

■ Conheça em detalhes a ferramenta que está abrindo um mundo novo em diversos setores econômicos, com destaque para o agronegócio – área em que o Brasil tende a ser líder mundial  
Páginas 2 a 8

■ Nas páginas centrais, siga a linha do tempo: a origem da biotecnologia remonta ao ano 1.800 antes de Cristo, com o emprego do lêvedo para fazer vinho, cerveja e pão

■ Veja também como o uso do DNA permite melhorar a qualidade dos alimentos, com resultados práticos mensuráveis no caso de tomate, brócolis e milho – entre outros  
Páginas 4 e 5

# COMO O DNA MUDA A FACE DA AGRICULTURA E ENRIQUECE OS ALIMENTOS

## ORIGEM

# Semente melhorada é o ponto de partida

Técnicos agrícolas foram os precursores da biotecnologia no campo ao usar espécies melhoradas

**A** ferramenta biotecnológica abriu um mundo novo na medicina, na indústria da moda, no setor químico-farmacêutico, nas modernas lavouras e, aos poucos, na mesa do consumidor. Na agricultura, não se pode falar hoje em biotecnologia sem levar em conta um capítulo histórico: o desenvolvimento das sementes melhoradas.

Até a década de 70, quando a comunidade científica começou a desenvolver a capacidade de manipular os genes dos seres vivos, o melhoramento de sementes era feito pelo simples cruzamento de espécies iguais ou similares, segundo o qual grãos de pólen contendo o genoma completo de uma espécie são introduzidos nos ovários de uma outra espécie ou variedade de planta. Foi assim que Gregor Mendel revelou a hereditariedade genética, ao cruzar ervilhas com diferentes cores de flores, em 1865. Quase uma seleção natural induzida, de importante significado no século 20, mas cujo resultado não é totalmente controlado. Além do mais, o processo leva muito tempo, de 8 a 12 anos.

Com o avanço da engenharia genética, o melhoramento de sementes ficou muito mais rápido, preciso e eficiente. O homem manipula o DNA, troca genes e consegue exatamente a



Já é possível cultivar um feijão resistente ao vírus do mosaico dourado do feijoeiro

finalidade esperada daquela semente, sem que ela perca suas características. “Isso leva a agricultura a outro patamar na história”, comemora Francisco Aragão, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

No Brasil, existem projetos avançados sendo desenvolvidos em universidades em Viçosa (MG), Campinas (SP) e São Paulo, assim como na própria Embrapa (DF). Por exemplo: os brasileiros já podem cultivar um feijão resistente ao vírus do mosaico dourado do feijoeiro, que arrasa a plantação. Produtores de laranja-pêra não precisam mais temer o cancro cítrico e já existe a possibilidade de plantar um mamão papaia que não seja vulnerável ao vírus da mancha anelar. Além disso, milho, soja e algodão são fortalecidos com um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, letal contra insetos que devoram as plantações, porém inócuos a outros insetos benéficos e à saúde humana. A biotecnologia tam-

bém pode eliminar fatores antinutricionais, como compostos tóxicos encontrados na mandioca.

É possível programar a semente para que resista a condições adversas do meio ambiente. A modificação da produção de ácido linolênico nas plantas garante maior tolerância ao frio e às geadas. Acidez e salinidade do solo não são mais problema. No Nordeste, os estudos da Embrapa com feijão-de-corda procuram reforçar a resistência desse grão contra a seca. “Sementes alteradas têm qualidades que as normais não podem ter”, analisa Flávio Finardi Filho, bioquímico especialista em Ciência dos Alimentos da USP.

Essas informações demonstram que o campo para a biotecnologia é infindável. Muitas variedades ainda serão desenvolvidas. Num futuro bem próximo, além da melhoria nutricional (*páginas centrais*), seus frutos vão durar mais nas geladeiras e nas despensas, suas flores serão mais coloridas.

## Saiba o que é biotecnologia

A biotecnologia moderna propriamente dita surgiu em 1970, com pesquisas científicas realizadas nos Estados Unidos. A técnica consiste na interferência controlada e intencional do DNA (ácido desoxirribonucléico), o código da “construção biológica” de cada ser vivo. Isso significa que os cientistas podem inserir genes de interesse específico em qualquer organismo ou mesmo retirá-los. Por esse motivo, diz-se alimento geneticamente modificado, transgênico ou de DNA recombinante.

O termo é novo, mas seus princípios são anteriores à Era Cristã. Gregos e egípcios produziam vinho e cerveja por meio da fermentação da uva e da cevada. Os produtos, expostos ao ar livre, apresentavam reações orgânicas que resultavam nas bebidas. O processo já era uma forma primitiva de biotecnologia.

Os estudos dessa ciência foram sistematizados a partir do século 17, quando o inglês Robert Hooke comprovou a existência das células e publicou o livro *Micrographia*, obra pioneira na observação microscópica de organismos. A segunda metade do século 19 trouxe a Era Microbiana, com as técnicas de pasteurização de Louis Pasteur, o descobrimento do DNA por Friedrich Miescher e, sobretudo, as experiências com o cruzamento de ervilhas por Gregor Mendel, apontado como o pai da genética.



O Conselho de Informações sobre Biotecnologia (CIB) é uma organização não-governamental e associação civil sem fins lucrativos e sem nenhuma conotação político-partidária ou ideológica. Seu objetivo básico é divulgar informações técnico-científicas sobre biotecnologia e seus benefícios, aumentando a familiaridade de todos os setores da sociedade com o tema.

Nesse sentido, cabe a ele estimular a divulgação de estudos científicos feitos no Brasil ou em outros países.

É meta do CIB, também, estabelecer-se como fonte de informações para jornalistas, pesquisadores, empresas e instituições interessadas em biotecnologia.

• Para mais informações, acesse [www.cib.org.br](http://www.cib.org.br)

### EXPEDIENTE

Coordenação Geral	Eugênio Araújo
Editor	Antonio Celso Villari
Conselho Editorial	Aluizio Borém ( <i>Ph.D., professor da UFV</i> ) Beto Vasconcelos ( <i>advogado, KLA Advogados</i> ) Flávio Finardi ( <i>Ph.D., professor da USP</i> )
Gerência Técnica	Vinicius Carvalho
Fotografia/Coordenação	Cacalo Kfourri
Projeto Gráfico	Marcelo Begosso
Designer, Diagramação	Sérgio Brito
Apoio Operacional	Jacqueline Ambrósio
Revisão	Débora Marques





# As tecnologias que mudaram o campo

**Uso de máquinas, insumos e defensivos foi responsável pela primeira revolução nas lavouras, antes da ferramenta biotecnológica**

**C**em anos antes de Cristo, os chineses começaram a utilizar o crisântemo em pó como um eficiente inseticida na proteção das lavouras. Apenas um elemento a mais no mundo que atravessou séculos predominantemente agrícolas. Até que, na Revolução Industrial do século 18, a partir do motor a vapor de James Watts, apareceram as máquinas. A agricultura ganhou impulso valioso, é verdade. O maquinário alcançou produtividade muito superior à obtida pelas mãos humanas. Áreas enormes passaram a ser cultivadas com eficácia inimaginada. Para controle das pragas que dizimavam as plantações, surgiram os defensivos agrícolas, que, na segunda metade do século 20, adquiriram status literal de “a salvação da lavoura”.

Mas nada se compara ao avanço que a biotecnologia descortina nos dias de hoje. A manipulação genética permite

que os cultivos sejam adaptados conforme o tipo de ambiente, as necessidades socioeconômicas, os interesses do agricultor e até mesmo de acordo com as pragas em questão. Também valoriza e aprimora a qualidade nutricional dos alimentos. Pode ser o início da mais importante solução contra a fome mundial e a veloz taxa de crescimento populacional do planeta. “Sem contar que podemos usar as plantas como biorreatores, ou seja, de forma que o vegetal produza substâncias utilizadas em vários fins industriais”, diz o especialista em genética Paulo Arruda, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Nem só as plantas entram no laboratório. Animais podem ser geneticamente modificados, o que implica uma série de questões econômicas decisivas. Na Nova Zelândia, vacas tiveram alguns genes alterados para fornecer leite com alto teor de proteínas e servir mais matéria-prima à indústria de queijos, com o mesmo volume de leite dos animais normais. Ainda en-

tra na questão o aspecto da ração melhorada. O Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética da Unicamp criou o milho inibidor da coccidiose aviária, mal que mata as galinhas. Esse milho produz a substância PW2, que torna as aves imunes à doença.

Atendo-se às sementes, os primeiros transgênicos tinham a propriedade de ser tolerantes a herbicidas. Soja, milho e algodão com tal característica re-

presentaram, em 2002, cerca de 75% da área global cultivada no planeta (44,2 milhões de hectares). Os outros transgênicos pesquisados a seguir vieram resistentes a insetos, pela introdução de genes da bactéria Bt (*Bacillus thuringiensis*), o que possibilita que as plantas produzam toxinas letais a determinados grupos de insetos, mas inócuas aos homens e a outros animais. Logo os agricultores notaram que a

biotecnologia significa, nas lavouras, além do aumento da produtividade, uma considerável diminuição dos custos de produção.

Estudos da Faculdade de Economia e Administração da USP revelam que as inovações do tipo biológico ou químico, bem como as mecânicas, contribuem para a maior produtividade da agricultura. Na ponta final do processo, dizem os economistas, estará um consumidor mais satisfeito com a redução do preço dos alimentos. “Nesse sentido, a biotecnologia é uma inovação de grandes repercussões”, acentua Fernando Homem de Melo, pesquisador da Fipe-USP.



Na China, uma ferramenta ancestral: o crisântemo em pó era usado como defensivo agrícola

Alexandre Campbell / Deftoc: Altili



CIÊNCIA

# Como o DNA pode melhorar a qualidade dos alimentos

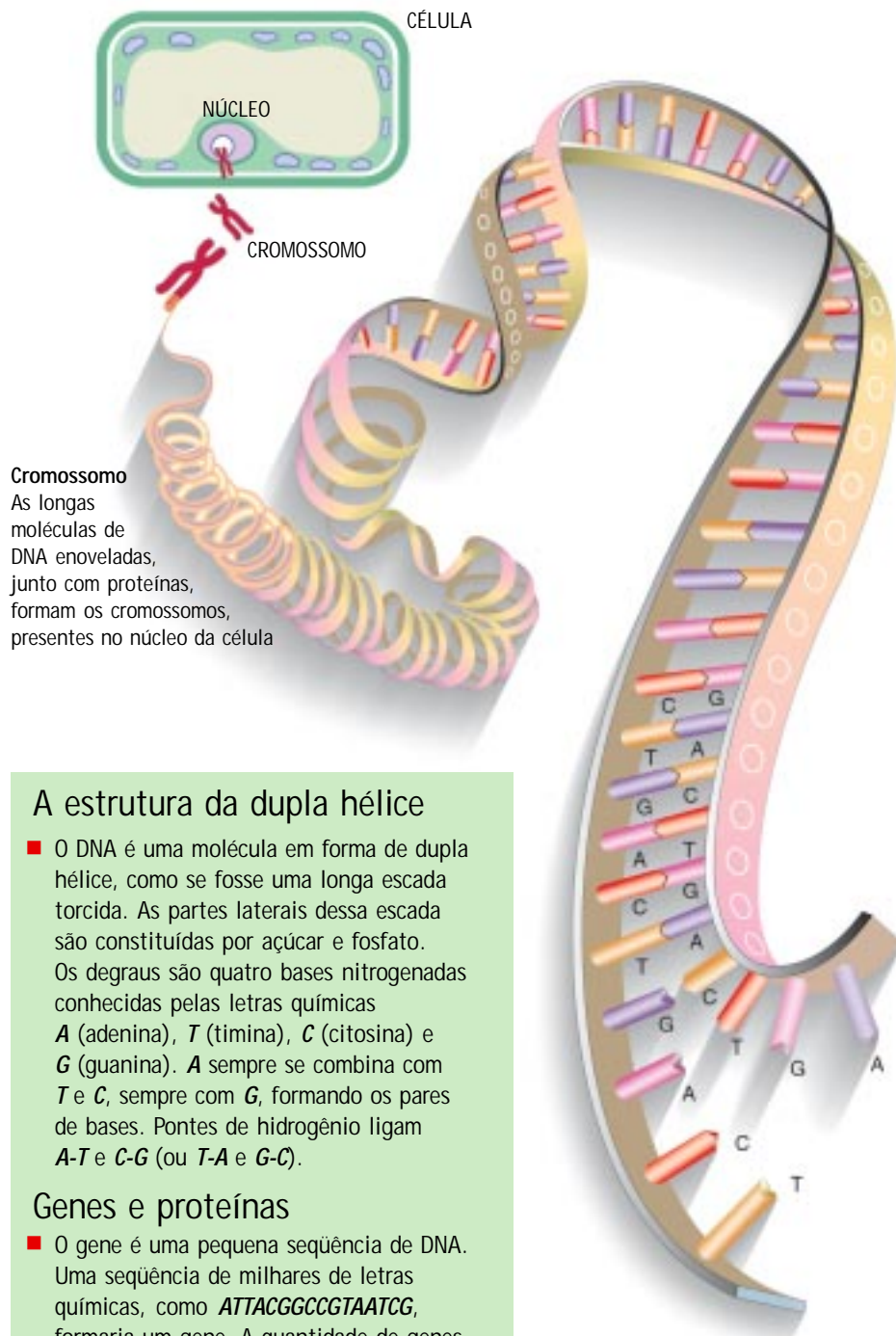
Com a biotecnologia, é possível conhecer os genes de várias espécies e introduzi-los em outras plantas para torná-las mais ricas e produtivas

A sigla DNA tornou-se tão familiar nos últimos anos quanto H<sub>2</sub>O, a fórmula química que identifica a água. Mesmo na imprensa, vem sendo usada cada vez mais sem a explicação exata de seu significado: ácido desoxirribonucléico. Este ano, mais do que nunca, a molécula de DNA ganhou o papel de protagonista por dois motivos. O primeiro, pela comemoração dos 50 anos da descoberta de sua estrutura, por James Watson e Francis Crick. O segundo, pelo término do mapeamento do Genoma Humano – a partir do qual foi identificada a ordem de todas as letras químicas que compõem o DNA do homem, responsável pela hereditariedade. O desdobramento de tal trabalho se dará à medida que surjam soluções para doenças graças a esse novo conhecimento. Na agricultura, semelhante avanço já ocorreu. Com técnicas rápidas e seguras, a biotecnologia consegue silenciar, ativar ou transferir genes que resultam em alimentos melhores.

Não é preciso conhecer todo o genoma (o conjunto dos genes) da planta

para modificá-la. “É necessário saber em que parte do DNA está o gene que faz a planta (ou outro ser vivo) produzir determinada proteína que pode ser importante para outra espécie”, explica Aluizio Borém, pesquisador da Universidade Federal de Viçosa (MG) e autor do livro *Biologia Simplificada*, em parceria com Fabrício Santos, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). “Agora, ter em mãos o mapa do genoma da planta é sempre bom porque ali está a receita de tudo.” Borém diz que o melhoramento molecular é mais exato e rápido do que o método clássico, pelo qual é preciso aguardar sucessivas gerações para se chegar aos resultados esperados. “Com a biotecnologia, ‘enxergamos’ o gene, podemos saber qual sua função e introduzi-lo em outra planta para fazê-la funcionar melhor”, afirma.

Há diversos estudos em andamento sobre modificação genética de plantas. Os objetivos variam: melhorar a tolerância a condições ambientais (frio ou calor demasiados, salinidade, acidez do solo, etc); aumentar o rendimento; reduzir a concentração de fatores anti-nutricionais, alergênicos e toxinas; diminuir o uso de praguicidas; e produzir vacinas comestíveis e proteínas terapêuticas, entre outras possibilidades. “Quando esses benefícios atingirem grande parte da população, as mudanças passarão a ser aceitas sem restrições”, acredita Borém.



## A estrutura da dupla hélice

- O DNA é uma molécula em forma de dupla hélice, como se fosse uma longa escada torcida. As partes laterais dessa escada são constituídas por açúcar e fosfato. Os degraus são quatro bases nitrogenadas conhecidas pelas letras químicas **A** (adenina), **T** (timina), **C** (citosina) e **G** (guanina). **A** sempre se combina com **T** e **C**, sempre com **G**, formando os pares de bases. Pontes de hidrogênio ligam **A-T** e **C-G** (ou **T-A** e **G-C**).

## Genes e proteínas

- O gene é uma pequena seqüência de DNA. Uma seqüência de milhares de letras químicas, como **ATTACGGCCGTAATCG**, formaria um gene. A quantidade de genes varia entre as espécies. O homem tem entre 30 mil e 40 mil, o cachorro, cerca de 30 mil e o arroz, 25 mil. São essas letras químicas que, em resumo, têm as informações necessárias para sintetizar as proteínas.



O levedo é usado para fazer vinho, cerveja e pão.

Chineses usam crisântemo em pó como inseticida.

A vacina viral contra a varíola começa a ser usada.

Pasteur define a função dos microrganismos.

Mendel descobre a hereditariedade.

A primeira vacina anti-rábica é descoberta.

Uma bactéria é usada para tratar esgoto na Inglaterra.

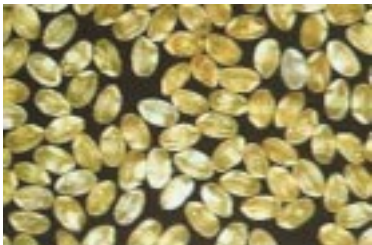
Sementes híbridas de milho começam a ser comercializadas.

Avery mostra que o DNA é o responsável pela hereditariedade.



## Organismos geneticamente modificados

■ A biotecnologia permite alterar o genoma de plantas e animais, introduzindo neles genes que possam sintetizar proteínas específicas para cumprir determinada função. Como o código genético é universal, isto é, uma mesma seqüência de letras químicas – seja do homem, seja de alguma planta, seja de bactérias – produz a mesma proteína, pode-se transferir genes entre diferentes espécies com o objetivo de transmitir características para indivíduos diferentes.



O genoma do tipo mais comum de arroz (*Oryza sativa*), por exemplo, recebeu dois genes da planta narciso (*Narcissus pseudonarcissus*) e um da bactéria *Erwinia uredovora*. O resultado foi o arroz dourado (golden rice), que é muito mais rico em betacaroteno, o agente precursor da vitamina A, importante para evitar a cegueira noturna e combater a desnutrição. Até 2005 essa variedade deverá estar disponível para ser comercializada em grande escala.

## Segurança à mesa

Uma das principais críticas feitas à produção de alimentos geneticamente modificados diz respeito à segurança. Como saber se a soja, o milho ou o arroz que carregam genes que não lhes pertencem originalmente são efetivamente seguros? Qual a garantia de que esses alimentos não causarão problemas em longo prazo? A chefe geral da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Marília Regini Nutti, especialista em planejamento nutricional, diz que é impossível ter 100% de certeza sobre todos os riscos envolvidos, embora tais avaliações sejam exaustivas e tenham duração de quatro a cinco anos antes da comercialização, além do acompanhamento posterior à entrada do produto no mercado.

Marília lançou recentemente o livro *Transgênicos: Bases Científicas da sua Segurança*, em co-autoria com Franco Maria Lajolo, professor da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP). “No Brasil, há várias instruções normativas da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), pela qual todos os projetos nessa área têm de passar”, afirma a pesquisadora. Os estudos devem ser acompanhados pela comissão durante todo o tempo de desenvolvimento do organismo geneticamente modificado (OGM). Nesse período, são feitos os testes solicitados para avaliar a segurança não só das pessoas, mas também do ambiente. Os estudos ambientais se prestam a analisar prováveis impactos nos microrganismos do solo e na água, bem como em outros organismos-alvo e não-alvo envolvidos. Já os de segurança alimentar do OGM avaliam composição, aspectos toxicológicos e potencial alergênico do produto.

“Os alimentos geneticamente modificados vêm sendo consumidos desde 1996 em diversos países, sem relato de efeitos adversos”, diz Marília. “O sucesso obtido pelos cientistas, no entanto, não deve relaxar a vigilância sobre futuros alimentos”, prossegue. Essa questão tem sido acompanhada com atenção e seriedade nos diferentes fóruns internacionais em que é debatida.

No Brasil e no mundo já existem bons exemplos do uso da biotecnologia para aumentar a qualidade de alguns alimentos, como é o caso de determinadas variedades de soja, batata, tomate, brócolis e milho



### Soja

■ A soja com um maior conteúdo de óleos insaturados (ácido oléico), já à venda nos EUA e no Canadá, é mais saudável para pessoas com propensão a problemas cardiovasculares.



### Batata

■ O balanço de amilopectina e da amilose da batata-inglesa foi melhorado. A batata modificada reduz a absorção de óleo durante o processo de fritura.



### Tomate

■ O tomate Flavr Savr foi desenvolvido para resistir ao transporte, permanecendo firme por mais tempo, e para ser maior e mais saboroso. Hoje, um dos objetivos dos cientistas é produzir tomates com mais licopeno, substância naturalmente presente nos frutos, porém em baixa quantidade, que é benéfica na prevenção do câncer de próstata.



### Brócolis

■ Estuda-se também aumentar o teor de glucosinolato no brócolis. Esse composto possui propriedades metabólicas anticancerígenas e antioxidantes.



### Milho

■ A Embrapa está desenvolvendo um milho com maior teor de metionina, aminoácido adicionado à ração animal. Além de reduzir o custo da ração à base de milho, a mudança proporcionará melhoria nutricional na dieta da população brasileira.



Wilson e Crick revelam a estrutura do DNA.

Cohen e Boyer transferem um gene de um organismo para outro.

A insulina humana é produzida por engenharia genética.

As primeiras plantas são desenvolvidas por meio da biotecnologia.

São realizados os primeiros testes de campo das plantas transgênicas.

O primeiro alimento GM, o tomate Flavr Savr, chega aos supermercados dos EUA.

A primeira soja modificada pela biotecnologia chega ao mercado.

O arroz geneticamente modificado é criado.

O Projeto Genoma, que identificou o mapa genético humano, é concluído.



## LABORATÓRIO

# Mesmo com dificuldades, pesquisas prosseguem no País

Cientistas trabalham com biotecnologia em diversos Estados para tornar comercialmente viáveis produtos desenvolvidos em laboratórios

**M**esmo com os poucos recursos para pesquisa no Brasil, além de dificuldades legais que emperram vários trabalhos científicos, os mais importantes centros de pesquisa do Sudeste brasileiro desenvolvem estudos – com base na biotecnologia – no sentido de encontrar soluções comerciais para alimentos melhorados geneticamente. A referência no País continua sendo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que faz parte do Ministério da Agricultura. O braço da entidade responsável pelo setor de biotecnologia, um dos 39 centros de pesquisa e serviços especiais do órgão, é o Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen). A missão do Cenargen (*ver texto abaixo*) é encontrar soluções tecnológicas para o desenvolvimento sustentável do agronegócio brasileiro e, com isso, assegurar a conservação, a valorização e o uso dos recursos genéticos ao gerar, adaptar e transferir conhecimentos e tecnologias.

Na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP), as pesquisas em biotecnologia para melhorar os alimentos encontram-se literalmente em ebulição. O pós-doutorando Wellington Luiz de Araújo, do Departamento de Genética, dá dois exemplos. Um deles é o estudo sobre a interação de um microrganismo endofítico que vive dentro das plantas com a bactéria *Xylella fastidiosa*, causadora da doença conhecida como amarelinho – ou clorose variegada de citros (CVC) –, que atinge os laranjais. Araújo conta que está sendo feita a clonagem do gene da bactéria *Bacillus* do ambiente, responsável pela degradação do exopolissacarídeo da *Xylella*, uma das cau-



Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)

sas de doenças em citros. No momento, os pesquisadores, que estão na última fase de avaliação, estudam o efeito dessa bactéria sobre a *Xylella*. “Esperamos que ela consiga degradar o exopolissacarídeo e controlar a doença no campo”, diz Araújo.

Em outra pesquisa feita na Esalq, espera-se encontrar a bactéria endofítica que acelera o crescimento das plantas. Há duas espécies sendo estudadas: o eucalipto e a soja. O resultado concreto será o ganho de 20% de crescimento nas espécies em que a biotecnologia tiver sido empregada.

Outro importante centro de estudos

brasileiros está localizado na Universidade de Mogi das Cruzes (UMC). Segundo o professor João Lucio Azevedo, coordenador do Núcleo Integrado de Biotecnologia da universidade, a entidade participa parcialmente do famoso Projeto Genoma Humano, patrocinado pela Fundação de Amparo à Pesquisa Científica do Estado de São Paulo (Fapesp), que seqüenciou a *Xylella*.

Na USP, em São Paulo, o pesquisador sênior Crodowaldo Pavan, do Departamento de Microbiologia do Instituto de Ciências Biomé-

dicas, estuda há anos diversos processos que envolvem a biotecnologia. O mais importante deles diz respeito às bactérias fixadoras de nitrogênio e sua utilização nos processos de adubação do solo.

Um outro estudo, em fase inicial na USP, tem como objetivo aumentar a quantidade de proteínas e vitaminas no feijão, elevando, conseqüentemente, sua qualidade nutricional.

A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), do Rio de Janeiro, igualmente mantém técnicos dedicados à biotecnologia. A área tecnológica da entidade monitora os projetos de pesquisa em andamento e detecta os produtos que podem ser lançados no mercado – não sem antes contar com a devida proteção legal. De acordo com Maria Celeste Emerick, coordenadora dessa área da Fiocruz, um dos projetos atuais é o de um reagente para o diagnóstico da leishmaniose, desenvolvido em parceria com a iniciativa privada. Da mesma forma, há um outro trabalho no qual a Fiocruz oferece às empresas os antígenos de doenças como dengue, Chagas e leptospirose, recebendo em troca a tecnologia de diagnóstico rápido. “Também estão sendo avaliados produtos com base em plantas para o desenvolvimento de fitoterápicos, entre outros importantes trabalhos”, enfatiza Celeste Emerick.

## Cenargen continua na vanguarda

O chefe do Cenargen, Luiz Antonio Barreto de Castro, explica que o braço biotecnológico da Embrapa lida com a engenharia genética de plantas há 23 anos. “Até as leguminosas, mais difíceis de se trabalhar, foram contempladas nos projetos da entidade”, diz. Há vários programas em andamento: estuda-se criar uma soja geneticamente modificada para resistir a herbicidas e um feijão que consiga fazer frente ao vírus do mosaico dourado. Acabam de ser concluídos também os estudos sobre a utilização da engenharia genética no controle da sigatoka negra em bananas. Outro vilão da

produção de feijão, o caruncho, que afeta os grãos armazenados, principalmente no Nordeste, está sendo analisado, assim como o bicudo, que ataca as plantações de algodão.

A maioria dos projetos para resistência a insetos utiliza genes específicos obtidos de bactérias, que são transferidos para o genoma das diferentes plantas. Como resultado, o próprio vegetal passa a desenvolver toxinas prejudiciais ao inseto. Ou seja, a engenharia genética, em tais casos, cria mecanismos naturais de defesa. Para conferir resistência a um vírus, o pro-



Luiz Antonio B. de Castro

cesso é diferente. Tira-se o gene que codifica determinada proteína do vírus para colocá-lo na planta. Com isso, o microrganismo

deixa de infectá-la.

Hoje, um dos problemas enfrentados pela Embrapa está no fato de as plantas resistentes a fungos, insetos e vírus serem consideradas biocidas, ou seja, agrotóxicos biológicos. A legislação vigente dificulta, ou impede, os experimentos de campo com essas variedades, razão pela qual existem pesquisas paradas há três anos à espera de uma autorização.

## AVANÇO

# As vantagens para o meio ambiente

A agricultura de alta tecnologia permite aumentar a produtividade das lavouras e garante uma maior proteção ambiental



**A**lém dos agricultores e dos consumidores, quem mais se beneficia com os transgênicos, em muitos aspectos, é o meio ambiente. Essa tecnologia, em alguns casos, pode re-

duzir o uso de defensivos nas lavouras. Plantas tolerantes a herbicidas, por exemplo, permitem que o agricultor substitua uma série de produtos às vezes por um único, possibilitando o emprego de defensivos menos tóxicos do que os adotados em plantações convencionais. Isso resulta em um número menor de aplicações de herbicidas e faz com que ervas invasoras sejam combatidas sem prejudicar a lavoura.

Já os transgênicos conhecidos como Bt resistem a grupos específicos de insetos que danificam as plantações. Na prática, os insetos são combatidos ao atacar as plantas, o que diminui a utilização de inseticidas, ou, em algumas situações, torna esses produtos desnecessários. Somente nos EUA, os cultivos tolerantes a herbicidas e Bt reduziram o uso de inseticidas em 20,7 mil toneladas em 2001, segundo dados do International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA).

De um ponto de vista mais amplo, o controle mais eficiente de pragas resulta em maior produtividade, permitindo que o agricultor produza mais dentro do mesmo espaço. Assim, evita-se a abertura de novas áreas para agricultura, o que também reduz os desmatamentos. “A melhor maneira de proteger o meio ambiente é usar agricultura de alta tecnologia que aumente a produtividade por hectare”, resume o professor Ernesto Paterniani, da Esalq-USP, especialista em melhoria vegetal.

## LEGISLAÇÃO

## Entenda a história do imbróglio jurídico no Brasil

Até que se defina quem tem competência para julgar a segurança dos transgênicos no País, o setor biotecnológico pode ficar de mãos atadas

**N**ão há nenhuma lei no Brasil que proíba o plantio e a comercialização de alimentos transgênicos. O que existe é uma disputa judicial sobre a autoridade da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para julgar a segurança desses produtos, principalmente em relação ao seu impacto no meio ambiente. Criada em 1995, dentro da Lei de Biossegurança, a comissão é formada por 36 membros titulares e suplentes, incluindo especialistas científicos, representantes de sete ministérios, de organizações civis e do setor privado.

O primeiro parecer favorável para o plantio comercial de uma planta transgênica foi dado em 1998 para a soja RR, tolerante ao herbicida glifosato. A CTNBio avaliou os dados científicos do produto e considerou que ele é equivalente à soja tradicional e não representa risco para o meio ambiente nem para a saúde humana e animal. Conseqüentemente, dispensou a realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA-Rima), de acordo com o que lhe é facultado pelo Decreto 1.752/95. Mas, desde então, uma limi-

nar, confirmada por sentença judicial em ação movida por organizações não-governamentais, proibiu a liberação de transgênicos no País sem a realização prévia do EIA-Rima e determinou a criação de regulamentação específica para rotulagem.

As normas de rotulagem, porém, só foram definidas em dezembro de 2001, pelo Decreto 3.871, revogado pelo Decreto 4.680, publicado em abril deste ano. A aprovação dos protocolos para a realização do EIA-Rima (conhecidos como termos de referência), veio somente em 2002 pela Resolução Conama nº 305. A liminar significou, portanto, um embargo judicial para os transgênicos, já que nem as empresas nem as instituições de pesquisa tinham como cumprir suas exigências. “Não se faz EIA-Rima para um produto, mas, sim, para uma atividade”, explica o jurista Antonio José L. C. Monteiro, especialista do escritório Pinheiro Neto Advogados. “Para produtos, basta uma análise de risco, que foi o que a CTNBio fez para a soja”, defende.

Monteiro salienta que a disputa judicial – que persiste – não é baseada em fatos científicos, pois nunca foi apresentada nenhuma prova de que os transgênicos sejam prejudiciais ao meio ambiente ou à saúde. Trata-se, se-



Antonio José Monteiro

gundo ele, de uma briga meramente política. “Como as ONGs não concordam com a autoridade da CTNBio, defendem que apenas o Ministério do Meio Ambiente (MMA) teria tal competência”, assinala.

A pergunta que precisa ser respondida, portanto, diz respeito a autoridade:

quem dá a palavra final sobre a biossegurança dos transgênicos, a CTNBio ou os ministérios – neste caso o do Meio Ambiente? Cinco anos depois, a resposta está nas mãos de três juízes do Tribunal Regional de Justiça (TRF) do Distrito Federal. A relatora Selene Maria de Almeida já se pronunciou em favor da CTNBio e da liberação da soja transgênica. Ainda faltam as decisões dos outros dois juízes, que não têm prazo para concluir o julgamento. De qualquer maneira, a briga não termina aí, pois quem perder ainda poderá recorrer ao Superior Tribunal de Justiça e ao Supremo Tribunal Federal.

Caso o TRF derrube a sentença judicial, a soja transgênica estará legalizada, pelo menos temporariamente. Até que a autoridade da CTNBio seja confirmada pela Justiça, entretanto, não há como dar prosseguimento às avaliações e pesquisas com outros transgênicos. O setor de biotecnologia pode ficar com as mãos atadas, aguardando uma definição das leis.

### Pontos principais

- 1 Não há lei no Brasil que proíba os transgênicos.
- 2 A introdução dos transgênicos no País está bloqueada por uma ação judicial movida contra a soja da Monsanto, que acabou afetando todo o setor.
- 3 A disputa judicial não trata de questões científicas, mas da autoridade da CTNBio sobre os ministérios.
- 4 A Lei de Biossegurança e a MP 2.919 consideram a CTNBio como o órgão máximo para julgar a segurança ambiental e alimentar dos transgênicos.
- 5 A avaliação é feita caso a caso para cada produto. Os pareceres são conclusivos e vinculativos aos ministérios.
- 6 A legislação ambiental exige o EIA-Rima para atividades que potencialmente possam causar impacto no meio ambiente, entre elas o cultivo de transgênicos.
- 7 Segundo a Lei de Biossegurança, entretanto, a CTNBio tem autoridade para dispensar o EIA-Rima em uma análise caso a caso, como fez para a soja transgênica.



# O Brasil pode liderar mercado

Detentor da ferramenta biotecnológica desde os anos 70, com a Embrapa, o Brasil pode ser o grande destaque mundial na produção e exportação mundial de grãos, em menos de dez anos

**O** Brasil deve o início da pesquisa agrícola a Nelson Rockefeller. Nos anos 50, ele passou a desenvolver, em fazendas adquiridas em São Paulo, o milho híbrido, trazendo para cá uma experiência iniciada nos Estados Unidos nos anos 30. Essas pesquisas se dobraram, depois, na criação da Agrocereceres e na evolução da Embrapa, que se tornou um dos maiores centros de pesquisa do mundo. Os avanços obtidos pelo milho híbrido permitiram ao País ganhos substanciais.

No caso dos transgênicos, em 1997 foram plantados 3,6 milhões de hectares nos Estados Unidos, número que chegou a 25 milhões de hectares em 2000. Na Argentina, a área plantada de transgênicos saltou de 1,4 milhão de hectares, em 1997, para mais de 6 milhões três anos depois.

Estudo divulgado em 1999 pelo Instituto de Economia Agrícola – Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa Agropecuária (Fundepag) – constatou acréscimo de 5% a 14% de rentabilidade em alguns Estados brasileiros em decorrência de uma maior produção e de menores custos com insumos. As três principais culturas-alvo dos transgênicos são o milho, o algodão e a soja.

O ganho de produtividade existe porque essas variedades são mais resistentes a pragas, demandando menor quantidade de insumos químicos e defensivos agrícolas, o que resulta em menor perda de produção.

A soja é o produto agrícola mais importante em termos de contribuição de renda ao agricultor, ao PIB e às exportações. Em 2000, o Brasil produziu quase 32 milhões de toneladas do grão, dos quais cerca de 22 milhões foram exportados,

gerando por volta de US\$ 4,2 bilhões ao País.

Um dos argumentos econômicos contra a soja transgênica é o da possibilidade da criação de um mercado de soja tradicional com cotação superior, por conta da resistência da União Européia às espécies geneticamente modificadas. Mas até agora esse mercado não existe. O Brasil não consegue um



Melo: é a “nova Revolução Verde”



Marcos Jank: conquista do mercado

tores, ganhos com a redução de custo e o aumento de produção. No caso dos provedores de insumos, ganhos com vendas de glifosato e de sementes. Os benefícios evoluíram de US\$ 124,91 milhões, em 1996, para US\$ 1,6 bilhão em 2002.

Estudos mais aprofundados deverão ser realizados para analisar a eficácia do uso dos transgênicos no tempo. De qualquer forma, o mundo já entrou em nova etapa, na qual as pesquisas tecnológicas passam a desempenhar papel essencial, tanto para subsidiar políticas agrícolas quanto para preparar a agricultura brasileira para não perder seu espaço atual.

Na opinião de Marcos Jank, engenheiro agrônomo formado pela Esalq-USP, para prosseguir ocupando espaço no cenário internacio-

nal de commodities agrícolas, o Brasil não pode abrir mão da biotecnologia. Jank explica que, atualmente, o setor de agronegócio praticamente não enfrenta barreiras, e todo o mundo mantém a competição em escala global. “Na minha opinião, ocorrerá com os transgênicos o mesmo que aconteceu com o café, as frutas e os vinhos”, diz Jank, assinalando que será inevitável a identificação de uma série de níveis de qualidade, denominações de origem e tipos de rotulagem. E acrescenta: “A biotecnologia será mais importante ainda quando mexer com aspectos nutricionais dos alimentos”.

Outro pesquisador da USP, Fernando Homem de Melo, acentua que a biotecnologia pode ser comparada à Revolução Verde dos anos 60 e 70, com o desenvolvimento da tecnologia genética de sementes híbridas, sobretudo nos EUA, e à tecnologia dos cerados, criada pela Embrapa, que permitiu a implantação de milhões de hectares cultivados no País.

## Espaço aberto na Europa

- A União Européia importa mais de 20 milhões de toneladas de soja em grão por ano e mais de 21 milhões de toneladas de farelo de soja no mesmo período.
- As vendas de soja americana e argentina cresceram 50% no último ano.
- Mais de 75% da soja plantada nos EUA na última safra foi transgênica e, na Argentina, esse percentual excede 95%. Sendo a Europa o grande importador, temos:
  - Conclusão I – A União Européia está em franco processo de elevação da compra de transgênicos.
  - Conclusão II – Como, em dez anos, o Brasil vai liderar a produção mundial de soja, não pode desperdiçar esse mercado.

centavo a mais por sua soja não modificada.

Em contrapartida, estudo recente do caso argentino demonstra que, na soma final, os ganhos dos produtores que usam transgênicos podem ser expressivos.

Recentemente o pesquisador Eduardo Trigo, diretor do grupo CEO, apresentou um balanço parcial de seis anos de implantação dos transgênicos em seu país, um exemplo relevante para analisar os impactos econômicos da pesquisa na produção agrícola.

A trajetória de implantação é bem atual. Começou em 1996, com a soja tolerante ao glifosato (RR), seguindo em 1998 com o milho e o algodão resistentes a lagartas.

As novas modalidades de soja permitiram redução de US\$ 20 a US\$ 25 por hectare nos custos de produção. A expansão da área agrícola foi de 4,6 milhões de hectares e permitiu ao país saltos expressivos nas exportações.

Trigo dividiu seu estudo em quatro tipos de ganhos. No caso dos agricul-