



PLANTAS TRANSGÊNICAS NA VIRADA DO MILÊNIO

* Tadeu Elisbão

RESUMO

O presente artigo se propõe a fazer uma revisão crítica a respeito do tema **plantas transgênicas**, examinando detalhes operacionais da preparação do material biológico em laboratório, passando pela análise das propriedades dos vegetais cultivados que podem (e já estão sendo) modificadas por meio do transplante de genes. O término da trajetória é feito nos pronunciamentos e nas mesas de debates, em torno das conveniências e dos riscos potenciais embutidos no procedimento de se disseminar nas áreas cultivadas e depois utilizar na alimentação humana variedades de espécies vegetais alteradas na sua constituição genética original pela incorporação de um ou mais genes que lhes são estranhos.

ABSTRACT

The present article aims at making a critical review of the theme **transgenic plants**, examining operational details of the preparation of biological materials in the laboratory. The properties of cultivated vegetables which may be (and are already being) modified by means of genes transplant are analyzed, finishing the course of statements and debates about the convenience and potential risks imbedded in the process of dissemination in cultivated areas and further use in human's feeding of varieties of altered vegetable species in their original genetic constitution, by means of adding one or more foreign genes to them.

UNITERMOS: Engenharia Genética; DNA Recombinante; Plantas Transgênicas; Seres Transgênicos.

KEY-WORDS: Genetic Engineering; Recombinant-DNA; Transgenic Plants; Transgenic Beings.

* Docente do Departamento de Ciências Biológicas do CESULON.
Mestre em Genética Humana pela UFPR.
Doutor em Genética de Microrganismos pela USP.



INTRODUÇÃO

Se o alvorecer do século XX foi assinalado no terreno científico pelo reconhecimento das teorias de Mendel, fato que ocasionou o nascimento efetivo da Genética, ao fecharmos este derradeiro século que viu a consolidação e o desenvolvimento dessa ciência biológica fundamentalmente experimentalista, muitas conquistas nos fascinam e outras tantas perspectivas nos empolgam e, ao mesmo tempo, atemorizam.

Neste contexto, torna-se sugestiva uma circulação através da bibliografia especializada para reunir os principais tópicos e as mais fecundas discussões sobre o mais recente produto da Engenharia Genética: as **plantas transgênicas**.

Embora o reino animal também esteja sendo alvo da manipulação genética, conforme já destacava JAENISCH (1988), as características orgânicas mais simples e a maior estabilidade dos seres vegetais os tornam mais apropriados para a exploração mais ampla de modificações introduzidas no DNA, pelo menos no estágio atual das técnicas laboratoriais.

A HISTÓRIA

A estratégia de procurar modificar organismos vegetais em algum aspecto interessante do ponto de vista da exploração humana tem exatamente a mesma idade da agricultura. Quando os nossos ancestrais pré-históricos deixaram a condição de caçadores-coletores e as tribos fixaram-se nos lugares que lhes eram mais convenientes, a prática do cultivo de espécies alimentícias inspirou o jovem *Homo sapiens* a ter a sabedoria de escolher para o plantio as sementes dos vegetais que tinham se mostrado mais convenientes no ciclo anterior, ou seja, aqueles em que o órgão comestível tivesse sido maior, mais saboroso ou mais atraente em algum aspecto.

Pode-se dizer que nesse primeiro estágio já se praticava Genética, de forma intuitiva e rudimentar desde que, de alguma forma, já se interferia nos genes das espécies cultivadas.

O procedimento não sofreu modificações significativas por muitos milhares de anos. Só mais recentemente, no período pós-guerra, foi que o melhor entendimento dos princípios genéticos possibilitou o domínio de técnicas de cruzamentos dirigidos e seleção, que configuraram o nascimento da subárea chamada **Melhoramento Genético** que, desde então, trouxe um grande impulso à produção agrícola.

O mecanismo básico dessa especialidade consiste em promover cruzamentos entre linhagens (ou raças) de uma mesma espécie para se juntar nas mesmas plantas (híbridas) genes que determinam características novas ou melhoradas (do ponto de vista do aproveitamento humano). Sucessivos ciclos de cruzamentos e seleção dos melhores produtos tendem a concentrar nos mesmos indivíduos os genes que condicionam as características mais desejadas. Considerando-se que se podem reunir propriedades de uma grande número de linhagens, que se desenvolveram naturalmente em diferentes regiões geográficas, continentes distantes e até ilhas isoladas, é possível se aquilatar todo o potencial dos métodos de melhoramento genético dentro das ciências agrárias.



Associando-se ainda os progressos alcançados mediante a intervenção no ambiente, como a mecanização, a irrigação e o aperfeiçoamento de fertilizantes e defensivos, foi impulsionado um gigantesco aumento da produção ao longo das últimas décadas, fenômeno que ficou conhecido como a **revolução verde**, cujas implicações gerais são discutidas por HOBELINK (1987).

Em pleno esplendor dessa produtividade generosa nos campos de cultivo, simultaneamente, nos laboratórios de Biotecnologia espalhados pelo mundo, era auscultada a possibilidade de se manipular diretamente o DNA dos seres vivos e assim introduzir "cirurgicamente" genes específicos que iriam aprimorar uma característica já existente ou até gerar uma propriedade que o indivíduo (animal, planta ou microrganismo) não possuía.

No transcurso da década de setenta começou então a ser desenvolvida a conhecida **Tecnologia do DNA Recombinante** (Davis, 1991) que possibilitava identificar, recortar e transferir para células de outros indivíduos pedaços de DNA que fariam aparecer nesses seres propriedades genéticas novas e que, de alguma forma, pudessem ser interessantes para a nossa espécie biológica (WILLIAMS *et al.* 1993). Nascia a **Engenharia Genética**, expressão que passou a empolgar e ao mesmo tempo atemorizar as populações, devido às possibilidades e também aos riscos potenciais que envolve, conforme discute FARAH (1997).

No bojo das conquistas científicas dessa nova e promissora especialidade, o conhecimento e a técnica possibilitaram a construção de **seres transgênicos**. Conceitualmente, um indivíduo **transgênico** é aquele que no seu conjunto gênico possui um ou mais genes que não são próprios da sua espécie biológica, mas que foram aí colocados através de procedimentos laboratoriais de Engenharia Genética. Evidentemente, com a introdução do gene exógeno objetiva-se fazer aparecer alguma característica nova ou aprimorar uma que já existe, seja para curar doenças hereditárias no Homem ou para melhorar outras espécies animais, vegetais ou de microrganismos, sempre atendendo aos interesses da exploração pela própria espécie humana, gestora de todo o processo mutacional.

Os detalhes técnicos mais íntimos dos procedimentos fogem às finalidades desta revisão. Entretanto, podem ser obtidos em GARDNER & SNUSTAD (1986), WATSON *et al.* (1993), THOMPSON *et al.* (1993), DULBECCO (1997) e FARAH (1997).

O QUE MELHORAR NAS PLANTAS TRANSGÊNICAS

A última autora citada lista uma série de qualidades que podem ser aperfeiçoadas (e já estão sendo) por via **transgênica** nas plantas cultivadas:

- a) resistência a insetos;
- b) resistência a vírus;
- c) resistência a herbicidas;
- d) aumento do valor nutritivo do órgão comestível;
- e) retardo na maturação dos frutos;
- f) modificações em flores ornamentais;
- g) produção de substâncias "alheias".



a) RESISTÊNCIA A INSETOS

É por demais conhecido o montante dos danos que os insetos nocivos causam às culturas agrícolas. Os meios de controle envolvem o emprego de inseticidas químicos que representam altos custos e trazem malefícios para o ambiente, ou então inseticidas biológicos, produzidos diretamente por seres vivos, geralmente microrganismos.

Esta última categoria, embora compatível com o zelo ecológico tão valorizado nos últimos tempos, sofre limitações decorrentes das propriedades das moléculas orgânicas inseticidas, que são muito instáveis quando expostas ao ambiente aberto e, em pouco tempo, tendem a perder o efeito.

O ideal seria, portanto, transferir o gene que tem a "receita" da molécula inseticida para a própria planta que deve ser protegida.

Um modelo que vem sendo trabalhado nesse sentido inclui o *Bacillus thuringiensis*, bactéria que sintetiza uma proteína em forma de cristal e que é letal contra larvas de várias espécies de insetos nocivos (HÖFTE & WHITELEY, 1989). Assim, todas as células da planta receptora passam a sintetizar o cristal e qualquer parte do vegetal adquire a propriedade de reprimir a aproximação do inseto indesejável, atuando permanentemente durante toda a vida da planta.

Outra possibilidade vislumbrada consiste em transferir genes inseticidas de planta para planta. É sabido que algumas espécies, como tomate e batata, são capazes de sintetizar uma substância com efeito letal contra insetos. Já foi demonstrado que se trata de uma proteína que quando ingerida pelo animal, bloqueia a sua função digestória através da inibição da ação da tripsina, uma enzima fundamental no processo. Em consequência, o inseto acaba morrendo devido à desnutrição.

Uma vez identificado e isolado em laboratório o gene responsável pela síntese da proteína com caráter inseticida, o passo seguinte é transferi-lo para outros tipos de plantas que não o possuem. O procedimento vem sendo ensaiado em diversas espécies, persistindo ainda a dificuldade para se conseguir fazer com que a planta transgênica produza uma maior quantidade do inseticida "importado" para que o controle dos insetos agressores venha a se tornar definitivamente efetivo.

LUCÍRIO (1999) faz referência a uma caso específico em que o gene extraído de uma espécie de bactéria, e que é capaz de promover a síntese de uma proteína tóxica contra lagartas que devoram a cana-de-açúcar, está sendo transferido para indivíduos dessa mesma espécie vegetal, que assim poderão se tornar resistentes à praga através de um mecanismo genético sistêmico.

b) RESISTÊNCIA A VÍRUS

Outro agente que provoca consideráveis prejuízos à agricultura são os vírus, seres ultramicroscópicos de difícil combate, uma vez que desenvolvem o seu ciclo vital no interior de células infectadas de um vegetal, animal ou até microrganismo.

Desde há algum tempo a Biotecnologia criou um método que consiste em infectar a planta a ser protegida com uma linhagem atenuada do vírus, que assim não causa maiores malefícios. O organismo do vegetal reage a este estímulo, desenvolvendo um mecanismo intrínseco que será capaz de conter uma futura infecção por parte de



uma forma efetivamente patogênica do vírus. O fenômeno é estritamente semelhante ao que acontece quando o organismo de uma animal superior é vacinado contra uma dada espécie de vírus. A Engenharia Genética vem trabalhando com o objetivo de inserir genes do próprio vírus no material genético de espécies vegetais. Assim, cada planta modificada irá precocemente articular um processo de defesa contra o vírus para que quando for atacada por ele já esteja "imunizada".

Um primeiro experimento conduzido pela equipe de BEACHY (1986) introduziu genes que codificam proteínas que fazem parte da estrutura da cabeça do Vírus do Mosaico do Tabaco, nas células da própria planta. Em decorrência, os pés de fumo tratados por esse método tornaram-se resistentes ao vírus que, em condições naturais, causa amarelecimento e retardo no desenvolvimento das folhas.

Tentativas semelhantes têm sido realizadas com tomate e batata, duas culturas intensamente perturbadas pelo ataque dos vírus.

c) RESISTÊNCIA A HERBICIDAS

Está disseminado no mundo inteiro o uso dos chamados herbicidas, substâncias sintéticas letais para espécies vegetais que se constituem em pragas daninhas para a agricultura. A alternativa oposta é a tradicional eliminação mecânica da vegetação indesejável na cultura mediante o emprego do instrumental bem conhecido.

Na prática, costuma acontecer que a espécie cultivada pode ser parcialmente sensível à molécula do herbicida aplicado, o que reduz a produtividade da área plantada.

Instalar em espécies de interesse agrícola genes que lhes confirmam efetiva resistência a um ou mais tipos de herbicida equivale a aumentar o rendimento da cultura, com imediatas vantagens econômicas, como ressalta SMITH (1994). Os genes transferidos podem ser obtidos a partir de espécies nativas não-cultiváveis e que demonstrem altos níveis de resistência à molécula do defensivo agrícola.

Uma outra linha de atuação para as pesquisas reside no fato de os herbicidas em geral serem específicos para determinadas ervas daninhas, o que obriga o agricultor a aspergir na sua lavoura até quatro ou cinco tipos de herbicidas diferentes para eliminar todas as pragas. Os custos são mais elevados e os danos potenciais para o meio ambiente são consideráveis. Há, por outro lado, a possibilidade de se produzirem variedades da espécie cultivada resistentes a um único herbicida que possua amplo espectro, ou seja, capaz de eliminar todos os tipos de plantas nocivas que costumam infestar a cultura.

É justamente o que está acontecendo no presente momento com a empresa multinacional Monsanto, fabricante do conhecido produto comercial Roundup. O princípio ativo desse defensivo é uma substância denominada glicosato, que no organismo do vegetal inibe a ação da enzima EPSP-sintetase, vital para a sobrevivência da planta. A própria Monsanto, no seu setor de Biotecnologia, desenvolveu uma variedade de soja **transgênica** na qual foram enxertados genes extras que aumentam a resistência ao agrotóxico. Assim, "a **transgênica** tornará possível usar um único herbicida, o *Roundup* evidentemente, em vez de cinco. No balanço final, o grau de toxicidade das substâncias aplicadas é menor" (ALMEIDA, 1999).



d) AUMENTO DO VALOR NUTRITIVO DO ÓRGÃO COMESTÍVEL

Pode-se entender facilmente que esta é a mais nobre das ações que podem ser encetadas através da transferência de genes, desde que visa aprimorar diretamente a qualidade do produto agrícola como alimento. E as mudanças introduzidas via Engenharia Genética são as mais variadas, envolvendo simplesmente aumento na quantidade de determinadas substâncias ou na qualidade nutricional de outras tantas, presentes em órgãos vegetais utilizados na alimentação humana ou de outras espécies de animais.

Especificamente as proteínas vegetais, que são essenciais no desenvolvimento orgânico dos animais, podem ser enormemente enriquecidas no aspecto nutricional pela introdução de genes exógenos que tragam melhores qualidades nutricionais ao produto consumido na alimentação. Foi amplamente divulgada, inclusive pela imprensa leiga, a manipulação que introduziu genes da castanha-do-Pará em cultivares de soja. Com essa alteração foi construída uma linhagem de soja que produz proteínas com elevado teor do aminoácido metionina. A soja nativa é pobre quanto a esse componente, que é muito importante para uma dieta protéica de qualidade superior.

Situação semelhante acontece com o milho, pois as proteínas armazenadas na semente, chamadas zeínas, são carentes de outro tipo de aminoácido importante para a alimentação animal: a lisina. Está se buscando transferir genes codificadores de proteínas vegetais ricas em lisina para células de milho. Assim, o milho **transgênico** irá ter os seus grãos enriquecidos com a presença de proteínas de valor nutricional mais elevado.

É fácil de se imaginar e visualizar o quanto os alimentos de origem vegetal poderão ser aprimorados por meio de "cirurgias" **transgênicas** adequadas, isso, em um futuro próximo.

e) RETARDO NA MATURAÇÃO DOS FRUTOS

Mais uma possível alteração genética dirigida e que se faz acompanhar de indiscutível interesse comercial consiste em se fazer com que o processo de amadurecimento dos frutos transcorra mais lento. Assim, as operações de transporte e estocagem dos produtos agrícolas ficam favorecidas.

PURSEL *et al.* (1989) analisam as diferentes possibilidades de intervenção em nível de genes para retardar o tempo de amadurecimento de frutos de difícil manejo após a colheita, como a banana, as frutas cítricas e o tomate. Particularmente para esta última espécie têm sido envidados esforços para reduzir a quantidade da enzima poligalacturonase, que desencadeia o conjunto das mudanças bioquímicas que caracterizam a maturação do fruto. Com menos unidades da enzima presentes, o processo transcorre mais lentamente, permitindo o ganho de um tempo precioso para a comercialização do produto.

Um outro alvo para se atingir o mesmo objetivo está consubstanciado no controle das moléculas de etileno. Genes exógenos introduzidos nos tomateiros diminuem a síntese dessa molécula orgânica que é considerada o hormônio do amadurecimento. FARAH (1997) relata que já se conseguiu reduzir de 90 a 97% a



elaboração do etileno nas células tratadas geneticamente, o que possibilitou que os tomates permanecessem firmes pelo tempo de seis semanas a mais do que os frutos das variedades não-modificadas.

f) MODIFICAÇÕES EM FLORES ORNAMENTAIS

Apesar de a princípio poderem ser consideradas supérfluas devido às suas finalidades, o fato significativo é que as flores ornamentais movimentam bilhões de dólares por ano nas atividades de produção e comercialização. Conseqüentemente, o melhoramento genético das plantas floríferas não deve ser desprezado.

Depois de esgotadas quase todas as possibilidades de modificação genética através do cruzamento de raças diferentes, a próxima alternativa consiste em transferir genes de uma espécie biológica para outra, via Engenharia Genética, desde que não é possível o cruzamento natural ou induzido dos tipos com os quais se está trabalhando, por se tratar de espécies distintas. Com esse procedimento de manipulação torna-se possível obter novas cores, ou padrões de cores nas pétalas, alterações na arquitetura dos órgãos florais e, à semelhança do que se busca em relação aos frutos comestíveis, conseguir maior durabilidade das flores.

Um exemplo bem ilustrativo desse panorama recai sobre o antigo sonho dos roseiristas: a rosa azul. Desde que a espécie *Rosa silvestris* não possui nenhum gene capaz de produzir a síntese do pigmento azul, está se trabalhando no sentido de inserir segmentos de DNA da petúnia, que possuem o gene visado, em células de roseira (FARAH, 1997).

g) PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS "ALHEIAS"

Outro fascinante potencial das modificações **transgênicas** no mundo vegetal é a possibilidade de instalação de genes que tornem a planta receptora capaz de produzir uma substância de valor comercial e que nada tenha a ver com metabolismo daquela espécie. Até genes que codificam algum tipo de proteína em animais ou microrganismos podem ser transferidos para uma planta, que assim se converte em uma "fábrica biológica".

O produto dessas "fábricas" pode ser uma substância alimentícia, um material de aplicação industrial ou um medicamento.

Está sendo cogitada atualmente a colocação de transgenes em órgãos não aproveitáveis de algumas espécies cultivadas, como folhas de tomate, beterraba ou batata. Dessa forma, as novas variedades **transgênicas** iriam, ao lado do fruto, raiz ou tubérculo comestível, produzir também, no mesmo ciclo de vida, alguma substância útil à exploração humana.

Teremos assim as plantas bivalentes ou até polivalentes, conforme antevêm POWER & MOORE (1994). A produção deverá ser otimizada a um grau máximo e os preços dos produtos deverão baixar no mercado.

A indústria de drogas também poderá ser dinamizada através dos artifícios **transgênicos**. VELANDER *et al.* (1997) descrevem um sucesso inicial na produção de anticorpos humanos por parte de folhas de *Nicotiana tabaco* (fumo). Como a



molécula completa do anticorpo é formada pela junção de dois tipos de proteínas (cadeias leve e pesada), em uma primeira planta foi inserido somente o gene da primeira metade da estrutura; uma segunda planta recebeu a incorporação do gene que codifica o outro tipo de cadeia. Quando ambas as **transgências** atingiram o estágio adulto, foi promovido o cruzamento entre elas e o híbrido gerado passou a produzir em suas folhas a molécula completa, reunindo as duas subunidades em uma única formação. Além da engenhosidade e da elegância do experimento, foi surpreendente a produtividade: as moléculas do anticorpo representavam 1,5% das proteínas totais das folhas, índice extremamente satisfatório no aspecto industrial.

A POLÊMICA

O debate acalorado que os organismos transgênicos estão provocando presentemente atravessa as paredes dos laboratórios de Biotecnologia, ganha as ruas e chega com intensidade à mídia, e os diferentes meios de comunicação têm dispensado consideráveis espaços ao tema.

Repete-se o estado de coisas que reinou nos primórdios das manipulações genéticas com microrganismos, em que os mais extremistas visualizavam a possibilidade de se construir uma bactéria incontrolável que invadisse as ruas, os logradouros públicos e as casas... exterminando a humanidade ou, pelo menos, dizimando-a, como já fizeram as piores pestes da história da Medicina. GOODFIELD (1981) colocou um tratamento um pouco mais científico na inquietação, ao procurar reunir a opinião das mais renomadas autoridades da época em Genética e Microbiologia no seu oportuno livro "Brincando de Deus".

Desta feita, apesar da discussão ser perfeitamente cabível, as circunstâncias têm oportunizado o aparecimento de figuras com inspiração apocalíptica, procurando semear pavor e, se possível, pânico. Na prática, tais indivíduos, em geral, não revelam fundamentação científica suficiente para credenciá-los a se pronunciar sobre o assunto, ainda mais através de um veículo que alcança milhares e até milhões de leitores, ouvintes ou telespectadores.

O elemento gerador de toda inquietação reside unicamente no fato de as modificações **transgênicas** fazerem aparecer nos organismos transformados moléculas de substâncias absolutamente estranhas à fisiologia natural desses seres. Deve-se entender que as substâncias em si não são novas, uma vez que a sua "receita" (gene) é transplantada de um organismo doador, no qual o produto químico é natural, próprio daquela espécie biológica e, conforme o caso, elaborado em grandes quantidades.

O fato biológico é que as "velhas" moléculas passam a ser sintetizadas em um ser vivo novo para elas, num contexto bioquímico diferente e em um tecido orgânico estranho.

Conforme ironiza SCHRAMM (1999), "as revoluções científicas passam sempre por três estágios sucessivos: a recusa, o ridículo e a aceitação." Lembra também o que as populações humanas vivenciaram recentemente, em 1996, com o anúncio do sucesso dos experimentos de clonagem em animais superiores.



Mesmo não sendo potencialmente tão ameaçadores os riscos envolvidos na produção de indivíduos alterados geneticamente via Engenharia Genética, cuidados científicos meticulosos devem ser tomados e as pesquisas para tanto devem ser intensas e pluridisciplinares.

Em resumo, tudo o que poderia acontecer de maléfico pode ser sintetizado em dois itens:

1º. O alimento originário de plantas transgênicas pode trazer algum tipo de distúrbio orgânico para os indivíduos que venham a utilizar esse material na dieta, como alergia, intoxicação ou até mesmo carcinogênese. Tal tipo de preocupação tem sido referido através da expressão "segurança alimentar".

2º. As plantas modificadas, quando cultivadas no campo, poderiam se tornar pragas de difícil controle, tornando-se invasivas ou, de acordo com uma hipótese mais elaborada, cruzando com variedades nativas, dando origem a híbridos indesejáveis pelas mesmas propriedades expostas acima.

Evidentemente o primeiro temor é mais substancial e justificado, enquanto que o último apresenta um tom exageradamente alarmista e fantasmagórico. As propriedades do alimento de origem **transgênica** em relação ao organismo humano que o assimila devem, indubitavelmente, ser investigadas sob todos os quadrantes, sem tendenciosidades ou preconceitos, mas, sim, com critério e método científico.

A *priori* os riscos se afiguram como mínimos, desde que não se está criando nenhuma espécie química nova; está se promovendo a produção de moléculas que já existiam na natureza. A única particularidade é a síntese de tais partículas em organismos onde elas nunca existiram, conforme já foi discutido linhas atrás.

De qualquer forma, justifica-se o máximo de pesquisas no setor, principalmente nesta fase inicial, com a conseqüente transferência dos resultados para a área clínica. A propósito, o Jornal do Conselho Federal de Medicina, no seu número de agosto de 1999, leva o debate para o seio da classe médica através de uma ampla matéria.

O mesmo texto traz um retrato atualizado da magnitude da agricultura **transgênica** ao redor do mundo: "Em 1996 havia 1,7 milhão de hectares plantados com **transgênicos**. Ao final de 1998, já eram 27,8 milhões de milho (30%) e o restante correspondendo a algodão, arroz e canola. Dos 27,8 milhões totais, 20,5 situavam-se nos Estados Unidos, 4,3 na Argentina e 2,8 no Canadá. Nos EUA 55% da soja cultivada é **transgênica** e nesse país operam 1.300 empresas do Biotecnologia, empregando 100 mil pessoas e movimentando algo em torno de 13 bilhões de dólares por ano. Nesse país a soja transgênica começou a ser cultivada em 1994, na Argentina e Japão em 1996 e no Canadá em 1998. Todas as projeções apontam para uma área total de 40 milhões de hectares ocupados com variedades modificadas por meios de Engenharia Genética na superfície do planeta, quando do ingresso no ano 2000".

Apenas esses dados deixam claro que uma revolução está efetivamente acontecendo na agricultura e sugerem um crescimento irreversível do processo ano a ano até, quem sabe, toda a produção agrícola mundial se tornar baseada em vegetais **transgênicos**.



A preocupação inicial é prudente. Entretanto, apesar de todos os temores, os dados disponíveis não apontam nenhum desastre ou mesmo uma simples inconveniência comprovada, decorrente da exploração em nível populacional das tais plantas **transgênicas**, desde que a prática teve início, em 1994.

Mesmo assim, as pesquisas devem ser mantidas e intensificadas e os debates deverão incluir cada vez mais a participação de cientistas, ao mesmo tempo em que os leigos deverão procurar adquirir uma sólida fundamentação teórica para conquistarem o direito de se pronunciar sobre o assunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. L. In: Meu gene, meu bem meu mal. Super **Interessante**, maio/99. São Paulo, p. 55, 1999.
- DAVIS, B. D. **The Genetic Revolution**. The Johns Hopkins Press Ltda., Londres, 295 p.. 1991.
- DULBECCO, R. **Os Genes e o Nosso Futuro**. Ed. Best Seller, São Paulo, 240 p., 1997.
- FARAH, S. B. **DNA - Segredos e Mistérios**. Ed. Sarvier, São Paulo, 276 p. 1997.
- GARDNER, E. J.; SNUSTAD, D. P. **Genética**, 7a ed. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 340 p., 1993.
- GOODFIELD, J. **Brincando de Deus - A Engenharia Genética e a Manipulação da Vida**. Ed. Itatiaia e Ed. USP, São Paulo. 224 p., 1981.
- HOBBELINK, H. **Biotecnologia - Muito Além da Revolução Verde**. Ed. Pallotti, Porto Alegre, 196 p., 1990.
- HOFTE, H.; WHITELEY, H. R. Intersticial crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. **Microbiol Rev.**, 53: 242-255, 1989.
- JAENISCH, R. Transgenic animals. **Science**, **240**: 1468-1474, 1988.
- JORNAL DO CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA, no 108, agosto/99, Brasília, 28 p., 1999.



- LUCÍRIO, I. D. In: Meu gene, meu bem meu mal. **Super Interessante**, maio/99, São Paulo, p. 51-55, 1999.
- POWER, R. & MOORE, E. Live cultures: their use in industrial biotechnology. **Biotechnologys Advances**, 12(4): 6987-692, 1994.
- PURSEL, V. G.; PINKERT, C. A.; MILLER, K. F.; BOLT, D. J.; CAMPBELL, R. G.; PALMITER, R. D.; BRINSTER, R. L. & HAMMER, R. E. Genetic engineering of livestock. **Science**, **244**:1281-1287, 1989.
- SCHRAMM, F. R. Clones de Deus. **Amanhã**, no 143, junho/99, Porto Alegre, p. 71, 1999.
- SMITH, C. J. S. WATSON, C. F.; RAY, J.; BIRD, C. R.; MORRIS, P. C.; SCHUCH, W. & GRIERSON, D. Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. **Nature**, **334**: 724-726, 1988.
- THOMPSON, M. W.; McINNES, R. R.; WILLARD, H. F. **Genética Médica**, 5a ed. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 340 p., 1993.
- VELANDER, W. H.; LUBON, H. & DROHAN, W. N. Transgenic livestock as drug factories. **Scientific American**. 276(1):70-74, 1997.
- WATSON, J. D.; GILMAN, M.; WITKOWKI, J. & ZOLLER, M. **Recombinant DNA**, Scientific American Books, Nova York, 1993.
- WILLIAMS, J.; CECCARELLI, A. & SPURR, N. **Genetic Engineering**. BIOS Scientific Publishers Ltd., Oxford, 132 p., 1993.