detalhada das principais críticas, ver Dosi (1982, 1988) e Fonte (1990).

mas também do conhecimento tácito. A experiência é adquirida no passado; o conhecimento explícito decorre da educação formal e é de natureza crescentemente científica; e o conhecimento tácito é constituído pelas capacidades específicas e não codificadas. Se a experiência se revela um elemento quase sempre necessário, as capacidades tácitas e o conhecimento formal, exigidos para o domínio de uma tecnologia, têm uma relevância variável de um setor para outro. Por exemplo, a engenharia mecânica depende em boa parte de conhecimento tácito sobre a performance das máquinas anteriormente produzidas e suas condições típicas de uso. Mas, em ciência de computação, ciência de novos materiais, química e, particularmente, no caso da biotecnologia, as exigências em conhecimento formal são consideráveis.

No que diz respeito à sensibilidade circunstancial da tecnologia, considera-se a especificidade geoinstitucional como uma variável explicativa fundamental do processo de mudança tecnológica. É nesse sentido que Rosemberg (1983), revisando a literatura sobre a variabilidade do progresso técnico no tempo e espaço, indica que as razões desta são relacionadas ao funcionamento das instituições, valores e estruturas de incentivo dos sistemas sociais. No sistema agroalimentar, as diferenças circunstanciais incluem as geradas por fatores físicos (solo, clima e duração do dia, por exemplo), econômicos (preços relativos, infra-estrutura, etc.) e sociais (sistemas legais, custos de transação, etc.) (Evenson & Westphal, 1995).

O referencial analítico adotado neste trabalho identifica-se com a terceira abordagem. Procura-se analisar as oportunidades e perspectivas da biotecnologia moderna no sistema agroalimentar brasileiro, fundamentalmente, a partir de considerações econômicas e científicas, sem negligenciar o contexto geossociocultural.

## DESAFIOS DO SISTEMA AGROALIMENTAR BRASILEIRO

O processo de globalização dos mercados e intensificação dos fluxos internacionais de tecnologia vêm impondo ao Brasil exigências de competitividade cada vez mais sofisticadas em razão de estratégias de expansão de vários países, particularmente os do Mercosul (Maculan, 1995; Hosken, 1998; Delfino, 1999). Os agentes do sistema agroalimentar brasileiro encontram-se necessariamente na obrigação de determinar seu lugar na competição tecnológica e in-

dustrial, que caracteriza hoje o cenário internacional (Cribb, 2000). Entre os desafios enfrentados, destacam-se os três seguintes: ampliação dos espaços de mercado, redução de custos de produção, e garantia da qualidade da produção (Associação Brasileira de Agribusiness, 1993; Green & Rocha dos Santos, 1993; Gramacho, 1998).

A ampliação dos espaços de mercado, em favor do sistema agroalimentar brasileiro, precisa ser concebida de maneira a abranger dimensões nacionais e internacionais. Nesse sentido, as perspectivas de mercado oferecidas ficam bem atraentes quando se considera que é esperado um crescimento exponencial da população mundial nos próximos 17 anos, passando de 6,25 bilhões para 7,5 bilhões de habitantes. Com esse aumento populacional, a demanda mundial de cereais passará de 1.996,8 milhão para 2.466 milhões de toneladas, ou seja, um aumento de aproximadamente 23%. No caso da carne, a demanda mundial passará de 234,8 milhões para 313 milhões de toneladas, ou seja, um aumento de aproximadamente 33% (Pinstrup-Andersen et al., 1999).

O Brasil tem, portanto, interesse em aumentar sua capacidade produtiva. Aliás, dispõe de uma grande riqueza em recursos naturais, necessários à expansão do setor agroalimentar. Com 550 milhões de hectares agricultáveis, 28% da quantidade de água doce disponível no mundo, boas condições de insolação e terras bem férteis, o Brasil detém grandes potencialidades para a produção alimentar.

Esses recursos naturais são ainda subutilizados. Apenas 10% de sua área agricultável é utilizada com atividades agrícolas. “A atividade pecuária brasileira é considerada uma atividade pouco dinâmica, geralmente associada a mercados desorganizados, com baixos níveis de produtividade e baixa capacidade de agregar valor ao longo da cadeia produtiva” (Fonseca, 1998, p. 89). Uma das consequências imediatas dessa situação é a relativamente fraca participação do Brasil no mercado mundial do agronegócio, com um percentual médio de 3% no período de 1991-2001 (Brasil, 2003). Há, portanto, necessidade de reestruturação do sistema agroalimentar brasileiro. Tal reestruturação precisa ser concebida em termos não só quantitativos, mas também qualitativos, para poder acompanhar satisfatoriamente a evolução do mercado alimentar, pois estão ocorrendo, hoje em dia, mudanças extremamente importantes no consumo agroalimentar.

Uma delas é a mudança comportamental de muitos consumidores. Em estudo do Banco Mundial é mencionado que o envelhecimento da população – ocorrendo em vários países do mundo – vem valorizando fatores como digestibilidade e composição dos alimentos (Souza, 1998). De fato, a demanda de alimentos frescos, mais tenros e com menos calorias é bem expressiva. Em decorrência do maior grau de informação do consumidor, da crescente valorização do tempo e, finalmente, do crescimento na participação da mulher no mercado de trabalho, cresce a procura por produtos de qualidade e praticidade superiores. Valorizam-se, sobretudo, alimentos com as seguintes características: velocidade de cocção, longa conservação e adaptabilidade a diversas necessidades. O conjunto dessas mudanças provoca a intensificação do que geralmente se chama o “processo de diferenciação do consumo alimentar”. Além dessas especificidades alimentares, o consumidor está procurando também melhor preço. Assim, torna-se necessário garantir a produção de alimentos com custos baixos (Green & Rocha dos Santos, 1993; Oliveira, 1997; Castro, 1998; Pinazza, 1999).

A melhoria dos preços de alimentos também pode ser alcançada pelo aumento da produtividade. A título de ilustração, podemos mencionar o caso do leite. O principal problema da produção de leite encontra-se na relativamente fraca produtividade. Hosken (1998) constata que, nos 5 últimos anos da década de 90, o Brasil, com um aumento de 28%, cresceu menos em produtividade que a Argentina (38%) e o Uruguai (também 38%). Segundo o autor, “as vantagens do Uruguai e da Argentina são provenientes do menor custo despendido para a alimentação do gado e do estágio mais avançado dos produtores de leite daqueles países” (Hosken, 1998, p. 156).

Além de aumento, diversificação e funcionalidade dos produtos e processos de produção, o mercado alimentar atual exige também sua qualidade. A respeito da qualidade dos produtos, um caso assinalado por Carvalho (1998) merece ser lembrado. Trata-se do caso de algumas variedades de laranjas de mesa importadas do Uruguai em 1997. Mais doces em comparação às do Brasil, essas laranjas estavam sendo vendidas pelo triplo do preço das variedades produzidas no País. Mesmo com preço relativamente alto, suas importações continuavam ocorrendo. Isso mostra quanto o consumidor brasileiro está disposto a pagar mais por um produto diferenciado e de melhor qualidade.

Quanto aos processos de produção, há evidentes demandas por tecnologias capazes de atender às necessidades econômicas sem comprometer a possibilidade de o meio ambiente ser protegido. Nesse sentido, é destacada a preferência pelos alimentos produzidos com métodos que permitam, por exemplo, o uso absolutamente reduzido de insumos agrotóxicos na agropecuária e a utilização de matérias-primas agrícolas e não químicas na transformação de alimentos.

Infelizmente, tais condições de produção, transformação e conservação dos alimentos – tão exigidas pelo mercado alimentar mundial – não se encontram facilmente no Brasil. Numa pesquisa feita no segundo semestre de 1995 pela Price Waterhouse, sobre a possibilidade de as empresas da agroindústria brasileira de alimentos optarem por uma gestão ambiental ISO 14000, apenas 35% pretendiam implantá-la, 10% absolutamente não se interessavam e 55% não tinham se decidido ( Maimon, 1998, p. 108). De fato, como observa Araújo (1998), agrotóxicos proibidos em outros países estão ainda em uso no Brasil. Conforme o Relatório de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável , divulgado em junho de 2002 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE –, foi revelado que o uso de agrotóxicos por hectare no Brasil aumentou de 2,27 kg para 2,76 kg, uma elevação de 21,6%. O País está entre os maiores usuários de tais insumos, perdendo para Holanda, Bélgica, Itália, Grécia, Alemanha, França e Reino Unido (Agência Brasil, 2002).

### A BIOTECNOLOGIA MODERNA NO SISTEMA AGROALIMENTAR

O termo biotecnologia surgiu no início do século 20 (Bonny, 1996), mas a manipulação de organismos vivos, para fins produtivos no setor de alimentos, é muito antiga, pois coincide com a aparição da agricultura, ocorrida há cerca de 10 mil anos.

De fato, o homem explora o mundo vivo desde milenários, ou, mais precisamente, desde o início da civilização humana. A primeira geração de biotecnologia compreende técnicas básicas – tais como as de estaquia, de mergulhia, de enxertia, de preservação de alimentos e de fermentação – que foram originalmente elaboradas, independentemente de centros modernos de pesquisa, e adaptadas por milhões de usuários ao longo do tempo. A segunda geração de biotecnologia abrange outras técnicas consideradas complexas –

identificação, seleção e modificação de microrganismos, por exemplo – que foram desenvolvidas um pouco mais tarde, estas sendo definidas como aquelas que exploram características já existentes nos seres vivos depois de selecionar os melhores exemplares desses. Recentemente, tem sido desenvolvido um leque de técnicas ainda mais apuradas – geralmente chamado de “biotecnologia moderna” – que representa a terceira geração de biotecnologia. Iniciado na década de 30 e intensificado na década de 70, esse novo grupo de biotécnicas, diferentemente dos anteriores que foram concretizados por meio de conhecimentos em genética e biologia tradicionais, requer principalmente a intervenção molecular, celular e tissular.

Mais precisamente, a biotecnologia moderna envolve essencialmente a manipulação direta do material genético e consiste num conjunto de técnicas – engenharia genética (técnica de ADN<sup>7</sup> recombinante, técnica de fusão celular), cultivo de células e de tecidos, síntese de proteínas e enzimologia – decorrentes de recentes progressos realizados nas biociências, tais como bioquímica, biofísica, biologia molecular, microbiologia, biologia celular e genética. Com ela, “passamos da exploração da matéria inerte (química, energia e materiais), que caracterizou a revolução industrial do século 19 e a última revolução agrícola, à exploração do mundo vivo ao conhecê-lo e modificá-lo do interior” (Bonny, 1996, p. 52). Os processos e métodos biotecnológicos que podem ser utilizados no sistema alimentar incluem (Cribb, 1999):

- As técnicas enzimáticas, que são os diferentes processos de manipulação de proteínas aptas a catalisar reações bioquímicas.
- Os métodos de exploração de microrganismos, que consistem essencialmente na identificação, seleção e modificação destes para determinados fins produtivos.
- A micropropagação ou multiplicação vegetativa *in vitro*, que se define como o meio de propagar um vegetal, diferente da reprodução sexuada, já que se baseia na aptidão de alguns tecidos embrionários somáticos de regenerar e multiplicar uma planta inteira a partir de uma fração desta.

---

<sup>7</sup> ADN é a abreviação do ácido desoxirribonucleico.

- A cartografia genética, que é a representação do genoma (ou conjunto de genes presente no material hereditário) de um indivíduo.
- A transgenia, que é a técnica de integrar, de maneira estável, um gene estrangeiro num genoma receptor.
- A clonagem, que é a operação de incorporar um gene em células (geralmente bactérias ou leveduras) capazes de dividir-se *in vitro*, formando microcolônias ou “clones”, individualmente isoláveis, e a partir das quais pode-se recuperar o gene assim transferido e multiplicado.
- As técnicas profiláticas, que são recursos utilizados para tornar possível uma maior precisão na prevenção de doenças em plantas e animais.
- Os métodos de diagnóstico, que consistem na coleta de amostras e na sua análise graças a kits específicos e testes baseados em anticorpos monoclonais ou em sondas a ácidos nucleicos.
- As técnicas relativas à reprodução animal (notadamente, fecundação *in vitro* e transferência de embrião), que permitem amplamente o controle da gestação e da parição.

Por esses meios ou recursos, a biotecnologia moderna oferece um amplo leque de aplicações atuais e potenciais tanto para a geração de insumos e a produção de alimentos quanto para a transformação e conservação destes (Bonny, 1996; Fonseca, 1998; Cribb, 1999; Valois, 2001). Com relação à geração de insumos destinados à agropecuária, as oportunidades se manifestam sobretudo nas indústrias de sementes (variedades andro-estéreis), de fertilizantes e corretivos (fixação biológica de nitrogênio, acumulação de outros elementos nutritivos por microrganismos), de defensivos para plantas e animais (pesticidas biológicos, variedades e raças resistentes a pragas e doenças, produtos veterinários e derivados) e de rações (produção de lisina, de triptofano e de outras substâncias necessárias à nutrição animal). No que diz respeito à produção agropecuária, a biotecnologia moderna permite várias atividades, tais como a seleção mais rápida de variedades e raças sadias, a melhoria da qualidade nutricional, degustativa e sanitária dos alimentos, assim como a eliminação de efeitos sazonais sobre os processos produtivos. A transformação de alimentos beneficia-se de vários recursos técnicos, tais como os métodos de manipulação de enzimas, de detecção de contaminantes, de obtenção de novos alimentos, de cultivo de microalgas e de células vegetais. Quanto à conservação de alimentos,

ela tem à sua disposição muitas técnicas, tais como os métodos de proteção de alimentos contra bactérias patogênicas indesejáveis, de introdução de capacidades de maturação atrasada em legumes e de melhoria de qualidades organolépticas de alimentos (gosto, odor, aspecto, cor e consistência).

Outra dimensão importante é que a biotecnologia moderna apresenta-se como um instrumento capaz de alavancar um processo de desenvolvimento econômico de forma sustentada, tendo em vista induzir a menor utilização de fertilizantes, corretivos e defensivos animais e vegetais (pesticidas biológicos, plantas resistentes a pragas e doenças, produtos veterinários e derivados). Vários processos biotécnicos permitem incorporar características desejadas em plantas cultivadas e animais criados e, desse modo, diminuir a necessidade de geração e uso de insumos provenientes da indústria química. Conseqüentemente, torna-se possível reduzir os riscos de degradação da natureza e de acumulação de resíduos tóxicos nos alimentos.

Como pode-se perceber, a característica fundamental da biotecnologia moderna é que ela traz vantagens não só para o lado da oferta mas também para o lado da demanda de alimentos. Vários recursos da biotecnologia moderna favorecem a produção de alimentos que tenham efeitos desejados sobre o funcionamento do organismo humano<sup>8</sup>. A título de exemplo, há os iogurtes produzidos com cepas que reduzem o colesterol. Na mesma linha de idéias, queremos lembrar que é possível introduzir genes em plantas e animais para a fabricação de produtos farmacêuticos. Um princípio ativo de interesse contido em plantas de produtividade muito baixa pode ser produzido por outras que apresentam elevada produtividade. Assim, fica claro o importante passo ocorrido na ciência em comparação com a seleção natural.

Todavia, vale lembrar que diversas incertezas científicas cercam os produtos obtidos, a respeito dos quais não se pode certificar que são absolutamente desprovidos de riscos para a saúde e o meio ambiente. Na literatura sobre a biotecnologia moderna, destacam-se dois grandes tipos de risco, potencialmente ocasionados pelo desenvolvimento da engenharia genética (Cribb, 1999; Nodari & Guerra, 2001). Um é ambiental e se refere ao cultivo em pleno campo de

---

<sup>8</sup> Para uma exposição instrutiva das funções do alimento na sociedade moderna, ver Castro (1998) e Pinazza (1999).

plantas geneticamente modificadas. O outro é alimentar e se relaciona com a ingestão de alimentos contendo organismos geneticamente modificados (OGMs) ou de produtos oriundos de OGMs.

O risco ambiental se define como o perigo eventual de catástrofes decorrentes da transgressão de algumas barreiras naturais. Entre as formas sob as quais ele pode se manifestar, as principais são as seguintes: a disseminação de genes indesejáveis, a aparição de insetos resistentes a organismos transgênicos, a perturbação de insetos úteis, a redução da biodiversidade e a desestabilização da rizosfera.

O risco alimentar explica-se pelo fato que o consumo de alimentos novos, como qualquer modificação alimentar, pode provocar distúrbios no funcionamento do organismo humano. As principais formas de manifestação eventual desse risco podem ser: a produção de substâncias tóxicas, a síntese de proteínas alergênicas e a difusão de genes de resistência a antibióticos.

Além desses riscos, há possibilidade de ocorrência de outros ligados, por exemplo, ao patenteamento do ser vivo ou ao perigo de exclusão ainda maior de categorias de agricultores pobres. Há também o risco de utilização de algumas técnicas como armas de guerra (guerra bacteriológica) ou de experimento e criação (sem bastante precaução) de produtos perigosos.

Mas a possibilidade de ocorrência de riscos não anula necessariamente a possibilidade de usar a biotecnologia moderna para fins alimentares. Alguns dos riscos já podem ser tecnicamente controlados e evitados graças à possibilidade de identificar e extrair, em certos casos, genes indesejados. Além disso, o advento da biotecnologia moderna (principalmente da engenharia genética) tem sido acompanhado, em vários países, da criação de instituições e procedimentos de avaliação de riscos potenciais ligados a seus recursos técnicos. Desde 1974, na Conferência de Azilomar, nos Estados Unidos, realizada entre pesquisadores de vários países do mundo sobre possíveis aplicações da biotecnologia moderna, os esforços para controlar tais riscos não deixam de crescer. Por exemplo, nos Estados Unidos, a viabilização dos procedimentos de avaliação e de autorização é feita por intermédio de três agências federais: o Animal and Plant Inspection Service – Aphis –, responsável pela regulamentação da pesquisa e produção de plantas e animais, da importação e do comércio interestadual

de OGMs; a Food and Drug Administration – FDA –, que controla a salubridade dos alimentos; e a Environmental Protection Agency – EPA –, encarregada de controlar a exploração de OGMs, bem como a utilização de pesticidas. Na França existe um sistema institucional específico, composto de duas comissões: a Commission de Génie Biomoléculaire – CGB –, responsável essencialmente pela avaliação dos riscos ligados à introdução de produtos de OGMs no ambiente e no mercado; e a Commission de Génie Génétique – CGG –, encarregada principalmente da avaliação dos riscos potenciais ligados ao uso da engenharia genética (Cribb, 1999).

No Brasil, os esforços para avaliar produtos oriundos de OGMs são também evidentes. A legislação brasileira institui a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio – responsável essencialmente pela emissão de parecer técnico sobre qualquer liberação de OGM no meio ambiente e pelo acompanhamento do desenvolvimento e do progresso técnico e científico na biossegurança e áreas afins. Além disso, são legalmente reconhecidas no Brasil as competências do Ministério da Saúde, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e do Ministério do Meio Ambiente de fiscalizar e monitorar as atividades com OGMs, bem como emitir registro de produtos contendo OGMs ou derivados. Conforme a legislação brasileira, é previsto que qualquer produto transgênico seja previamente avaliado com várias etapas de pesquisa antes de chegar ao mercado. Para esse fim, há várias instruções normativas que estabelecem as diretrizes técnicas tratando de questões diversas tais como importação, comercialização, transporte, armazenamento, manipulação, consumo, liberação e descarte de produtos derivados de OGMs.

Uma pesquisa realizada por Harris (2000), entre cientistas de países diferentes, reconhece que os alimentos ou ingredientes alimentares, derivados dos recentes avanços em biotecnologia e hoje disponíveis no mercado, foram mais testados do que qualquer outro em toda a história da humanidade. “No mundo inteiro, foram realizados cerca de 25 mil testes em mais de 60 safras em 45 países” (Harris, 2000, p. 103). A avaliação dos alimentos tem sido realizada com base na “equivalência substancial” destes, sob diretrizes de várias organizações, tais como a Organização Mundial de Saúde – OMS –, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO – e a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE –. O processo de tal avaliação consiste essencialmente na comparação dos transgênicos com ali-

mentos tradicionais, no intuito de ver se há diferença em termos de valor nutricional e propriedades para a saúde<sup>9</sup>.

### APLICABILIDADE DA BIOTECNOLOGIA MODERNA NO SISTEMA AGROALIMENTAR BRASILEIRO

A biotecnologia moderna pode amplamente ajudar a enfrentar os principais desafios do sistema agroalimentar brasileiro. Como acabamos de ver, seus recursos podem se revelar eficazes tanto na eliminação de entraves atuais relacionados à produção, transformação e conservação de alimentos quanto na adaptação destes às exigências do consumo.

Vários métodos decorrentes da biotecnologia moderna podem ajudar a ampliar a área cultivada e aumentar o volume de alimentos comercializados. Por exemplo, é possível criar variedades de plantas resistentes à seca que, em algumas áreas do Brasil, constitui um dos maiores fatores limitantes à promoção da agropecuária. A criação de tais variedades de plantas favoreceria uma expansão da área cultivada e, portanto, uma redução do desequilíbrio em capacidade produtiva entre as regiões do País<sup>10</sup>. Assim, poder-se-ia esperar também um aumento da disponibilidade em alimentos. Além disso, a biotecnologia moderna pode ser usada para reforçar, em animais, o desenvolvimento de modificações genéticas, destinadas não só a aumentar a produtividade em carne e leite, mas também a viabilizar a produção de proteínas de interesse farmacêutico para os seres humanos. Esse tipo de modificação pode ser feito pela transferência de embriões, que já é uma prática conhecida em fazendas brasileiras. Também, a biotecnologia moderna pode ajudar a tirar mais proveito da aqüicultura brasileira, graças a suas potencialidades de favorecer melhorias na produção de proteínas em grande quantidade por meio de peixes cultivados.

No que diz respeito à transformação e conservação de alimentos, as potencialidades da biotecnologia são inegáveis. As duas inovações, frequentemente citadas no Brasil, em relação a esses setores são respectivamente a padronização das matérias-primas e a geração de produtos resistentes a fatores físicos, climáticos e biológicos. O Brasil tem interesse na adoção de tais inovações, já

---

<sup>9</sup> Para mais detalhes sobre a "equivalência substancial", ver Belém et al. (2000) e Harris (2000).

<sup>10</sup> Hoje em dia, está ocorrendo cerca de 47% da produção agrícola brasileira só no Sul do País.

que cerca de 50% da produção agropecuária constitui matérias-primas para a agroindústria. É inegável a busca crescente pelos agentes do sistema agroalimentar brasileiro de agregar valor aos produtos agropecuários comercializados. Estudos mostram que a parcela dos produtos semi-elaborados e agroindustrializados passou de 25% para 60% das exportações totais do sistema agroalimentar nos últimos 25 anos, em detrimento dos produtos realmente básicos, saídos da fazenda (Sá et al., 2000). Falando de exportações, cabe lembrar o caso da laranja de mesa. As técnicas de cultura de tecidos vegetais e de microenxertia podem suficientemente ajudar a erradicar laranjais sofríveis e incrementar a produção de laranjas.

### CONDIÇÕES DE ACUMULAÇÃO DA BIOTECNOLOGIA MODERNA NO BRASIL

Depois de lembrar diversas potencialidades da biotecnologia moderna e indicar algumas de suas aplicações no sistema agroalimentar brasileiro, agora convém saber se o Brasil tem condições de promover e sustentar o processo de geração e uso de biotécnicas. Para isso, é preciso uma análise de seu sistema nacional de inovação, ou seja, um estudo de questões como a eficácia de suas instituições de direitos de propriedade intelectual (DPI), suas condições de estímulo de programas de P&D e a eficiência de seus mecanismos de alocação de recursos em atividades de P&D na área biotecnológica.

Em relação a tais aspectos, Cribb (1999), no seu modelo de classificação dos países, estabelecido a partir da “capacidade absorptiva” e “infra-estrutura tecnológica” destes na área de biotecnologia moderna, coloca o Brasil entre os países emergentes, ou seja, entre os que estão consolidando bases institucionais e científicas para a acumulação de biotécnicas. De fato, o Brasil, apesar de ser um dos últimos países da América do Sul a permitir a importação e o cultivo de vegetais geneticamente modificados para fins de pesquisa, tem, no âmbito do setor agroalimentar, uma legislação abrangente, resultado de muitos anos de debates. Esta inclui a lei de biossegurança promulgada em 1995, a lei de patentes, de 1996, e a lei de cultivares, de 1997. Há também o Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003, que, baseado na Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, regulamenta o direito à informação quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou sejam produ-

zidos a partir de organismos geneticamente modificados ( Brasil, 2003). Não se pode esquecer o projeto de “lei de inovação”, encaminhado ao Congresso Nacional, que busca incentivar inventores a criarem empreendimentos próprios para explorar suas pesquisas.

Também vale lembrar que existem no Brasil atividades de pesquisa e profissionais competentes nas seguintes biociências: bioquímica, biofísica, biologia molecular, microbiologia, biologia celular e genética. Conforme o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (2003), as ciências da saúde, biológicas e agrárias, constituindo as chamadas ciências da vida, são, no Brasil, as áreas de atuação de 41% dos 63.342 pesquisadores e também de 43% dos 63.167 estudantes, sendo 65% desses pesquisadores com doutorado. Isso mostra claramente que as biociências estão se beneficiando, no País, de uma atenção especial por parte do setor acadêmico. Tais indícios são evidentemente favoráveis à possibilidade de aquisição e assimilação da biotecnologia moderna, na qual predomina o conhecimento científico.

Belém et al. (2000) lembram, numa revisão de literatura, que o Brasil tem tradição de pesquisa em biotecnologia aplicada às áreas de agricultura, nutrição, tecnologia de alimentos, saúde e meio ambiente. Segundo eles, existem no País diversos tipos de trabalho de pesquisa nessas áreas:

- Estudos inéditos para aumento de respostas positivas na transformação de plantas por engenharia genética.
- Estudos com os primeiros resultados positivos no mundo sobre enriquecimento nutricional de feijão (alimento básico na dieta do povo nos países em desenvolvimento) com metionina (aminoácido essencial), por meio da inserção de gene de castanha-do-pará (planta de espécie tropical).
- Estudos sobre a biotransformação de resíduos industriais altamente poluentes (soro de leite) em alimentos nutracêuticos (oligossacarídeos, oligonucleotídeos e peptídeos bioativos) com efeitos anti-hipertensivos, imunoestimuladores e anticarcinogênicos.
- Estudos sobre efeito inseticida de endotoxina de *Bacillus thurigiensis* sobre moscas transmissoras de doenças em animais e no homem.

- Estudos pioneiros sobre a capacidade das bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Rhizobium* em transformar N<sub>2</sub> em fonte de aminoácidos para plantas.

Na mesma linha de ação, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa –, reconhecida como pioneira no País no que se refere à adaptação e geração de tecnologias modernas de interesse agrícola, vem intensificando, desde o início dos anos 80, investimentos estratégicos na formação de pessoal e infra-estrutura, especialmente nas disciplinas de biologia celular e molecular, fundamentais para a aplicação da engenharia genética no melhoramento de plantas. Mesmo tendo a necessidade de reforçar sua infra-estrutura e a formação de seu pessoal em técnicas de análise de risco, ela já possui capacitação para desenvolver, em seus centros de pesquisa, várias das análises referentes à segurança alimentar e ambiental de produtos transgênicos (Embrapa, 1999; Peres, 2001), além de estar conseguindo avanços significativos no programa de desenvolvimento de pesquisas básicas em biotecnologia nas áreas vegetal, animal e de biopesticidas.

Num estudo da performance de empresas de biotecnologia<sup>11</sup> atuando no Brasil, Mascarenhas (2001) mostra que, no período 1993-2000, a área de biotecnologia conheceu profusão de investimentos e negócios. Mais precisamente, cresceu 300% em número de novas empresas, passando de 76 para 354 empresas e, no ano 2000, chegou a empregar cerca de 28 mil trabalhadores. As empresas dessa área apresentam uma evidente capacidade de geração, absorção, adaptação e transformação de tecnologias transferidas e/ou adquiridas, pois 90% das empresas pesquisadas têm realizado desenvolvimento tecnológico próprio, 93% possuem relações formais ou informais com universidades e centros de pesquisa, e 30% têm atividades de patenteamento. Além disso, quase 100% delas têm intrínseca disponibilidade para cooperação tecnológica, além de possuir capacidade de internalização/externalização de conhecimentos e práticas. O faturamento anual de tais empresas, correspondendo a uma faixa de 0,9% a 1,5% do PIB brasileiro, indica que estas são capazes de gerar contribuição significativa do ponto de vista da geração de riqueza nacional.

---

<sup>11</sup> As empresas que fazem parte do universo da pesquisa são de vários segmentos comerciais, incluindo identificação genética, análise de transgênicos, biodiversidade, agronegócio, meio ambiente, bioinformática, biomateriais, biomedicina, equipamentos e insumos.

Pinazza & Alimandro (2001) reconhecem que, apesar de falhas de sua legislação relativa à área biotecnológica, o Brasil tem apresentado resultados interessantes no seqüenciamento de diversos genomas. Para reforçar o valor desse mérito, eles lembram que, “dos países fora do círculo de desenvolvidos”, o Brasil “foi o primeiro a dominar essa tecnologia, que interessa diretamente à biodiversidade e à agropecuária” (p. 27).

Assim, fica claro que o Brasil tem condições científicas e tecnológicas para aproveitar os recursos da biotecnologia moderna. Mas o aproveitamento completo desses recursos no sistema agroalimentar brasileiro não é legalmente admitido. Essa situação é explicada fundamentalmente pelo fato de que o processo de aceitação de qualquer tecnologia nova não depende só de competências profissionais e de recursos físicos. Ele é fortemente influenciado pelo peso relativo e pela estratégia dos diferentes atores envolvidos. Portanto, depende significativamente das percepções destes em relação à tecnologia. O atual embate acerca da biotecnologia moderna se concentra na análise dos potenciais riscos e vantagens ligados a sua utilização. Um debate equilibrado sobre a biotecnologia moderna teria que considerar também questões relativas à sua não-utilização. Isso daria oportunidade para melhor enxergar o risco (ocorrido em caso de não-utilização da biotecnologia moderna) de rejeitar um progresso genético que, no futuro, teria sido indispensável para fortalecer o sistema agroalimentar brasileiro.

## CONCLUSÃO

O maior dilema do sistema agroalimentar brasileiro, decorrente do conjunto dos desafios identificados, é a necessidade de reestruturar a produção, transformação e conservação de alimentos sem aumentar seus custos. O enfrentamento desse dilema requer principalmente mudanças nos métodos produtivos praticados. Nesse contexto, a biotecnologia moderna apresenta-se como uma ferramenta importante pelo fato de que acarreta potencialmente novas perspectivas de viabilização de soluções tecnológicas, tanto para a produção, transformação e conservação de alimentos quanto a favor de seu consumo.

Apesar de suas potencialidades, a biotecnologia moderna, principalmente por causa da transgenia, não está se beneficiando de uma posição privilegiada entre as opções produtivas hoje disponíveis no sistema agroalimentar brasileiro.

Por um lado, há ainda uma certa rejeição por parte de alguns setores da opinião pública a respeito da liberação de transgênicos no mercado. Várias associações ecológicas ou de consumidores manifestam claramente sua oposição porque se inquietam dos perigos de uma manipulação da natureza e da transgressão de algumas barreiras naturais, podendo levar a catástrofes insuportáveis para a humanidade em geral ou para a sociedade brasileira em particular. Por outro lado, entidades públicas, instituições de financiamento e unidades produtivas, temendo movimentos de protesto, hesitam em investir em atividades de geração, utilização e difusão de biotécnicas. A possibilidade de aceitação da biotecnologia moderna está ainda indefinida. Qualquer erro ou acontecimento devido à transgenia e prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana pode provocar a indiferença ou oposição declarada de toda a opinião pública a respeito do uso de recursos da biotecnologia moderna no sistema agroalimentar.

Isso não quer dizer automaticamente que não há condições favoráveis à evolução e difusão da biotecnologia moderna no sistema agroalimentar brasileiro. Os esforços realizados no Brasil – em termos de pesquisa, legislação e formação – para garantir e melhorar tais condições são evidentes. Todavia, o crescimento do aproveitamento de recursos biotecnológicos no sistema agroalimentar brasileiro requer ações destinadas essencialmente a assegurar a confiança dos atores envolvidos. Nesse sentido, faz-se necessário estabelecer estruturas institucionais dotadas de recursos humanos e materiais suficientes para viabilizar procedimentos de avaliação e autorização de biotécnicas. Tais estruturas poderiam ser especialmente voltadas para promover a biossegurança, de maneira que os produtos da biotecnologia moderna sejam consumidos com a máxima segurança quanto à sua inocuidade e liberados comercialmente sem a presença de dúvidas a respeito de possíveis efeitos indesejados sobre o meio ambiente. Não é suficiente dizer que o risco zero não existe para nenhuma tecnologia. O importante é conhecer os potenciais riscos da tecnologia disponível, procurar dominá-los e colocar os resultados obtidos à disposição da opinião pública. Além do mais, é preciso evitar a possível monopolização das pesquisas na área biotecnológica pelo setor privado que pode ter tendência a privilegiar atividades orientadas para a demanda dos consumidores ricos e negligenciar as voltadas para a satisfação das necessidades dos desprovidos. Nessa perspectiva, seria desejável criar programas de pesquisa em biotecnologia moderna, financiados por fundos públicos, e orientá-los para alimentos mais consumidos pela maioria da população brasileira. Outro aspecto fundamental de tais programas seria a busca do

barateamento do acesso a recursos biotecnológicos. Para isso, a estratégia adequada poderia ser inspirada no setor da informática que conquista usuários finais ao colocar à sua disposição produtos tecnológicos gratuitos.

Convém particularmente aos atores do sistema agroalimentar brasileiro prestar atenção à evolução do nível de aceitação internacional da biotecnologia moderna. Isso pode ajudar a evitar o risco de um atraso, em termos de aquisição e domínio das biotécnicas atuais e futuras. Nesse sentido, torna-se imperativo promover estruturas capazes de observar e analisar o ambiente científico, tecnológico e econômico do sistema agroalimentar, para detectar as ameaças relativas à sua evolução e tirar proveito de suas oportunidades de expansão. Mais precisamente, há uma verdadeira necessidade de estabelecer um sistema brasileiro de vigília na área biotecnológica, concebido de maneira a abranger dimensões tanto nacionais quanto internacionais da evolução do setor agroalimentar.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. Agricultores aplicam agrotóxicos em excesso. **Notícias**, Seção Ciência, Tecnologia & Meio Ambiente, Brasília, 28 jun. 2002. Disponível em: <[http://www.radiobras.com.br/ct/2002/materia\\_280602\\_1.htm](http://www.radiobras.com.br/ct/2002/materia_280602_1.htm)>. Acesso em: 21 ago. 2002.

ARAÚJO, F. U. F. Os latifúndios são anti-econômicos e anti-sociais. In: CONGRESSO AGRIBUSINESS DO RIO DE JANEIRO, 1., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 1998. p. 104-107.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGRIBUSINESS. **Segurança alimentar**: uma abordagem de agribusiness. São Paulo: Edições Abag, 1993. 162 p.

AZEVEDO, P. F. de. Concorrência no agribusiness. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Org.), **Economia e gestão dos negócios alimentares**: indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição. São Paulo: Pioneira, 2000. cap. 4, p. 61-79.

BELÉM, M.; FELBERG, I.; GONÇALVES, E. B.; CABRAL, L. C.; CARVALHO, J. L. V. de; SUNDFELD, E.; NUTTI, M. R. Equivalência substancial: da composição de alimentos derivados de plantas geneticamente modificadas (PGM). **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 3, n. 14, p. 140-149, maio/jun. 2000. Encarte especial.

BONNY, S. Les biotechnologies en agriculture: perspectives et enjeux. **Futuribles**, Paris, n. 211, p. 51-76, jul.-ago. 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. **Comércio exterior brasileiro**: participação das exportações brasileiras nas exportações mundiais. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/COMERCIO\\_EXTERIOR\\_BRASIL/8.7.XLS](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/COMERCIO_EXTERIOR_BRASIL/8.7.XLS)>. Acesso em: 29 maio 2003.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto nº 4680, de 24 de abril de 2003**. Regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados, sem prejuízo do cumprimento das demais normas aplicáveis. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/D4680.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4680.htm)>. Acesso em: 29 maio 2003.

CARVALHO, A. P. de. A importância da pequena empresa tecnológica. In: CONGRESSO AGRIBUSINESS DO RIO DE JANEIRO, 1., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 1998. p. 70-73.

CASTRO, A. C. de. Mercado urbano e industrial ampliam a demanda do agribusiness. In: CONGRESSO AGRIBUSINESS DO RIO DE JANEIRO, 1., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 1998. p. 136-143.

CNPq. **Diretório dos grupos de pesquisa no Brasil**: censo 2002. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://lattes.cnpq.br/censo2002/>>. Acesso em 05 jun. 2003.

CRIBB, A. Y. **Acumulação de capacidades biotecnológicas no sistema alimentar: uma matriz de estratégias para países em desenvolvimento**, 1999. 285p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CRIBB, A. Y. **Transferência de conhecimentos tecnológicos**: o caso da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Rio de Janeiro, 2000. 22 p. (CNPq 300057/00-8 NV). Projeto concluído.

DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. A. **A concept of agribusiness**. Boston: Division of Research. Graduate School of Business, Administration. Harvard University, 1957. 136 p.

A. Y. Cribb

DELFINO, A. J. Competitividade: fragilidade patente. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 9, p. 25-27, 1999.

DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation, **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 26, p. 1120-1171, 1988.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories, **Research Policy**, Amsterdam, v. 11, p. 147-162, 1982.

DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L. **The economics of technical change and international trade**. London, Harvester Wheatsheaf, 1990.

EVENSON, R. E.; WESTPHAL, L. E. Technological change and technology strategy. In: BEHRMAN, J.; SRINIVASAN, T.N. (Ed.), **Handbook of development economics**. Amsterdam: Elsevier Science, 1995. v. 3, cap. 37, p. 2209-2299.

EMBRAPA. Resumo da posição da Embrapa sobre plantas transgênicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 11-16, 1999.

FARINA, E. M. M. Q. Organização industrial no agribusiness. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES M. F. (Org.), **Economia e gestão dos negócios alimentares: indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição**. São Paulo: Pioneira, 2000. cap.3, p. 39-60.

FONSECA, M. G. D. Biotecnologia: um século de desenvolvimento genético, vinte anos de progresso técnico. In: CONGRESSO AGRIBUSINESS DO RIO DE JANEIRO, 1., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 1998. p. 84-91.

FONTE, M. Paradigmi tecnologici e ristrutturazione dei sistemi agro-alimentari. In: GORGONI, M.; ZEZZA, A. (Org.). **Scarsità e sovrapproduzione nell'economia agro-alimentare**. Bologna: il Mulino, 1990. p. 179-226.

FRISCHTAK, C. **O que é política industrial**. São Paulo: ILDEFES, 1994. 21p.

GRAMACHO, A. Ganhar espaço, reduzir custos e aumentar a competitividade são os novos desafios das cooperativas. In: CONGRESSO AGRIBUSINESS DO RIO DE JANEIRO, 1., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 1998. p. 22-23.

GREEN, R. H.; ROCHA DOS SANTOS, R. (orgs.). **Brésil: un système agro-alimentaire en transition**. Paris: IHEAL, 1993. 232 p.

HARRIS, J. A. O que você deve saber sobre transgênicos. **Reader's Digest**, Rio de Janeiro, n. 705, p. 101-105, out. 2000.

HAYAMI, Y.; RUTTAN V. W. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Tradução por M. V. von Bulow e J. S. W. von Bulow; revisão por E. Contini, V. Contijo e A. S. Brandão. Brasília: Embrapa, Departamento de Publicações, 1988. 583 p.

HOSKEN, F. S. É preciso liberdade para importar, processar e agregar valores aos produtos. In: CONGRESSO AGRIBUSINESS DO RIO DE JANEIRO, 1., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 1998. p. 156-160.

JAMES, C. **Global review of commercialized transgenic crops: 2002**. Ithaca: ISAAA, 2003. Preview (ISAAA Briefs, 27). Disponível em: <[http://www.isaaa.org/Press\\_release/GMUpdate2002.htm](http://www.isaaa.org/Press_release/GMUpdate2002.htm)>. Acesso em: 8 abr. 2003.

JANK, M. S.; NASSAR, A. M. Competitividade e globalização. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Org.). **Economia e gestão dos negócios alimentares: indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição**. São Paulo: Pioneira, 2000. cap. 7, p. 137-163.

MACULAN, A. M. A política brasileira de ciência e tecnologia de 1970 a 1990: balanço e perspectivas da pesquisa científica e do desenvolvimento tecnológico. **Novos Estudos Cebrap**, São Paulo, n. 43, p. 173-194, nov. 1995.

MAIMON, D. Falta conscientização e recursos financeiros para a implantação de sistema de gestão ambiental pelas empresas. In: CONGRESSO AGRIBUSINESS DO RIO DE JANEIRO, 1., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 1998. p. 108-111.

MALASSIS, L. **Économie agro-alimentaire: économie de la consommation et de la production agro-alimentaire**. Paris: Cujas, 1973. t. 1.

MASCARENHAS, P. (Coord.). **Parque nacional de empresas de biotecnologia**. Belo Horizonte: Fundação Biominas, 2001. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/Temas/biotec/parque\\_nacional.pdf](http://www.mct.gov.br/Temas/biotec/parque_nacional.pdf)>. Acesso em: 3 set. 2002.

MEYER-STAMER, J. **Governance in the post-import substitution era: perspectives for new approaches to create systemic competitiveness in Brazil**. 1995. 38 p. Draft. (IDS. Discussion Paper, 349).

A. Y. Cribb

NODARI, R. O.; GUERRA, M.P. Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 81-116, 2001.

NUNES, E. P.; CONTINI E. **Dimensão do complexo agroindustrial brasileiro**. São Paulo: ABAG, 2000. Disponível em: <<http://www.abagbrasil.com.br/dimensiona.htm>>. Acesso em: 5 set. 2002.

OECD. **Background report concluding the technology/economy programme (TEP)**. Paris, 1991.

OLIVEIRA, S. P. Changes in food consumption in Brazil. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 47, n. 2, p. 22-24, 1997. Suplemento 1.

PELAEZ, V.; SCHMIDT, W. A difusão dos OGM no Brasil: imposição e resistências, **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 14, p. 5 - 31, abr. 2000.

PERES, J. R. R. Transgênicos: os benefícios para um agronegócio sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 13-26, 2001.

PINAZZA, A. H. Segurança alimentar: futuro na mesa. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 9, p. 30-32, set. 1999.

PINAZZA, L. A.; ALIMANDRO, R. Cerco aos OGMs. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 5, p. 25-27, maio/jun. 2001.

PINSTRUP-ANDERSEN, P.; PANDYA-LORCH, R; ROSEGRANT, M. W. **World food prospects: critical issues for the early twenty-first century**. Washington, D.C.: IFPRI, 1999. 32 p.

RIBEIRO, D. (Coord.). **O mercado brasileiro de alimentos industrializados: produção e demanda: situação atual e perspectivas**. São Paulo: ABIA, Departamento Econômico, 1994. 65 p.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 3th. ed. New York, Free Press, 1983.

ROSEMBERG, N. The historiography of technical progress. In: ROSEMBERG, N. **Inside the black box: technology e economics**. New York: Cambridge, University Press, 1983. cap. 1, p. 3-33.

SÁ, L. G.; BORSHIVER, S.; ANTUNES, A. M. S. Alimentos: quase metamorfose. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 36-40, jan. 2000.

Sistema agroalimentar brasileiro e biotecnologia moderna: oportunidades e perspectivas

SOUZA, A. C. Biotecnologia contribui para aumento da competitividade em preços, qualidade e tempo. In: CONGRESSO AGRIBUSINESS DO RIO DE JANEIRO, 1., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 1998. p. 68-69.

VALOIS, A. C. C. Importância dos transgênicos para a agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.18, n.1, p. 27-53, 2001.