

## Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas)

### *Transgenic plants and their products: effects, risks and food safety (Biosafety of transgenic plants)*

Rubens Onofre NODARI<sup>1</sup>  
Miguel Pedro GUERRA<sup>1</sup>

#### RESUMO

---

Este trabalho aborda tópicos relacionados com plantas transgênicas, também chamadas de Organismos Geneticamente Modificados, alimentos derivados delas e segurança alimentar. As biotecnologias modernas são ferramentas de grande potencial de reprogramação dos seres vivos. Contudo, o maior problema na análise de risco destes organismos gerados pela biotecnologia é que seus efeitos não podem ser previstos em sua totalidade. Os riscos à saúde humana incluem aqueles inesperados, alergias, toxicidade e intolerância. No ambiente, as conseqüências são a transferência lateral de genes, a poluição genética e os efeitos prejudiciais a organismos não-alvo. O princípio da equivalência substancial, até agora utilizado, deveria ser abandonado em favor de um cientificamente embasado. Com a aprovação em janeiro de 2002 do Protocolo Internacional de Biossegurança, o princípio da precaução foi estabelecido como básico e a rotulagem tornou-se obrigatória. A percepção pública obriga empresas e cientistas a um maior uso da ciência na análise de risco antes do consumo destes alimentos.

**Termos de indexação:** alimentos transgênicos, análise de risco, biossegurança, princípio da precaução, segurança alimentar.

#### ABSTRACT

---

*This paper provides an overview of the effects of transgenic plants, also known as Genetically Modified Organisms, and food safety. Modern biotechnologies are powerful tools in reprogramming life. However, a*

---

<sup>1</sup> Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Caixa Postal. 476, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: R.O. NODARI. E-mail: nodari@cca.ufsc.br

*major problem in the risk assessment of the organisms produced by biotechnology is that the outcome of transformations can not be fully foreseen. Potential risks to human health include unpredicted side-effects, allergy, toxicity and intolerance. The main effects on the environment include the gene lateral transfer, genetic pollution, and damage to non-target species. The substantial equivalence principle should be abandoned in favor of more scientific criteria. With the Biosafety Protocol approved January 2000, the precautionary principle was reaffirmed and the labeling became compulsory. The public perception reached a stage where restrictions on the consumption of genetically modified foods are imposed, compelling enterprises and scientists to a science-based approach for the risk assessment analysis.*

**Index terms:** *transgenic foods, risk assessment, biosafety, precautionary principle, food safety.*

## INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas transgênicas, assim como o consumo humano e animal de seus derivados, é um evento recente, revestindo-se de interesses, impactos e conflitos múltiplos, constituindo um tema sobre o qual predominam as discussões científicas, éticas, econômicas e políticas nesta transição de século. Mundialmente há um debate sobre os impactos dos Organismos Geneticamente Modificados (OGM) na saúde humana e animal e no meio ambiente, e sobre uma possível reformulação nos modelos de exploração agrícola em vigência no mundo.

Considerando a abrangência multidisciplinar do assunto, este artigo procura abordar e aprofundar alguns dos aspectos mais relevantes sobre o tema, com ênfase sobre a segurança quanto ao uso alimentar dos produtos transgênicos.

As plantas transgênicas e seus produtos têm sido aceitos nos EUA, mas rejeitados nos países da União Européia. No Brasil, a liberação para o cultivo da soja transgênica e a posterior decisão judicial de suspensão temporária desta liberação por ação impetrada pelo Instituto de Defesa do Consumidor (IDEC) e pelo *Greenpeace*, tendo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) como *litisconsorte*, acirraram a discussão em todos os setores da sociedade. Por isto, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) passou a assumir importância fundamental no tocante aos cuidados necessários para a análise e liberação de plantas transgênicas. O motivo maior desta

polêmica é a falta de dados científicos que permitam uma avaliação conclusiva para a liberação comercial.

Está prevista no artigo 19 da Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) a existência de um protocolo internacional sobre os OGM, devidamente aprovado em janeiro de 2000, na Conferência de Partes, realizada em Montreal. Em nível nacional, está também em debate o aperfeiçoamento do arcabouço legal sobre o assunto como condição importante para proporcionar clareza e eficácia ao sistema de avaliação e gestão dos OGM.

A transgenia é uma técnica que pode contribuir de forma significativa para o melhoramento genético de plantas, visando a produção de alimentos, fibras e óleos, como também a fabricação de fármacos e outros produtos industriais (Nodari & Guerra, 2000). A competência para desenvolver novas variedades ou produtos alimentícios é altamente dependente de recursos humanos qualificados, de investimentos substanciais no sistema de Ciência e Tecnologia (C&T), de domínio de conhecimento científico e de disponibilidade de germoplasma, requerendo, sobretudo, enfoque interdisciplinar. Contudo, o cultivo de plantas transgênicas a campo e consumo requerem ainda análises de risco.

Desta forma, há uma série de desafios a serem superados para poder usufruir os benefícios decorrentes do uso das biotecnologias modernas. A pertinência da sua utilização é dependente de

inúmeros fatores, o que proporciona alta complexidade à sua definição. O próprio exercício da discussão da implantação de uma tecnologia por parte da sociedade, como está ocorrendo pela primeira vez na história do Brasil, constitui um desafio.

Afirma-se com frequência que o insumo mais importante para o novo milênio é o conhecimento. As tecnologias decorrentes deste conhecimento poderão acentuar assimetrias nas relações econômicas entre as nações, caso não sejam estabelecidos mecanismos compensatórios e regulatórios.

## BIOSSEGURANÇA

Biossegurança, na visão da *Food and Agriculture Organization* (FAO) (Food..., 1999), significa o uso sadio e sustentável em termos de meio ambiente de produtos biotecnológicos e suas aplicações para a saúde humana, biodiversidade e sustentabilidade ambiental, como suporte ao aumento da segurança alimentar global. Desta forma, normas adequadas de biossegurança, análise de riscos de produtos biotecnológicos, mecanismos e instrumentos de monitoramento e rastreabilidade são necessários para assegurar que não haverá danos à saúde humana e efeitos danosos ao meio ambiente. Os testes a serem realizados, os protocolos mais apropriados, os termos de referência, os instrumentos de fiscalização e monitoramento mais adequados estão sendo desenvolvidos e discutidos.

### Determinação de risco

O impacto de um transgene no ambiente e na saúde humana deve ser criteriosamente avaliado via análise de risco. "Risco é tecnicamente a probabilidade de um evento danoso multiplicado pelo dano causado". Então, se o dano é grande, mesmo uma baixa probabilidade pode significar um risco inaceitável (Traavik, 1999).

### Riscos à saúde humana

A maioria das plantas transgênicas de primeira geração contém genes de resistência a antibióticos. Qual a relação destes genes com a saúde humana? Nos últimos 20 anos, surgiram mais de 30 doenças na espécie humana (AIDS, ebola e hepatites, entre outras). Além disso, houve o ressurgimento de doenças como a tuberculose, malária, cólera e difteria com muito mais agressividade por parte dos microrganismos patogênicos. Paralelamente, houve um decréscimo na eficiência dos antibióticos. Na década de 40, um antibiótico tinha uma vida útil de 15 anos. Na década de 80, a vida útil passou para cinco anos, ou seja três vezes menos. Segundo comprovam estudos, tanto a recombinação como a transferência horizontal entre bactérias aceleraram a disseminação contínua de regiões genômicas na natureza e, por isso, também entre os organismos causadores de doenças. O mesmo pode ocorrer com os genes de resistência a antibióticos (Ho *et al.*, 1998). É conhecido o exemplo da estreptomicina em suínos; após um ano de aplicação nos animais (1983), genes de resistência a estreptomicina estavam presentes nos plasmídeos de bactérias que viviam na garganta e estômago dos suínos. Uma das implicações disto é que, embora a frequência de transformação e, conseqüentemente, a transferência horizontal em bactérias sejam extremamente baixas, os genes de resistência a antibióticos inseridos em plantas transgênicas poderão ser transferidos para bactérias humanas, constituindo-se um risco a ser considerado.

Recentemente, diversos casos de absorção de Ácido Desoxirribonucléico (DNA) por células eucariotas foram registrados por Tappeser *et al.* (1999). Conforme foi demonstrado, o DNA contido na alimentação de ratos não era totalmente destruído no trato gastrointestinal poderia alcançar a corrente sanguínea e ser temporariamente detectado nos leucócitos ou células do fígado. Existem indícios de que o DNA ingerido possa

alcançar células de fetos de ratos, como foi mostrado no mesmo estudo.

Um segundo tipo de risco relaciona-se às reações adversas dos alimentos derivados de OGM, os quais, de acordo com os efeitos, podem ser classificados em dois grupos: alergênicos e intolerantes. Os alimentos alergênicos causam a hipersensibilidade alérgica. O segundo grupo responde por alterações fisiológicas, como reações metabólicas anormais ou idiossincráticas e toxicidade, (Finardi, 1999). Existe ainda uma série de outros riscos à saúde humana que devem ser analisados com os protocolos adequados.

No caso da variedade transgênica *Soja Roundup Ready*, os testes realizados não foram suficientes para discriminar as possíveis variações nas 16 proteínas alergênicas presentes na soja. Padgett *et al.* (1996) compararam os perfis protéicos de variedades transgênicas e não transgênicas de soja e observaram, *in vitro*, um aumento de 26,7% no teor do inibidor de tripsina, considerado alergênico.

No ano de 2000, foram identificados nos Estados Unidos e em outros países produtos alimentícios contendo derivados de uma variedade de milho *Bt* liberada somente para consumo animal devido ao seu potencial alergênico. Um Comitê Científico (SAP) atuando como parte do *Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act* (FIFRA), reunido pela *Environmental Protection Agency* (EPA, EUA), analisando 34 casos, concluiu que entre 7 e 14 pessoas provavelmente manifestaram reações alérgicas a alimentos contendo derivados da variedade de milho *Bt StarLink* (*Federal Insecticide...*, 2000). A comprovação definitiva dependeria da identificação de anticorpos IgE nestas pessoas, resultante da presença da toxina Cry9C produzida por este milho, bem como da sensibilização de outras pessoas.

Como o transgene confere novas características, em geral pouco avaliadas quanto aos seus impactos, ainda não foi gerada uma base de conhecimento suficiente e adequado para abordar

corretamente o assunto. Contudo, existe a experiência com os agroquímicos liberados a partir da Segunda Guerra Mundial para uso sem a realização de testes adequados: só posteriormente alguns dos efeitos nefastos causados por eles seriam conhecidos.

Neste sentido, as liberações para o cultivo comercial de plantas transgênicas devem ser precedidas por estudos nutricionais e toxicológicos de longa duração. Esta cautela poderia evitar conseqüências danosas, as quais eventualmente um produto pode vir a apresentar, se liberado apressadamente. Tais estudos de longa duração ainda não existem, nem mesmo nos Estados Unidos, que, reconhecendo o fato, manifestaram a necessidade de fazê-los. A British Medical... (1999), considerando a possibilidade de eventuais que possíveis efeitos adversos das plantas transgênicas serem irreversíveis, sugeriu o banimento dos genes de resistência a antibióticos, a moratória de plantações comerciais e a melhoria da Vigilância Sanitária.

### Riscos ao meio ambiente

A ameaça à diversidade biológica pode decorrer das propriedades intrínsecas do OGM ou de sua potencial transferência a outras espécies. A adição de novo genótipo em uma comunidade de plantas pode proporcionar efeitos indesejáveis, como o deslocamento ou eliminação de espécies não domesticadas, a exposição de espécies a novos patógenos ou agentes tóxicos, a poluição genética, a erosão da diversidade genética e a interrupção da reciclagem de nutrientes e energia.

Entre os riscos ambientais, a transferência vertical e a transferência horizontal são muito importantes. Aquela refere-se ao acasalamento sexual entre indivíduos da mesma espécie enquanto esta está relacionada à transferência de DNA de uma espécie para outra, aparentada ou não (Doebly, 1990; Wilson, 1990). Outros riscos referem-se à ação direta destas novas proteínas sobre os componentes do ecossistema,

sejam organismos não-alvo ou outros como solos, rios ou processos ecológicos.

O Brasil é ainda berço de várias espécies cultivadas ou apresenta regiões com alta variabilidade genética das populações crioulas ainda em cultivo, situação que requer muita cautela. Como avaliar adequadamente este tipo de risco é sem dúvida um grande desafio.

A introdução em plantas de genes de resistência a insetos e a herbicidas isolados de bactérias ou outras fontes levanta questões relativas à probabilidade e às conseqüências de esses genes serem transferidos pela polinização cruzada a espécies aparentadas, principalmente plantas daninhas que competem com as variedades cultivadas. Estas plantas daninhas se tonariam mais persistentes ou invasivas naquele ambiente?

Cruzamentos interespecíficos envolvendo plantas transgênicas resistentes a herbicidas e plantas daninhas aparentadas já foram constatados com canola, trigo, sorgo e beterraba (Arriola & Ellstrand, 1996; Chèvre *et al.*, 1997; Steven *et al.*, 1999). No caso do cruzamento entre canola e a mostarda silvestre, o número de sementes da segunda geração do híbrido foi dez vezes maior em relação à primeira. Nas gerações seguintes, as plantas produziram grande quantidade de sementes viáveis contendo o gene de resistência ao herbicida. Isto demonstra a possibilidade de transferência de genes condicionadores dessa resistência ocorrer com maior intensidade e facilidade do que se poderia supor. Este fato levou alguns países a suspenderem temporariamente o cultivo de canola transgênica em seus territórios.

Como mencionado, a disseminação de genes também pode ser dar por transferência horizontal. Exemplos deste tipo de evento são: 1) a seqüência que faz parte do íntron de um gene mitocondrial teria sido adquirida de um fungo e foi encontrada em 335 espécies de 48 diferentes gêneros (Cho *et al.*, 1998); 2) genes humanos foram detectados em *Mycobacterium tuberculosis*

(a bactéria causadora da tuberculose) e genes de plantas foram detectados em bactérias (Microbial..., 1999); e 3) foi observada a transferência de genes de plantas transgênicas para plasmídeos de bactérias de solo, possivelmente via recombinação homóloga (Nielsen *et al.*, 2000). Trocas de material genético também podem ocorrer entre plantas e vírus (Greene & Allison, 1994).

Qual a magnitude da contribuição da engenharia genética para a transferência horizontal? Geralmente, as plantas transgênicas contêm elementos mediadores da transformação *in vitro* e também da transferência horizontal, como plasmídeos, transposons e vírus. Estas plantas freqüentemente apresentam, na construção quimérica introduzida, a origem de replicação, as seqüências de transferência, os promotores fortes e os genes de resistência a antibióticos. Todos estes elementos facilitam a recombinação e a transferência de genes. Plasmídeos e vírus quiméricos estão sujeitos a instabilidades estruturais, o que facilita também a recombinação. Na natureza, a poluição com metais pesados pode ser um fator benéfico para a transferência de genes. Como parte das seqüências introduzidas são homólogas a muitos procariotos, a transferência de material genético para os mesmos via recombinação é factível.

São duas, então, as principais implicações. A primeira refere-se a maior probabilidade de transferência horizontal de genes a partir de plantas transgênicas, comparativamente às variedades tradicionais. A segunda refere-se ao fato de que os genes com potencial de disseminação podem dar vantagem seletiva aos organismos receptores, podendo vir a alterar dramaticamente a dinâmica das populações e a paisagem.

A determinação de riscos de plantas transgênicas resistentes a insetos também é complexa. Não se conhece ainda profundamente o efeito sobre insetos benéficos. Além disso, os poucos estudos sobre pássaros ou outros animais cuja alimentação inclui insetos que se alimentam

de plantas transgênicas não são conclusivos. Um trabalho com amplo impacto na comunidade científica relatou o efeito do pólen de milho transgênico possuidor de um gene de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), o qual que codifica para uma toxina que afeta vários insetos. A taxa de mortalidade de lagartas da borboleta monarca atingiu 44% quando foi adicionado pólen de milho *Bt* ao seu alimento natural. Entretanto, todas as lagartas alimentadas com pólen de milho não transgênico sobreviveram (Losey *et al.*, 1999). Revisões sobre os avanços científicos relacionados aos impactos de transgênicos no meio ambiente e propostas de avaliação de riscos foram feitas por Wolfenbarger & Phifer (2000) e Nodari & Guerra (2001).

Uma constatação inquestionável: os insetos hoje susceptíveis ao *Bt* no futuro serão resistentes a ele. Resta saber em quanto tempo. Se houver uma grande área plantada com variedades transgênicas resistentes a um inseto, somente os espécimes com resistência sobreviverão. O acasalamento entre estes insetos gerará progênes recombinantes, as quais eventualmente apresentarão maior nível de resistência. Após vários ciclos de recombinação, deverão aparecer insetos resistentes ao gene *Bt*. O fato de a resistência da lagarta às formulações comerciais de *Bt* ser controlada por um gene parcialmente dominante (Huang *et al.*, 1999) indica que rapidamente lagartas se tornarão prevalentes e, eventualmente, superpragas.

Com o aumento rápido da frequência de insetos resistentes ao *Bt*, o uso atual de formulações comerciais à base de *Bt* em lavouras orgânicas fica comprometido, como também o desenvolvimento de produtos com este tipo de inseticida, considerado muito menos tóxico que os demais.

A rigor, nenhum dos pedidos de liberação comercial de produtos transgênicos está acompanhado de um estudo de impacto ambiental. Embora a matéria seja complexa, entende-se serem estes estudos necessários, conforme determinam o artigo 225 da Constituição

Federal, a Lei Ambiental e a Resolução 237/97 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o que não teria sido observado pela CTNBio. Com base no artigo 225 da Constituição Federal, a sentença judicial exarada pelo Juiz Antonio Prudente, em 1999, exige o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) acompanhado do Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA) como condição indispensável para o plantio em escala comercial da Soja RR, transgênica.

Não bastasse isto, a CDB estabeleceu no Art. 14 (Avaliação de Impacto e Minimização de Impactos Negativos) que cada Parte Contratante, na medida do possível e conforme o caso, deve estabelecer procedimentos relacionados à avaliação de impacto ambiental de projetos que possam ter sensíveis efeitos negativos na diversidade biológica, a fim de evitar ou minimizar tais efeitos e, conforme o caso, permitir a participação pública nesses procedimentos.

### **Protocolo Internacional de Biossegurança**

A CDB estabeleceu o seguinte nos itens 3 e 4 do artigo 19: (3) As Partes devem examinar a necessidade e as modalidades de um protocolo que estabeleça procedimentos adequados, inclusive, em especial, a concordância prévia fundamentada, no que respeita a transferência, manipulação e utilização seguras de todo organismo vivo modificado pela biotecnologia, que possa ter efeito negativo para a conservação e utilização sustentável da diversidade biológica; e (4.) Cada Parte Contratante deve proporcionar, diretamente ou por solicitação, a qualquer pessoa física ou jurídica sob sua jurisdição provedora dos organismos a que se refere o § 3 acima, à Parte Contratante em que esses organismos devam ser introduzidos, todas as Informações disponíveis sobre a utilização e as normas de segurança exigidas por essa Parte Contratante para a manipulação desses organismos, bem como todas as Informações disponíveis sobre os potenciais efeitos negativos desses organismos específicos.

Nas várias rodadas realizadas para negociar

o referido Protocolo Internacional de Biossegurança, duas posições praticamente antagônicas se firmaram. De um lado estão os Estados Unidos e os outros países do Grupo de Miami (Argentina, Austrália, Canadá, Chile e Uruguai) e de outro lado, os demais países. Os primeiros (i) queriam exportar *commodities* geneticamente modificadas (OGM e seus derivados) como alimentos, fármacos e ração para animais sem solicitar permissão aos países importadores e (ii) tornar o protocolo um instrumento legal independente ou ligado à Organização Mundial do Comércio. Os demais países queriam (i) avaliação de impacto socioeconômico inserida na análise de impacto ambiental a ser realizada previamente à liberação comercial, (ii) presença no o protocolo de instrumentos de compensação em caso de acidentes de transporte com OGM e (iii) ausência de conflitos com outros acordos internacionais atualmente existentes. Alguns países, como os da África, querem ainda que o protocolo assegure compensação financeira em caso de impactos negativos na saúde humana ou danos ao ambiente.

Finalmente, nesta última rodada, realizada em janeiro de 2000, na cidade de Montreal, o Protocolo Internacional de Biossegurança foi acordado. Os dois principais pontos são: (i) o princípio da precaução deve ser adotado em caso de dúvida ou falta de conhecimento científico e (ii) os produtos transgênicos devem ser rotulados (art. 18a). O referido protocolo tem cerca de 40 artigos e trata basicamente da movimentação de transgênicos entre países, com atribuição de responsabilidades em caso de danos. Ele dá garantias, ainda, ao país importador de recusar o produto caso não esteja acompanhado de estudo de risco adequado.

Um terceiro aspecto, explicitado no artigo 15 e anexo II, impõe que a análise de risco seja conduzida cientificamente pelo exportador. Na ausência desta, os importadores podem se negar a receber os produtos.

Desta forma, a adoção do princípio da precaução tem o objetivo de proteger a vida. Este princípio foi estabelecido pelos gregos e significa ter cuidado e estar ciente. Precaução relaciona-se com a associação respeitosa e funcional do homem com a natureza; trata das ações antecipatórias para proteger a saúde das pessoas e dos ecossistemas. Precaução é um dos princípios norteadores das atividades humanas, mas incorpora parte de outras ações como justiça, equidade, respeito, senso comum e prevenção (Raffensperger e Tickner, 1999). Este preceito está em acordos internacionais (Ex: Convenção sobre a Diversidade Biológica), como um princípio ético, e implica que a responsabilidade pelas futuras gerações e pelo meio ambiente deve ser combinada com as necessidades antropocêntricas do presente.

## **ROTULAGEM E EQUIVALÊNCIA SUBSTANCIAL**

---

A rotulagem dos alimentos está prevista no Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8.078, de 11/09/90 – art. 6º, III e art. 8º). Trata-se de uma norma para garantir ao cidadão a informação sobre um produto, permitindo-lhe o direito de escolha. Além disso, ela possibilita a rastreabilidade, pois, em casos de efeitos na saúde humana, os produtos rotulados seriam facilmente identificados e recolhidos.

No Brasil, a fiscalização sobre a rotulagem está a cargo da Vigilância Sanitária. Contudo, a decisão e mesmo o conteúdo e outras características do rótulo estão no âmbito do Ministério da Justiça. O IDEC está representando os consumidores nesta rodada de negociações e fez sugestões para aparecer no rótulo não só a expressão “produto transgênico”, mas também a característica e o nome do organismo doador do gene. É esperado ainda que o país normatize em breve a rotulagem dos produtos transgênicos ou que contenham ingredientes derivados de OGM.

Internacionalmente, existe um Grupo de Trabalho de Rotulagem que foi encarregado de preparar uma versão preliminar a ser discutida na reunião do *Codex Alimentarius*. Levando-se em consideração o ocorrido na Conferência de Partes da CDB, pode ser que, as normas internacionais de rotulagem dos alimentos transgênicos ou com ingredientes de OGM, sejam aprovadas em uma das próximas reuniões do *Codex*.

As plantas transgênicas, aprovadas para o cultivo comercial nos EUA, tiveram sua liberação baseada no princípio da equivalência substancial. Assim, a soja RR foi considerada "equivalente" à sua antecedente natural, a soja convencional, porque não difere desta nos aspectos cor, textura, teor de óleo, composição e teor de aminoácidos essenciais e em nenhuma outra qualidade bioquímica. Desta forma, não foram submetidas à rotulagem pela agência americana *Food and Drug Administration* (FDA) encarregada de sua liberação.

Este conceito de equivalência substancial tem sido alvo de críticas, porque, entre outras razões a falta de critérios mais rigorosos pode ser útil à indústria, mas é inaceitável do ponto de vista do consumidor e da saúde pública (Millstone *et al.*, 1999). Equivalência significa dispor de igual valor ou outro atributo, normalmente expresso em unidades ou parâmetros: um grama do produto Y equivale a X energia. Ela se refere sempre à quantidade ou algo mensurável a que corresponde um sentido tecnicamente comparável (Momma, 1999). Há, portanto, dificuldades práticas no conceito de equivalência entre plantas engenheiradas e naturais ou obtidas por técnicas convencionais de melhoramento genético, pois a rigor, genomicamente, elas não são equivalentes nem iguais. Só seriam iguais se uma fosse originária da outra por multiplicação vegetativa ou micropropagação. A construção genética inserida na planta contém elementos bastante distintos daqueles naturais encontrados nela, proporcionando novos produtos gênicos e podendo desencadear efeitos pleiotrópicos substanciais,

e não podem, por isso, ser considerados desprezíveis.

Esta estratégia (equivalência substancial) foi introduzida na década passada para evitar que as indústrias tivessem custos maiores com testes de longa duração, como ocorreu na área farmacológica. Quando se utiliza a equivalência substancial, nenhum teste é requerido para excluir a presença de toxinas prejudiciais, carcinogênicas e mutagênicas. Este princípio é equivocado e deveria ser abandonado em favor de testes biológicos, toxicológicos e imunológicos mais aprofundados e eficazes (Guerra & Nodari, 2001). O procedimento em si não tem base científica.

Desta forma, o FDA exige apenas testes de curta duração com animais e testes bioquímicos para avaliar, entre outros, aspectos a alergenicidade. Esta insuficiência de dados, que não consegue subsidiar cientificamente a análise da segurança alimentar, está sendo questionada por várias organizações civis americanas.

## **SEGURANÇA ALIMENTAR, BIOÉTICA E PERCEPÇÃO PÚBLICA**

---

Um ano após a decisão de rotular produtos alimentícios originados de plantas transgênicas, a Europa tomou importantes decisões. Áustria e Luxemburgo desafiaram as ameaças de punição da União Européia e mantiveram a decisão de banir os produtos transgênicos em seus territórios. A Noruega proibiu o cultivo de qualquer planta transgênica com genes marcadores que codifiquem para resistência a antibióticos. Depois foi a vez da França, ao declarar uma moratória, a partir de julho de 98, na aprovação de novos pedidos de liberação para cultivo e consumo; esta decisão foi baseada no aconselhamento científico e no princípio da precaução. A Grécia proibiu a importação e a comercialização de variedades transgênicas de canola e estuda a moratória. Em junho de 1999, Ministros do Meio Ambiente dos países europeus decidiram, em reunião, que cada estado membro tem o direito de solicitar estudos



adicionais para a liberação de plantas transgênicas. Isto na prática constitui uma moratória branca, pois, dependendo do estudo, vários anos serão necessários para a obtenção de dados.

Nestes países, esta mudança de atitudes é resultante da constatação de que a liberação de plantas transgênicas para cultivo e consumo foi precipitada, diante da insuficiência de dados científicos sobre seus efeitos na saúde humana e animal e também sobre seu impacto no meio ambiente. De um lado houve o envolvimento de um pequeno número de cientistas na tomada das decisões, as quais foram feitas por comitês, sem uma representação adequada da sociedade. De outro lado, as decisões foram prematuras, pois poucos estudos haviam sido feitos, muitos deles totalmente inadequados. Com o envolvimento cada vez maior de cientistas e da sociedade em geral, tanto na parte experimental quanto nas discussões sobre o assunto, está surgindo uma nova realidade, distinta daquela ainda apregoada pelas empresas multinacionais.

Na maior parte dos casos de liberação de plantas transgênicas predominou o interesse comercial destas grandes empresas. Isto pode ser comprovado pelas investidas freqüentes do governo americano junto aos países europeus e Japão. Mais recentemente, devido às restrições no comércio de alguns produtos transgênicos, algumas empresas americanas estão decididas a segregar e rotular os produtos. O consumidor se tornou um componente extremamente importante no processo de liberação comercial destes produtos.

O Dr. David Byrne, Comissário Europeu para a Saúde e Proteção do Consumidor, em conferência proferida no dia 21/1/2000, no Simpósio Biotecnologia – Ciência e Impactos, apresentou um relato dos principais aspectos relacionados com a segurança alimentar, os impactos e a percepção pública dos OGM na Europa, resumido a seguir:

1) Para o público europeu, segurança é o ingrediente mais importante para o seu alimento

e, além dos riscos e benefícios, questões éticas e ambientais também são relevantes. A redução de custos, aspecto sempre citado como vantagem competitiva dos OGM, pode ser uma forma perigosa de comprometer a segurança dos alimentos. A superação da controvérsia somente será possível assegurando-se plena transparência na discussão sobre riscos e benefícios dos derivados dos OGM, respeitando-se o direito do consumidor de ter informações claras para poder tomar decisões sobre os produtos que ele deseja adquirir.

2) Com relação à rotulagem, 86% dos europeus mostram-se favoráveis, por permitir níveis adequados de informação, por possibilitar a rastreabilidade dos produtos e por conferir responsabilidade civil, baseando-se na pressuposição de que produtos considerados não seguros não podem estar no mercado. Abordagem similar passou a ser empregada no Japão, Coréia, Austrália e Nova Zelândia. Para os consumidores destes países o controle sobre a qualidade e segurança dos alimentos é obrigação do Estado. De forma geral, a percepção pública é de que há uma associação entre aceitação pelo consumidor e controle rigoroso e transparente dos OGM.

3) Segundo Byrne (2000), os OGM são derivados de uma área nova da aplicação das biotecnologias e, portanto, as autorizações para a liberação comercial destes produtos devem ser limitadas no tempo, monitoradas e revisadas à luz dos novos conhecimentos. Quando surge nova informação científica, nova avaliação deve ser feita, baseada na análise científica dos riscos (*'science-based approach'*). Nos casos em que a evidência científica é insuficiente ou inconclusiva e quando os riscos decorrentes forem inaceitáveis, deve-se invocar e empregar o princípio da precaução. Para os consumidores europeus, a indústria move-se rapidamente sem levar em consideração as preocupações da sociedade, havendo uma clara distinção entre o ceticismo dos consumidores e a postura dita triunfalista dos produtores e da indústria.

4) Em resumo, para o consumidor e para as autoridades dos órgãos regulatórios e fiscalizadores da União Européia, os OGM devem ser seguros, a informação deve ser adequada, o monitoramento do ambiente e da saúde deve ser cuidadoso, as autorizações de liberação comercial devem ser limitadas no tempo, as preocupações dos consumidores devem ser levadas em conta, estes devem ter livre escolha sobre os produtos que desejam consumir (*free-choice*) e as indústrias e parte dos cientistas devem mudar de atitude em relação à sua posição de considerar as apreensões dos consumidores são irracionais e sem fundamento.

Aerni *et al.* (1999) publicaram os resultados de um estudo de caso sobre a percepção ou aceitação pública em relação aos OGM nas Filipinas. A aceitação pública significa a atitude dos indivíduos sobre aspectos originados de inovações tecnológicas e depende da percepção individual dos benefícios e riscos de uma tecnologia, dos valores sociais, da confiança nas instituições que representam estas tecnologias, das fontes de informação. Foram aplicados questionários e realizadas entrevistas com funcionários de vários órgãos dos governos relacionados ao tema, líderes Organizações não-governamentais (ONGs), agricultores, religiosos, cientistas de universidades, institutos de pesquisa, agências internacionais, representantes da mídia e políticos.

Segundo revelaram as tendências gerais resultantes desta pesquisa, para as diferentes categorias a tecnologia em si não é motivo de preocupação e a transgenia é uma nova ferramenta a ser aplicada em programas de melhoramento. As principais preocupações manifestadas foram a ineficiência do mercado e a implementação inadequada de normas de biossegurança, questões que podem impedir a distribuição dos benefícios e aumentar os riscos. Foram ainda levantadas dúvidas sobre a sustentabilidade ecológica. Para o caso das Filipinas e sob o prisma dos produtores de arroz, a transgenia de plantas não foi considerada

prioritária. Os principais problemas relatados na produção de arroz foram as condições desfavoráveis de mercado, a falta de irrigação, a falta de infra-estrutura de transporte e armazenamento e o serviço de extensão deficiente.

Com relação aos diferentes grupos de percepção e ao peso político correspondente no debate sobre o assunto, os resultados mostraram que, para as ONG, a transgenia não apresenta potencial para a agricultura e os riscos superam os benefícios. As ONG têm considerável influência sobre a opinião pública, são ágeis na obtenção e difusão da informação, mas não são consideradas importantes para a decisão política. O segundo grupo, constituído por políticos e funcionários graduados do governo foi considerado influenciador de decisões políticas, das diretrizes regulamentadoras do financiamento da pesquisa e, em menor escala, da opinião pública. Este grupo manifestou elevadas expectativas sobre o potencial da transgenia na agricultura e atitude ambivalente entre benefícios e riscos; de acordo com ele, a técnica permite solucionar problemas que não podem ser resolvidos pelo melhoramento convencional, mas há dúvidas sobre sua sustentabilidade. Conforme revelou o terceiro grupo, constituído por cientistas de universidades, institutos de pesquisa e empresas privadas, os cientistas encontram-se distribuídos entre os dois grupos anteriores. Este terceiro grupo demonstra uma atitude positiva sobre a transgenia, assinalando, contudo, um potencial mais modesto para a agricultura e entendendo que ela não resolverá problemas estruturais e sim agrônômicos pontuais; ele é considerado como o mais importante para o fluxo de informações, exerce influência alta nas decisões políticas e baixa na opinião pública e não tem acesso direto ao público e sim indireto, mediado por ONG e pela mídia.

## CONCLUSÃO

Finalizando, é pertinente lembrar o relatório da *British Medical Association* (British..., 1999) sobre os impactos e riscos dos OGM. Nele

consta: “nada na vida é livre de riscos”. Ao se julgar algo seguro, estão sendo considerados apenas os limites aceitáveis de risco. A melhor estratégia para lidar com possibilidades de danos ambientais, quando se é confrontado com profundas incertezas, é agir cautelosamente e desencadear programas sistemáticos de pesquisa para aumentar a compreensão sobre o assunto. Esta abordagem é conhecida como princípio da precaução, o qual deve ser aplicado para prever e preparar a liberação de OGM e seus produtos na cadeia alimentar, até que seus impactos na saúde e no meio ambiente sejam devidamente avaliados no domínio público.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERNI, P., PHAN-HUY, S.A., RIEDER, P. An indication of public acceptance of transgenic rice in the Philippines. *Biotechnology and Development Monitor*, Amsterdam, v.38, n.2, p.18-21, 1999.
- ARRIOLA, P.E., ELLSTRAND, N.C. Crop-to-weed flow in the genus *Sorghum* (Poaceae): spontaneous interspecific hybridization between johnsongrass, *Sorghum halapense*, and crop sorghum (*S. bicolor*). *American Journal of Botany*, v.83, n.9, p.1153-1160, 1996.
- BRITISH MEDICAL ASSOCIATION. *The impact of genetic modification on agriculture, food and health*. Londres, 1999. 18p.
- BYRNE, D. *Biotechnology – Science and Impact*. The Hague Biotechnology and the Consumer Conference. [on-line]. Available from: <[http://europa.eu.int/comm/dgs/health\\_consumer/library/speeches/speech36\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/dgs/health_consumer/library/speeches/speech36_en.html)>. Acess 12 December 2000.
- CHÈVRE, A.-M., BARANGER, F.E.A., RENARD, M. Gene Flow from transgenic crops. *Nature*, London, v.389, n.6654, p.924, 1997.
- CHO, Y., QIU, Y.-L., KUHLMAN, P., PALMER, J.D. Explosive invasion of plant mitochondria by a group I intron. *Proceedings of National Academy of Sciences*, Washington DC, v.95, n.24, p.14.244-14.249, 1998.
- DOEBLEY, J. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. *BioScience*, v.40, n.6, p.443-448, 1990.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Biotechnology*. Roma, [online]. Available from: <<http://www.fao.org/unfao/bodies/COAG>. 1999>. Acess 10 March 2000.
- FEDERAL INSECTICIDE, FUNGICIDE AND RODENTICIDE ACT. Scientific Advisory Panel Report. *Assessment of Scientific information Concerning Starlink™ corn*. [online]. Available from: <<http://www.epa.gov/scipoly/sap>. 2000>. Acess 10 December 2000.
- FINARDI, F.F. Plantas transgênicas e a segurança alimentar. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 51. 1999, Porto Alegre. *Palestra apresentada no Simpósio “Plantas Transgênicas: da Genética aos Alimentos*. Porto Alegre : SBPC, 1999. 8p.
- GREENE, A.E., ALLISON, R.F. Recombination between viral RNA and transgenic plant transcripts. *Science*, Washington DC, v.263, n.5152, p.1423-1425, 1994.
- HO, M.-W., TRAAVIK, T., OLSVIK, O., TAPPESER, B., HOWARD, C.V., von WEIZSACKER, C., MCGAVIN, G.C. Gene Technology and gene ecology of infectious diseases. *Microbial Ecology in Health and Disease*, Stockholm, v.10, n.1, p.33-59, 1998.
- HUANG, F., BUSCHMAN, L.L., HIGGINS, R.A., MCGAUGHEY, W.H. Inheritance of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin (Dipel ES) in the European Corn Borer. *Science*, Washington DC, v.284, n.5416, p.965-967, 1999.
- LOSEY, J.E., RAYOR, L.S., CARTER, M.E. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, London, v.399, n.6733, p.214, 1999.
- MICROBIAL management. *Science*, Washington DC, v.284, n.5418, p.1301-1307, 1999.
- MILLSTONE, E., BRUNNER, E., MAYER, S. Beyond ‘Substantial equivalence’. *Nature*, London, v.401, n.6753, p.525-526, 1999.
- MOMMA, A.N. Rotulagem de Plantas Transgênicas e o Agronegócio. *Revista de Direito Ambiental*, v.16, n.4, p.153-162, 1999. (Depoimento à Câmara dos Deputados, 13 de abril de 1999).
- NIELSEN, K.M., Van ELSAS, J.D., SMALLA, K. Transformation of *Acinetobacter* sp. Starin BD413

- with transgenic plant DNA in soil microcosms and effects of kamycin on selection of transformants. *Applied and Environmental Microbiology*, v.66, n.3, p.1237-1242, 2000.
- NODARI, R.O., GUERRA, M.P. Implicações dos transgênicos na sustentabilidade ambiental e agrícola. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.7, n.2, p.481-491, 2000.
- NODARI, R.O., GUERRA, M.P. Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, v.18, n.1, p.81-116, 2001.
- PADGETTE, S.R., TAYLOR, N.B., NIDA, D.L., BAILEY, M.R., MACDONALD, J., HOLDEN, L.R., FUCHS, R.L. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v.126, n.3, p.702-716, 1996.
- RAFFENSPERGER, C., TIKCKNER, J. *Protecting public health & the environment: implementing the precautionary principle*. Washington DC: Island Press, 1999. 385p.
- STEVEN, S., ZEMETRA, R., FRANCIS, Y.L., JONES, S.S. Production of herbicide-resistant jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) X wheat (*Triticum aestivum*) hybrids in the field by natural hybridization. Available from: <<http://www.nalusda.gov/ttic/tektran>>. Acess 10 March 2000.
- TAPPESER, B., JÄGER, M., ECKELKAMP, C. *Survival, persistence, transfer: An update on current knowledge on GMs and the fate of their recombinant DNA*. Penang : TWN, 1999. 44p.
- TRAAVIK, T. *Too early may be too late. Research Report for DN 1999-1*. Ecological risks associated with the use of naked DNA as biological tool for research, production and therapy. Trondheim : Norway, 1999. 106p.
- WOLFENBARGER, L.L., PHIFER, P.R. The ecological risks and benefits of genetically engineered plants. *Science*, Washington DC, v.290, n.5500, p.2088-2093, 2000.
- WILSON, H.D. Gene Flow in squash species. *BioScience*, v.40, n.6, p.449-455, 1990.

Recebido para publicação em 23 de junho de 2000 e aceito em 18 de janeiro de 2001.