

## “IMPACTO DA TRANSGENIA NA BIODIVERSIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR”

**Ana Paula Branco do Nascimento**<sup>1</sup>, **Adriana Basile**<sup>2</sup>, **Henrique Sérgio Alves**<sup>3</sup>, **Silvia Maria Guerra Molina**<sup>4</sup>, **Weber Amaral**<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Bióloga, Doutoranda da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade São Paulo. Rua: Irmã Margarida Maria, 200 casa 1, 13420-110 Jardim Brasília-Piracicaba-SP.

apbnasci@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Bióloga, Mestranda do PPGI em Ecologia da ESALQ/USP. Piracicaba-SP. basile@esalq.usp.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando da ESALQ/USP. healves@esalq.usp.br

<sup>4</sup> Professora Dr<sup>a</sup> do Departamento de Genética, da ESALQ/USP. Piracicaba-SP.

sngmolin@carpa.ciagri.usp.br

<sup>5</sup> Professor Ph.D. do Departamento de Ciências Florestais, da ESALQ/USP. wanamara@esalq.usp.br

**Palavras-chave:** Transgenia, biodiversidade, segurança alimentar.

**Área do Conhecimento:** II - Ciências Biológicas

**Resumo-** Mundialmente há um debate sobre os impactos dos Organismos Geneticamente Modificados (OGM's) na saúde humana, animal e no meio ambiente. Desde o desenvolvimento das técnicas de clonagem gênica, vários genes puderam ser introduzidos em bactérias, para que se tornassem verdadeiras fábricas de substâncias importantes para o homem, como a insulina. Considerando a abrangência interdisciplinar do assunto, procuramos reunir informações mais relevantes sobre o tema transgenia, com ênfase sobre a segurança alimentar e ambiental. Como o transgene confere novas características ao organismo portador, em geral pouco avaliadas quanto aos seus impactos, ainda não foi gerada uma base de conhecimento suficiente e adequado para abordar corretamente o assunto. Assim, a falta de evidências sobre os efeitos negativos, não significa que os alimentos transgênicos sejam isentos de riscos. Em suma, a transgenia ainda é uma técnica que requer cautela e pesquisa constante.

### Introdução

Atualmente há um debate mundial sobre os impactos dos Organismos Geneticamente Modificados (OGM's) na saúde humana, animal e no meio ambiente e sobre uma possível reformulação nos modelos de exploração agrícola em vigência no mundo [1]. Considerando a abrangência interdisciplinar do assunto, procuramos abordar e aprofundar alguns dos aspectos mais relevante sobre o tema, com ênfase sobre a segurança alimentar e ambiental.

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's.

A transgenia é uma técnica que pode contribuir de forma significativa para o melhoramento genético de plantas e animais, visando à fabricação de fármacos e outros produtos industriais, assim como produção de alimentos [2]. Os transgênicos são produtos ou organismos nos quais foram inseridos genes exógenos (de outra espécie) via transformação gênica [3]. Em geral os cientistas extraem genes de uma espécie que possui uma característica importante e os transferem para a que se deseja melhorar.

A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) passou a assumir importância fundamental no que se refere aos

cuidados necessários para a análise e liberação de transgênicos. Biossegurança, na visão da Food and Agriculture Organization (FAO) [4], 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 da segurança alimentar global.

A primeira experiência em engenharia genética teve início em 1973. Foram necessários mais de 10 anos para se obter a primeira planta transgênica, o tabaco GM em 1983. A primeira variedade transgênica comercial a ser liberada foi o tomate *Flavr Savr*, colocado nas prateleiras dos supermercados em fevereiro de 1994 [3].

Diversos experimentos passaram a ser realizados desde aquela descoberta. Graças a essa técnica, vários genes puderam ser introduzidos em bactérias, para que se tornassem verdadeiras fábricas de substâncias tão importantes para o homem como a insulina (sua baixa produção no corpo humano é uma das causas do diabetes) ou o hormônio do crescimento [3]. A partir daí foram intensificadas as pesquisas com plantas e animais transgênicos. "Batatas-vacinas", que evitam doenças como a hepatite B; frutas e vegetais fortalecidos com vitaminas C e D; "bananas-vacinas" contra doenças infantis; canola com óleo enriquecido com betacaroteno, o qual é

convertido em vitamina A, são exemplos do potencial de aplicação dessas técnicas [5].

Mais recentemente, foi criada uma batata com gene da bactéria *Escherichia coli*. Ela funciona como uma vacina contra a diarreia causada por essa mesma bactéria e imuniza contra a cólera. Ainda estão sendo estudados e testados alimentos com características como: resistência a doenças causadas por vírus, fungos e bactérias; tolerância à seca, ao frio e à alta salinidade.

Pesquisadores ingleses injetaram em embriões do mosquito *Aedes aegypti* um gene do protozoário que causa malária (plasmódio) e desencadeia a produção de uma proteína a mais na saliva do mosquito. Ao dar uma picada, o mosquito naturalmente injeta sua saliva. No caso da saliva com uma proteína a mais, desencadeia-se a produção de anticorpos e ela funciona, portanto, como uma vacina.

Determinação de risco : É importante considerar a distinção entre perigo e risco. Um perigo corresponde ao agente nocivo físico, químico ou biológico, capaz de causar efeitos adversos, por exemplo, um fragmento metálico num produto comestível, um pesticida ou novo DNA. Já o risco é uma função da probabilidade de ocorrência daquele perigo em certas circunstâncias; por exemplo, morder o fragmento metálico, ter efeitos adversos causados por DNA exógeno [6]. Outros autores [1] definem risco como 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.

O impacto de um transgene no ambiente e na saúde humana deve ser criteriosamente avaliado via análise de risco. Esta análise é, portanto, um procedimento científico sistematizado que compreende diversas etapas: a avaliação do risco, o gerenciamento do risco e a informação de risco. A avaliação de risco é, em última análise, a caracterização da natureza qualitativa e quantitativa dos efeitos adversos (perigo) numa população e pode incluir a obtenção da dose-resposta, ou seja, dos efeitos decorrentes de níveis crescentes de exposição ao agente [7].

Riscos à saúde humana: A maioria das plantas transgênicas contém genes de resistência a antibióticos. Nos últimos 20 anos, surgiram mais de 30 novas doenças na espécie humana. Além disso, houve o recrudescimento de doenças como a tuberculose, malária, cólera e difteria, devido a microrganismos patogênicos muito mais agressivos. 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. Tanto a recombinação genética como a transferência gênica horizontal entre bactérias

aceleraram a disseminação contínua de regiões genômicas entre os organismos, na natureza [8]. Isso ocorre também entre organismos patogênicos e é um dos principais mecanismos associados à perda da eficiência dos antibióticos, devido à transferência dos genes de resistência a esses medicamentos [8].

Recentemente foram registrados diversos casos de absorção de ácido desoxirribonucléico (DNA) exógeno por células eucariontes [1]. Conforme foi demonstrado, o DNA transgênico contido na alimentação de ratos não era totalmente destruído no trato gastrointestinal, podendo alcançar a corrente sanguínea e ser temporariamente detectado nos leucócitos ou células do fígado. Um segundo tipo de risco relaciona-se com as reações adversas aos 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 e toxicidade [9]. 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 [10]. 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 a seu potencial alergênico [3]. O aumento das alergias alimentares pode ocorrer devido à ingestão de novas proteínas ou novos compostos que se formam nos alimentos geneticamente modificados. Isto foi demonstrado no caso da soja da Pioneer que recebeu um gene da castanha-do-pará. Constatou-se que pessoas alérgicas ao produto desse gene na castanha, também eram alérgicas para este quando produzido na soja. Outra preocupação refere-se à possibilidade de se aumentar a resistência bacteriana a antibióticos. Isto pode ocorrer clonagem simultânea de genes marcadores que conferem esta característica, na construção dos OGMs. Pelos mecanismos mencionados anteriormente, tal resistência pode ser transferida a bactérias que infectam o ser humano e os animais [11].

Como o transgene confere novas características, em geral pouco avaliadas quanto aos seus impactos, ainda não foi gerada uma base de conhecimentos suficientes e adequados para abordar corretamente o assunto [1]. 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 consequências danosas, as quais um produto pode vir a apresentar, se liberado

precipitadamente. Não há ainda resultados de estudos de longa duração.

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, a poluição genética, a erosão da diversidade genética e a interrupção da ciclagem de nutrientes e energia.

Entre os riscos ambientais, as transferências vertical e horizontal são muito importantes. Vem sendo comum a introdução em plantas, de genes de resistência a insetos e a herbicidas, isolados de bactérias ou outras fontes. Isto levanta questões relativas às probabilidades e às conseqüências desses genes serem transferidos pela polinização cruzada, a espécies aparentadas, principalmente plantas daninhas que competem com as variedades cultivadas.

Buscando-se abordar essa questão, procedeu-se ao estudo de caso do algodão geneticamente modificado (algodão Bt) que contém genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que conferem resistência a pragas (lagartas, besouros, etc.) e precisam de muito menos inseticidas [3]. Segundo a Embrapa, o algodão foi escolhido por ser um sistema muito complexo. Das 300 espécies de insetos herbívoros associados à planta do algodão, 30 são pragas potenciais dessa cultura. O algodão é um bom exemplo também quando se considera outra questão fundamental para a análise de riscos ambientais da liberação de OGM's, que é o fluxo gênico. Ou seja, quando se considera a possibilidade de troca de genes entre as espécies modificadas e as variedades não transgênicas. Isso torna-se ainda mais relevante porque o Brasil é o centro de origem e distribuição de algumas variedades de algodão.

Cruzamentos interespecíficos envolvendo plantas transgênicas resistentes a herbicidas isolados de bactérias e plantas daninhas aparentadas já foram constatados com canola, trigo, sorgo e beterraba [13,14]. Desse modo, teme-se que os alimentos transgênicos provoquem a perda da diversidade genética na agricultura. Neste caso, poucas variedades transgênicas tenderiam a substituir tanto as variedades melhoradas por processos convencionais como as variedades selecionadas pelos próprios agricultores, chamadas de variedades locais ou tradicionais. Milhares de variedades tradicionais de milho, feijão, arroz etc, poderão desaparecer com a expansão das culturas geneticamente modificadas [3].

Já está comprovado que as plantas-inseticidas, geneticamente modificadas com o

gene do *Bacillus thuringiensis*, podem matar outros insetos além dos previstos. O pólen do milho Bt matou larvas de borboletas monarcas [14]. Em outro estudo, pesquisadores da Universidade do Arizona demonstraram que lagartas-alvo podem se tornar resistentes às plantas-Bt e que podem levar mais tempo para a maturação que as não resistentes, o que poderia aumentar ainda mais a população resistente. Além disso, a toxina Bt pode ser incorporada no solo junto com resíduos de culturas e afetar invertebrados e(ou) microrganismos que têm importante função na reciclagem de nutrientes para uso das plantas [15].

Animais transgênicos também podem se transformar em ameaça à biodiversidade. Uma empresa dos EUA desenvolveu um salmão geneticamente modificado conhecido como AquaAdvantage®, que foi modificado para que atinja um tamanho duas a três vezes maior que o salmão comum. A empresa apresentou uma solicitação para obter licença para a comercialização deste salmão, que deverá ser aprovada pela Administração de Alimentos e Drogas dos EUA [16]. Hoje existe uma oposição científica generalizada à comercialização de peixes geneticamente modificados em fazendas que cultivam espécies de alto mar, pois esses novos peixes modificados podem escapar, proliferar e superar as espécies selvagens na disputa por comida e acasalamento, podendo levar os animais selvagens até mesmo à extinção.

A segunda geração de OGMs: Dentre as muitas conseqüências do crescimento atual da população humana está a má-nutrição [17]. Há estimativa de que mais de 150 milhões de crianças com menos de 5 anos sofrem de desnutrição [18]. Esta situação seria resultante da falta de comida, deficiência de um ou mais nutrientes essenciais e de doenças genéticas ou ambientais que interferem na digestão, absorção ou no metabolismo [19].

Diante disso, afirma-se que a nova geração de transgênicos, que provavelmente estará disponível no mercado em cinco anos, terá como objetivo a melhoria das condições de saúde da população e a redução do risco de doenças, como a desnutrição, através do aumento do valor nutritivo dos alimentos [20]. Um exemplo dessa nova geração é o arroz dourado ou "Golden rice", criado pelo pesquisador Ingo Potrykus, desde 1990. Esse arroz é modificado geneticamente para produzir Provitamina A (possui alta quantidade de beta-caroteno), além de ter uma quantidade complementar de iodo, características que fazem desse produto uma alternativa para o combate à má nutrição em países como a Índia, Ásia, África e América Latina, onde o consumo de arroz é alto, assim como a carência de vitamina A. Por outro lado, considera-se que o "arroz

dourado” sozinho não irá diminuir significativamente a carência de vitamina A e a cegueira noturna. Argumenta-se que ele não irá vencer as principais causas da deficiência de vitamina A: desnutrição e saneamento pobre. Vencer esses problemas requer intervenções mais desafiadoras do que um produto de alta tecnologia sozinho [21], cabendo considerar ainda, o custo de mercado de um produto deste tipo, face ao poder aquisitivo de populações carentes. Diversas outras questões ainda devem ser colocadas: será o uso de um OGM a melhor opção para fazer frente à desnutrição infantil? A resposta a esse problema está numa técnica de melhoramento genético?

### Considerações Finais

Esse exercício da sociedade discutir a implantação de uma tecnologia, como está ocorrendo pela primeira vez na história do Brasil, constitui-se num grande desafio.

Nenhuma tecnologia está isenta de riscos. O uso de transgênicos deve ser avaliado caso a caso e são necessárias mais pesquisas para garantir e monitorar a segurança desses cultivos a longo prazo. Falta de evidências sobre os efeitos negativos, não significa que os alimentos transgênicos sejam isentos de riscos.

Em suma, a transgenia requer para seu uso e aplicação seguros, muito mais prudência e pesquisas científicas quanto aos seus riscos, do que já foi conduzido e divulgado até o momento.

### Bibliografia

- [1] Nodari, R. O.; Guerra, M. P. Transgenic plants and their products: effects, risks and food safety (Biosafety of transgenic plants). Rev. Nutr., Campinas, 16(1): 105-116, jan./mar., 2003.
- [2] 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.
- [3] SBMP - Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas. < www.sbmp.or.br/noticias/transgenicos.pdf > Acessado em 16 de julho de 2004.
- [4] Food and Agriculture Organization. Biotechnology. Roma, [online]. Available from: <http://www.fao.org/unfao/bodies/COAG. 1999>. Acessado 15 de julho de 2004.
- [5] Costa, N.M.B.; Borém, A. Biotecnologia e Nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos. São Paulo: Nobel, 2003. 214p.
- [6] World Health Organization. 2002
- [7] Lajolo, F.M.; Nutti, M.R. Transgênicos: Bases científicas da sua segurança. São Paulo: SBAN, 2003. 112p.
- [8] 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.

[9] 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.

[10] Lappé, M., Independent non-profit group discovers differences in Roundup Ready soybeans, Journal of Medicinal Food. v.1, n.4, 1999.

[11] Laboratório de Nutrição de York, Las Alergias a la Soja Aumentaron en un 50% en el Reino Unido en el Año Pasado, mensagem eletrônica da rede Elizabeth Bravo, Quito Equador, março de 1999.

[12] 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.

[13] Chèvre, A-M.; Baranger, F.E.A.; Renard, M. Gene flow from transgenic crops. Nature, London, v.389, n.6654, p.924, 1997.

[14] Folha de São Paulo. Estudo questiona eficácia de transgênicos, página 1-19, 5 de agosto de 1999.

[15] Cox, C., Herbicide fact sheet Glifosate (Roundup), Journal of Pesticide Reform, p.3-16, v.18, n.3, Eugene, Oregon, EUA, 1998.

[16] Salmão: Ayaba Diário Meioambiental, Internet, 09/09/02. < http://www.ayaba.com/modules.php > Acessado em 15 de julho de 2004.

[17] Kormondy, E.; Brown, E. **Fundamental of Human Ecology**. New Jersey, USA, Prentice Hall, 1998. 503p.

[18] UNICEF. 1990. The state of the world's children 1990. Oxford: Oxford University Press.

[19] Salgado, J. M.; Brazaca, S. G. C. **Nutrição Humana: da Gestação à Senilidade**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ. Piracicaba, 1995.

[20] Costa, N.M.B. Transgênicos do futuro serão mais nutritivos. <http://noticias.terra.com.br/ciencia/biotecnologia/interna.htm > Acessado em 16 de julho de 2004.

[21] The New York Times. **Ouro de Tolo**. 19/12/00 in The Ram's Horn, nº 187, janeiro de 2001.

< http://free.freespeech.org/transgenicos/transgenicos/cuidado/graos/arroz/arroz-enganando.htm.> Acessado em 19 de julho de 2004.