

## DAS PLANTAS SILVESTRES ÀS TRANSGÊNICAS

*Ernesto Paterniani*<sup>(1)</sup>

**A invenção da agricultura** – A espécie humana é única no mundo pela sua capacidade de dominar as demais espécies, promover significativas mudanças no ambiente tendo ainda um contínuo crescimento populacional. Tudo isso está resultando, na atualidade, no enfrentamento de desafios para alimentar essa população crescente, manter boa qualidade de vida e preservar o meio ambiente. Estima-se que a espécie humana tem cerca de um milhão e quinhentos mil anos, sendo que durante quase todo esse período correu o risco de extinção pela competição com animais mais bem adaptados ao ambiente hostil existente. A sua sobrevivência só foi garantida com a invenção da agricultura que ocorreu, pelo menos duas vezes, independentemente, no Velho e no Novo Mundo, há cerca de dez mil anos. Acredita-se que a agricultura foi iniciada pela mulher que tinha mais oportunidade de observar o desenvolvimento das plantas, pois os homens tinham a preocupação constante de encontrar alimento, em especial proveniente da caça. Por outro lado, a mulher, dedicada aos cuidados da prole, eventualmente deve ter observado a germinação de sementes que produziam plantas alimentícias.

Verifica-se, assim, que a agricultura é bastante recente. Isso pode ser melhor visualizado utilizando uma escala de um ano de 365 dias, na qual o homem apareceu no dia 1º de janeiro, tendo a agricultura surgido às 16 horas e 30 minutos do dia 29 de dezembro. Antes da agricultura, por depender quase que exclusivamente da caça, eram necessários cerca de 2.500 ha de terra para alimentar uma pessoa. Com o pastoreio, um progresso significativo foi obtido, pois 250 ha serviam para alimentar uma pessoa. Com a agricultura e os subsequentes progressos técnicos, na atualidade apenas 250 ha podem produzir alimentos para cerca de 3.600 pessoas.

**Manipulação genética das plantas cultivadas.** As plantas silvestres possuem vários atributos que as tornam adaptadas à vida na natureza, porém são indesejáveis para a agricultura, tais como espinhos, dispersão e dormência das sementes, presença de substâncias tóxicas. Durante a domesticação, tais

---

<sup>(1)</sup> Eng. Agr., PhD., Prof. da USP, membro da CNTBio. E-mail: epater@merconet.com.br

atributos foram eliminados pela seleção, representando as primeiras manipulações genéticas realizadas pelo homem. A domesticação trouxe, entretanto, alguns inconvenientes, dos quais o mais sério é a maior vulnerabilidade das plantas às pragas e enfermidades. Desde os tempos bíblicos existem relatos de desastres na produção de alimentos devidos a enfermidades, em geral atribuídos a desígnios divinos. Talvez o exemplo mais dramático seja a epidemia de requeima da batata causada pelo fungo *Phytophthora infestans*, que atingiu proporções catastróficas em 1845, na Irlanda, cuja população ficou reduzida quase à metade pela fome e pela emigração.

Toda a atividade agrícola, desde o seu início, sempre representou uma perturbação do meio ambiente. O cultivo das plantas em comunidades mais compactas, eliminando as demais plantas concorrentes, constituiu uma inovação na mudança do ambiente. Compete ao homem utilizar os contínuos conhecimentos resultantes das descobertas científicas para uma agricultura mais eficiente e produtiva que faça face ao crescimento populacional, porém, preservando o máximo possível o meio ambiente. Em especial, deve-se manter o potencial produtivo do solo e, se possível, melhorá-lo, pois a presente geração está tomando emprestado o solo das próximas, às quais ele deve ser entregue pelo menos com o mesmo potencial com que foi recebido e, idealmente, melhorado.

A redescoberta das leis de Mendel em 1900, estabelecendo as regras da transmissão hereditária dos caracteres entre as gerações, possibilitou o seu emprego no melhoramento com resultados mais previsíveis e seguros. Progressos subsequentes têm sido tão relevantes para a ciência e o bem-estar da sociedade, tanto que o século 20 foi chamado o “Século da Genética”. Sendo o melhoramento de plantas uma ciência aplicada, os conhecimentos obtidos na Genética e áreas afins têm sido incorporados às técnicas para melhor manipular o patrimônio genético, com o fim de obter variedades mais adequadas às necessidades da sociedade. Conhecimentos como herança dos caracteres quantitativos, estatística e experimentação agrícola, alteração do número de cromossomos, métodos de seleção e avaliação de genótipos, todos são empregados no melhoramento. O uso do vigor de híbrido, primeiramente empregado no milho e, depois, em muitas outras espécies, talvez seja a maior contribuição da Genética, nesse século, para a produção de alimentos. Em 1930, H. J. Muller, com a mosca-das-frutas *Drosófila* e L. J. Stadler, em milho, descobriram que

mutações genéticas podiam ser artificialmente produzidas por raios-X, dando origem à Radiogenética, o que valeu a Muller o prêmio Nobel de Medicina em 1946. Todas essas técnicas, empregadas no melhoramento genético, são denominadas genericamente de **métodos convencionais**.

Os conhecimentos obtidos com relação ao material genético, em especial depois da descoberta em 1953, por Watson e Crick, da hélice dupla do DNA (ácido desoxirribonucléico), conduziram ao desenvolvimento da técnica da Engenharia Genética, que possibilita a incorporação ao genoma de uma espécie, de genes de outras espécies, sem o concurso da reprodução sexual, resultando nos chamados **transgênicos**, obtidos a partir de 1970. Assim, foi natural que as novas técnicas de Engenharia Genética fossem também empregadas para a obtenção de plantas com características mais desejáveis. A novidade, o desconhecimento e outros fatores não bem definidos levaram setores da sociedade a questionar o uso das plantas transgênicas em geral, embora inúmeros cientistas considerem a produção artificial de mutações como uma técnica mais radical e exógena do que a transgenia.

**Por que os transgênicos?** – Como foi visto, no melhoramento convencional, são utilizados primariamente processos de seleção visando eliminar os genes e seus respectivos caracteres não desejáveis, aumentando, ao mesmo tempo, a frequência dos atributos desejáveis. Em seqüência, cruzamentos entre variedades da mesma espécie permitem a incorporação de genes na variedade desejada. Numa etapa posterior, são produzidos cruzamentos interespecíficos, seja para transferência de genes, seja para a obtenção de novas espécies, como o *triticale* (trigo x centeio) e o *tritordeum* (trigo x aveia), resultando em profundas modificações nos genomas. Também têm sido amplamente utilizadas as técnicas de indução artificial de mutações por meio de radiações ionizantes e não ionizantes, tudo isso sob a denominação genérica de Radiogenética, na qual, como é evidente, não há reprodução sexual. É importante salientar que no melhoramento procura-se obter o máximo possível de variações genéticas, procedendo-se, a seguir, a avaliações e à seleção dos genótipos mais desejáveis, eliminando-se os inferiores.

Como o código genético é universal, isto é, idêntico para todos os seres vivos, os genes transferidos de uma espécie para outra vão produzir as mesmas características que produziam na espécie doadora. É por isso que o gene da insulina, transferido para a bactéria *Escherichia coli*, faz com que esta produza

essa substância amplamente empregada no tratamento de pessoas diabéticas. Como muitas características desejáveis não são encontradas numa determinada espécie cultivada, é natural que o atributo procurado, uma vez identificado em outra espécie, seja transferido para a espécie de interesse agrícola. Utilizando as técnicas da Engenharia Genética, foram obtidas, inicialmente, plantas resistentes a herbicidas e a insetos-praga. Inúmeras plantas transgênicas com maior teor de proteína de boa qualidade, ricas em vitaminas e sais minerais, ácidos graxos mais saudáveis etc., já obtidas, encontram-se em experimentação.

É importante salientar que o melhoramento genético não será conduzido exclusivamente pela transgenia. Os chamados métodos convencionais e a engenharia genética não são mutuamente excludentes, mas se complementam, e cada técnica é utilizada segundo as suas potencialidades. A engenharia genética representa, na verdade, uma ferramenta a mais à disposição do melhoramento genético.

**Biossegurança** – Em todos os programas de melhoramento genético, centenas ou mesmo milhares de novos genótipos são obtidos para que se possa identificar e selecionar os superiores. Estes, antes da sua liberação para uso e consumo, são extensamente avaliados. Assim, as novas variedades de plantas são testadas em vários ambientes, condições de cultivo, consumo humano e animal, em comparação com as correspondentes em uso.

No caso dos transgênicos, pelas suas características muito inovadoras e pelo alto potencial de manipulação genética, houve logo no início uma preocupação dos próprios geneticistas sobre eventuais riscos decorrentes do emprego dessa tecnologia. Assim é que, a partir de 1974, várias reuniões científicas foram realizadas, das quais a mais importante foi a de Asilomar, na Califórnia, em 1975. Normas de biossegurança foram, então, estabelecidas como base para subseqüentes procedimentos de biossegurança adotados nas mais variadas condições e países.

É importante considerar que não existe risco igual a zero. Dificilmente se pode identificar uma atividade isenta de risco. Na biossegurança procura-se minimizar o risco, em especial por comparação com as alternativas em uso.

**Controle da biossegurança.** Os transgênicos têm sido avaliados de diferentes maneiras nos vários países. Nos Estados Unidos, os transgênicos são avaliados pelos três órgãos oficiais existentes, pois considera-se que os produtos desenvolvidos pela biotecnologia não diferem fundamentalmente dos

produtos obtidos pelos métodos convencionais. O Departamento de Agricultura – USDA –, pelo seu Serviço de Inspeção de Sanidade Animal e Vegetal – APHIS –, regula a importação e o trânsito de plantas. Uma vez que uma planta transgênica não representa uma erva daninha, pode ser liberada. A Agência de Proteção ao Ambiente – EPA, cuida da regulação de substâncias que são pesticidas, como as proteínas da bactéria *Bacillus thuringiensis*. Essas plantas inseticidas precisam ser registradas antes que as sementes transgênicas sejam comercializadas. Plantas transgênicas destinadas ao consumo humano ou animal são analisadas pela Administração de Alimentos e Medicamentos – FDA –. Dependendo da sua natureza, um transgênico pode ser analisado por uma, duas ou pelas três organizações. No Canadá, a segurança dos alimentos produzidos pela transgenia é avaliada pelo Ministério da Saúde e pela Agência Canadense de Inspeção de Alimentos.

Na Comunidade Européia, os transgênicos foram objeto de diretrizes que dispõem sobre trabalhos em contenção, que normatizam a liberação planejada no meio ambiente, e que tratam da rotulagem.

Na América Latina existe uma grande variedade de sistemas de regulação, até mesmo países nos quais não existe qualquer mecanismo de regulação. A Argentina foi pioneira em criar uma regulamentação para organismos geneticamente modificados – OGMs –. A Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria – Conabia –, foi criada em 1991 e tem a finalidade de assessorar o Secretario de Agricultura, Ganaderia, Pesca y Alimentación. A Conabia leva muito em conta os resultados já obtidos no exterior. Só são autorizados plantios de milho transgênicos aceitos pelos importadores europeus.

**Biossegurança no Brasil.** A Lei 8.974, de 5 de janeiro de 1995, regulamenta os incisos II e V do parágrafo 1º do artigo 225 da Constituição Federal, estabelece normas para o uso das técnicas de engenharia genética e a liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados, autoriza o Poder Executivo a criar, no âmbito da Presidência da República, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio –, e dá outras providências. Pelo Decreto 1.752 de 20 de novembro de 1995, é regulamentada a Lei 8.974, que dispõe sobre a vinculação e a competência da CTNBio, e dá outras providências. O Decreto 2.577, de 30 de novembro de 1998, dá nova redação ao artigo 3º do Decreto 1.752. Finalmente, a Medida Provisória 2.137 de 28 de dezembro de 2000, assinada pelo Presidente da República e pelos Ministros da

Ciência e Tecnologia, do Meio Ambiente, e da Agricultura e do Abastecimento, estabelece novas competências da CTNBio, tornando mais claras as interfaces entre os procedimentos dessa Comissão e dos Ministérios que a integram.

A CTNBio é composta por 18 titulares e seus respectivos suplentes, dos quais oito são especialistas de notório saber em biotecnologia (dois da área humana, dois da área animal, dois da área vegetal e dois da área ambiental), um representante de cada um dos seguintes Ministérios: Ciência e Tecnologia, Saúde, Meio Ambiente, Educação e Relações Exteriores, dois representantes do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (um da área animal e um da área vegetal), um representante de órgão de defesa do consumidor, um representante do setor empresarial de biotecnologia e um representante de órgão de proteção à saúde do trabalhador. Eles se distribuem nas Comissões Setoriais das áreas da saúde, animal, vegetal e ambiental.

A legislação brasileira determina que os transgênicos sejam analisados caso a caso. Assim, uma soja transgênica resistente ao herbicida glifosate, determinado por um gene específico, é um caso. Uma outra soja transgênica resistente ao mesmo herbicida porém, devido a outro gene, será considerada como outro caso, pois será um produto diferente.

A CTNBio elaborou 19 Instruções Normativas, conferiu Certificados de Qualidade em Biossegurança – CQB – a cerca de 120 instituições públicas e privadas, examinou cerca de 800 projetos de liberação planejada no meio ambiente, além de uma série de atividades relacionadas com os transgênicos. Para plantio comercial, até o momento, a CTNBio emitiu em 24/09/98 um parecer técnico conclusivo relativo à soja resistente ao herbicida glifosate, considerando que não há evidência de dano ao meio ambiente e à saúde humana e animal do transgênico em questão. Usando o princípio da precaução, embora não existam riscos previsíveis, a CTNBio estabeleceu que os plantios comerciais sejam – por um período de cinco anos – monitorados por testes adequados conduzidos às custas da empresa responsável pela variedade transgênica, acompanhados e analisados por técnicos competentes alheios à empresa e à CTNBio. Esta precaução é inédita no mundo e, recentemente, a Europa está implantando uma sistemática semelhante. Em vista de liminar judicial, o plantio comercial, bem como o monitoramento correspondente estão suspensos.

**Os transgênicos trazem riscos à saúde?** Todas as novas variedades, sejam transgênicas ou não, são adequadamente avaliadas pelos pesquisadores,

antes da sua liberação. Neste aspecto, por constituir uma inovação tecnológica, os transgênicos têm sido avaliados com muito maior rigor (princípio da precaução). A experiência de vários anos de milhões de pessoas consumindo produtos transgênicos não revelou um único caso de dano à saúde. Assim, os riscos que têm sido anunciados são apenas hipotéticos. Uma preocupação dos pesquisadores é com a possibilidade de novos alimentos causarem efeitos alergênicos. Um feijão transgênico com melhor composição protéica, maior teor de metionina, um aminoácido essencial, foi obtido incorporando um gene da castanha-do-pará. Devido à possibilidade de que certas pessoas alérgicas à castanha-do-pará também fossem alérgicas a esse feijão transgênico, a pesquisa foi interrompida e o produto nunca foi liberado ao público (princípio da precaução).

**Efeitos no meio ambiente** – Até o momento, as variedades transgênicas liberadas resistentes a herbicidas e a insetos-praga reduziram o uso de agroquímicos, como comprovam as estatísticas dos países onde essas plantas estão sendo cultivadas normalmente. Por exemplo, o milho Bt, ao qual foi incorporado um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, produz uma toxina nas folhas que mata as lagartas, dispensando, ou diminuindo, o emprego de inseticidas. Nos campos de algodão Bt nos Estados Unidos, observa-se uma grande quantidade de pássaros e insetos que batem nos pára-brisas dos carros. Por outro lado, nos campos de algodão não-transgênico, os agricultores precisam usar inseticidas que matam tanto os insetos-praga como aqueles que são úteis, como as abelhas. Considerando que o consumo anual de agroquímicos no mundo é da ordem de US\$ 35 bilhões e no Brasil é de US\$ 2,5 bilhões, os transgênicos podem representar significativa economia e proteção ao meio ambiente. Com relação às plantas resistentes a herbicidas, elas são as maiores aliadas da conservação do solo no sistema de plantio direto, na qual o solo não é revolvido, evitando a erosão, o maior problema de conservação do solo em regiões tropicais.

**Reduzem a biodiversidade?** – É exatamente o contrário. Cada novo transgênico representa uma nova variedade disponível. Além da biodiversidade existente, que é preservada, a transgenia tem um potencial incalculável para aumentar significativamente a biodiversidade. As novas variedades, quando aprovadas, estarão disponíveis para o agricultor, da mesma maneira que as variedades obtidas pelos meios convencionais, isto é, não serão as únicas existentes. Sempre existirão as chamadas variedades convencionais, as quais, como atualmente, convivem com a grande diversidade disponível no mercado.

**Não aumentam a produtividade?** – Os transgênicos são desenvolvidos para melhorar o comportamento agrícola e, em consequência, aumentar a produtividade. Embora isso ocorra de maneira geral, como as condições de solo, clima etc. variam entre as diferentes regiões, pode ocorrer que em determinadas circunstâncias, uma variedade transgênica não seja superior em relação à cultivar não-transgênica. Por isso é que o agricultor nunca substitui totalmente a sua área com uma nova variedade. Usando o princípio da precaução, faz o plantio inicialmente em parte da sua área com a nova cultivar e, dependendo dos resultados, decide ampliar ou reduzir o plantio na próxima safra.

**Não beneficiam o consumidor?** – Nenhuma inovação tecnológica beneficia o consumidor de imediato. Leva um certo tempo até que seja adotada por uma parcela dos produtores. Nesse momento, devido à maior eficiência e à diminuição dos custos, pode resultar em benefício ao consumidor. Além do mais, proibir uma tecnologia porque, de início, beneficia apenas o agricultor, parece uma posição demasiadamente fisiológica, representando uma grande falta de consideração para com o agricultor, o qual também é um consumidor que não deve ser desprezado pela sociedade. A referida Comissão tem elaborado Instruções Normativas, analisado projetos de experimentação com OGMs (organismos geneticamente modificados), como já foi dito.

**Não há consenso entre os cientistas?** – Raramente na ciência há unanimidade. No caso dos transgênicos, é significativo que a quase totalidade dos geneticistas considera os transgênicos um novo e importante auxiliar tanto na medicina, como na agricultura e na indústria, para promover uma melhor qualidade de vida para a sociedade. Mais de 2.000 cientistas, incluindo os ganhadores do Prêmio Nobel, assinaram declaração nesse sentido.

**Transgênicos no mundo** – Desde 1990, existe na China a comercialização de fumo e tomate transgênicos resistentes a vírus. Nos Estados Unidos, o tomate de maior conservação foi comercializado em 1994. Atualmente, há cerca de 44 milhões de hectares cultivados com plantas transgênicas nos Estados Unidos, Canadá, Argentina, Austrália, China, México, África do Sul, Espanha e França. As principais culturas são soja, milho, algodão, canola e batata. Produzidos em bactérias transgênicas, inúmeros fármacos como insulina, vacinas para meningite e hepatite B (importadas de Cuba), hormônio de crescimento humano (somatotropina), detergentes biodegradáveis etc. O coalho (enzima quemosina) para a fabricação de queijo era obtido a partir do estômago de bezerros recém-

nascidos. Atualmente, utiliza-se o coalho a partir da levedura *Kluyveromyces lactis*, na qual foi inserido o gene de bezerro responsável pela produção da queimosina. Cuba conta com cana-de-açúcar transgênica, e mesmo com tilápia transgênica que cresce duas vezes mais rápido do que as tilápias comuns. A China é talvez o maior produtor mundial de algodão Bt resistente a insetos-praga, o que elimina ou reduz o emprego de inseticidas. Recente estudo envolvendo centenas de pequenos agricultores mostrou benefícios significativos, até mesmo sensível redução de acidentes com agroquímicos. Transgênicos em várias fases de desenvolvimento contam-se hoje às centenas em plantas, animais e microrganismos.

**Transgênicos no Brasil** – O Brasil possui boa competência, tanto no setor público como no privado, na área da transgenia. O setor público conta com pesquisas mais diversificadas, como mostra a seguinte relação parcial: Embrapa (soja resistente ao herbicida glifosate, ao herbicida do grupo das imidazolinonas, batata resistente a vírus, mamão Papaia resistente a vírus), Coopersucar (cana-de-açúcar resistente ao glifosate, ao glufosinato de amônio, às imidazolinonas, a insetos, ao vírus-do-mosaico-da-cana-de-açúcar, ao vírus-do-amarelecimento-da-cana-de-açúcar); Universidade de Viçosa (eucalipto resistente ao glifosato). Já o setor privado se concentra em menor número de espécies, como soja, milho, arroz e algodão.

**Transgênicos são contrários à vida e aos desígnios divinos?** – Evidentemente, trata-se de matéria de foro íntimo. Na verdade, o homem já produziu significativas alterações nos seres vivos, plantas, animais e microrganismos, todas consideradas benéficas para a sociedade. Se os transgênicos para a produção de alimentos são considerados contrários à vida, por que transgênicos para a produção de fármacos não o são? Talvez o seguinte trecho traga alguma luz: “Disse também Deus: Façamos o homem à nossa imagem e semelhança, o qual presida aos peixes do mar, às aves do céu, às bestas e a todos os répteis que se movem sobre a terra e domine sobre toda a terra” (Gênesis 1:26). O conceituado e respeitável rabino Henry Sobel, no Seminário do Senado em 1998, exprimiu com precisão: “O homem é parceiro de Deus na missão de aperfeiçoar o mundo”. O Vaticano, por intermédio da sua Academia de Ciências, também está considerando as técnicas de biotecnologia como importantes para o bem-estar da humanidade.

**Rotulagem.** Este parece ser um problema complexo. O Brasil possui uma boa lei de proteção ao consumidor que, evidentemente, deve ser obedecida. O País participa, também, de um fórum internacional, o Codex Alimentarius, no qual ainda não há consenso sobre rotulagem de transgênicos. O art. 31 do Código de Defesa do Consumidor estabelece que “as informações devem ser corretas, claras, precisas, ostensivas e em língua portuguesa. Devem conter as características, qualidades, quantidades, preço, garantia, prazos de validade e origem, entre outros dados, bem como os riscos que apresentam à saúde e segurança do consumidor”. No Brasil a rotulagem dos transgênicos encontra-se afeta ao Ministério da Justiça que está estudando o assunto. Nos Estados Unidos, os transgênicos não são rotulados, desde que sejam substancialmente equivalentes aos correspondentes produtos não-transgênicos. Assim, não se justifica especificar o método de produção, o qual é irrelevante, considerando, ainda, que em muitos produtos derivados de transgênicos, é praticamente impossível identificar o método utilizado na sua obtenção. O rótulo se justifica no caso de o produto apresentar alguma característica que o diferencie como composição química, por exemplo.

**Conclusão** – Os transgênicos são um produto do progresso científico e, como nas demais técnicas de manipulação genética, são avaliados caso a caso. O objetivo fundamental é colocar à disposição da humanidade produtos seguros que contribuam para uma agricultura mais eficiente, com controle de pragas e enfermidades, com menor risco para o meio ambiente, melhor preservação do solo, tudo conduzindo a uma melhor qualidade de vida. É de importância secundária o fato de uma pessoa ser contra ou a favor dos transgênicos. Cada um deve ter a liberdade de decidir, por suas próprias convicções ou razões, claras ou não. O que é preocupante, especialmente para o nosso País, é que as campanhas milionárias contrárias aos transgênicos estão procurando convencer a sociedade de que a Ciência e os cientistas não são confiáveis. Ora, isso é ignorar as importantes conquistas da ciência que resultaram nos significativos melhoramentos da qualidade de vida disponíveis na atualidade.