

Alimentos Geneticamente Modificados: A Engenharia Genética no nosso prato

por *Pedro João Gaspar*

Introdução

A Alimentação é um tema que envolve e interessa a todos os seres vivos. No caso dos humanos, e dada a sua racionalidade, este assunto reveste-se de particular importância, uma vez que lhe é reconhecido, de forma inequívoca, um papel determinante na sua sobrevivência, desenvolvimento, saúde e bem-estar. Na década de 60, milhões de pessoas, nomeadamente na China, Índia e Paquistão, estavam em risco de morrer de desnutrição, e foram salvos por uma combinação de herbicidas, adubos e sementes seleccionadas – período que ficou conhecido por *Revolução Verde*. Actualmente é o recurso à biotecnologia, nomeadamente à engenharia genética, que representa a esperança de que o crescimento da população humana seja acompanhado por um crescimento da produção de alimentos, numa estratégia que alguns consideram como a *Revolução Verde II*. É neste contexto que surgem os Alimentos Geneticamente Modificados e, entre eles, os Alimentos Transgénicos.

Os Alimentos Transgénicos têm sido discutidos num clima de grande paixão e controvérsia, principalmente no que se refere aos aspectos relacionados com a biosegurança, a ética e a política de mercado que os envolve.

Com este trabalho não se pretende resumir o *estado da arte* da transgenia, mas sim focar alguns aspectos relacionados com os riscos para a saúde do homem, que o consumo de Alimentos Transgénicos pode acarretar. Para tal procedeu-se a uma pesquisa de elementos bibliográficos que permitissem enquadrar esta temática numa perspectiva abrangente, e em que fossem abordados aspectos como a necessidade crescente de cada vez mais alimentos e o apontar da engenharia genética como solução, os processos técnicos e científicos que estão subjacentes à criação de uma planta transgénica, e também os motivos pelos quais subsistem tantas dúvidas e resistência aos alimentos transgénicos, numa perspectiva dos riscos para a saúde.

Alimentos, uma necessidade crescente

Há aproximadamente 60000 anos, na sua origem, o homem estava completamente dependente da utilização dos produtos da Natureza (cadeia alimentar natural). Com a domesticação de animais e a criação da agricultura, há cerca de 10000 anos, o homem começou a libertar-se das limitações da cadeia alimentar natural e, progressivamente, a organizar conscientemente a produção de muitos alimentos, o

que veio a constituir um tripé de grande importância na evolução da humanidade: agricultura, pecuária e pesca. **Ferreira, F.A. Gonçalves (1983) *Nutrição humana*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa**

Quando os 1^{os} agricultores começaram a guardar para os anos seguintes as sementes das plantas que lhes pareciam mais produtivas, vigorosas, resistentes ou melhor adaptadas às condições locais, estavam de facto a procurar salvaguardar e incrementar as suas fontes energéticas. **José J. Soares Rosa (1999) *O.G.M.'s e Alimentação*, <http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>**

Depois de ter atingido uma relativa independência da cadeia alimentar natural, a utilização de novas espécies ou híbridos de plantas e, também, de animais, de adubos químicos e pesticidas permitiu o aumento da produção de alimentos em escala nunca antes pensada, embora exigindo conhecimentos científicos muito desenvolvidos. **Ferreira, F.A. Gonçalves (1983) *Nutrição humana*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa**

Há, entre as espigas dos antepassados do Milho existentes na América há milhares de anos – intragáveis e com produções aleatórias mas sempre baixíssimas; e os híbridos altamente produtivos hoje disponíveis, uma enorme diferença, conquistada pela observação, investigação, desenvolvimento e aplicação de conhecimentos.

Os estudos de G. Mendel sobre a hereditariedade, no séc. passado, permitiram estabelecer as 1^{as} bases científicas da Genética. No início do séc. XX estas importantes descobertas começam a ser utilizadas no melhoramento de plantas cultivadas, e a evolução foi muito rápida. Na década de 30 quebram-se as barreiras da Espécie. O triticale, resultado do cruzamento do trigo com o centeio, é hoje uma cultura comum. A produtividade do milho passou de 1t/ha para mais de 10 em pouco mais de 50 anos. Situação semelhante ocorreu com a generalidade das culturas agrícolas, com a contribuição importantíssima do Melhoramento. **José J. Soares Rosa (1999) *O.G.M.'s e Alimentação*, <http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>**

Foi utilizando o stock da variabilidade genética através da selecção e cruzamentos, que a "Revolução Verde" (cuja promessa original foi a de acabar com a fome através do emprego de sementes milagrosas) produziu muitas das variedades que são utilizadas em todo o mundo. Este trabalho resultou nas actuais plantações de alto rendimento, como a conseguida com o desenvolvimento de variedades de trigo semi-anão de alto rendimento. Os genes responsáveis pela redução da altura foram genes NORIN 10 do Japão, introduzidos nos trigaís ocidentais na década de 1950 (Genes insensíveis à giberelina e que induzem o carácter anão). Estes genes tinham dois benefícios: produziam uma planta mais baixa, mais forte, que respondia ao fertilizante sem cair, e aumentava o rendimento da safra directamente reduzindo o alongamento das células nas partes vegetativas, permitindo desta forma que a planta desenvolvesse mais as suas partes reprodutivas, que são comestíveis. Foi demonstrado que estes genes agem da mesma forma quando utilizados para transformar outras espécies de plantas importantes como alimentos, aumentando a produtividade em quaisquer plantas onde o rendimento comercial esteja nas suas partes reprodutivas ao invés das suas partes vegetativas. Mas se este é um bom exemplo dessa reprodução selectiva que, em

conjunto com a aplicação de fertilizantes, aumentaram de forma dramática o rendimento de culturas de alimentos tradicionais no sub continente Indiano, na China e em outros locais, **Academia Brasileira de Ciências (2000) Relatório: Plantas Transgênicas na Agricultura**,<http://www.usp.br/iea/transgenicosabc.html>

interessa também realçar que contribuiu fortemente para que a actividade agrícola ficasse dependente do petróleo. Na Índia, a adopção de novas sementes foi acompanhada por um aumento exponencial do uso de fertilizantes. **Rosset, P. (2000) A Nova Revolução Verde é Um Sonho** <http://www.foodfirst.org/media/opeds/2000/10-port.html> E, apesar dos sucessos do passado, a taxa do aumento das colheitas tem decrescido. O aumento da colheita, que na década de 70 era de aproximadamente 3%, declinou na década de 90 para aproximadamente 1% por ano. Ainda persistem fortes perdas de colheitas devido a influências bióticas (p.ex. pragas e doenças) e abióticas (p.ex. salinidade e secas). A diversidade genética de algumas plantas também decresceu e existem espécies sem contrapartida silvestre com as quais se poderiam cruzar. Existem agora menos opções disponíveis para enfrentar problemas actuais através das técnicas tradicionais de cruzamento de espécies, apesar de que reconhecidamente estas técnicas continuarão a ser importantes no futuro. **Academia Brasileira de Ciências (2000) Relatório: Plantas Transgênicas na Agricultura**,<http://www.usp.br/iea/transgenicosabc.html>, **Rosset, P. (2000) A Nova Revolução Verde é Um Sonho** <http://www.foodfirst.org/media/opeds/2000/10-port.html>

Nos Estados Unidos, as sementes melhoradas combinadas com fertilizantes permitiram maiores colheitas que, por sua vez, fizeram baixar os preços que os agricultores obtêm pela sua produção. Entretanto, os custos da actividade agrícola aumentaram vertiginosamente, diminuindo drasticamente as margens de lucro dos agricultores. A história da Revolução Verde mostra-nos que o incremento da produção de alimentos pode seguir de mãos dadas com o aumento da fome. **Rosset, P. (2000) A Nova Revolução Verde é Um Sonho**<http://www.foodfirst.org/media/opeds/2000/10-port.html>

A população mundial está a crescer a um ritmo de aproximadamente 85 Milhões de pessoas/ano, prevendo-se que atinja os 8 000 Milhões cerca do ano 2025, **José J. Soares Rosa (1999) O.G.M.'s e Alimentação**,<http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>

e apesar das décadas de rápida expansão da produção de alimentos, durante o século 21 a humanidade será confrontada com uma série extraordinária de desafios. Ainda existem cerca de 800 milhões de pessoas que passam fome no mundo. **Academia Brasileira de Ciências (2000) Relatório: Plantas Transgênicas na Agricultura**,<http://www.usp.br/iea/transgenicosabc.html>,

A Engenharia Genética como solução

A fome e a pobreza no mundo devem ser enfrentadas, e os sistemas que dão apoio à vida devem ser preservados. Perante este problema, são muitos os que continuam a apontar uma solução fácil: obter mais

alimentos através dos prodígios da engenharia química e genética. As companhias químicas e biotecnológicas dizem-nos, inclusive, que a engenharia genética estimulará o rendimento das colheitas e alimentará os famintos **Academia Brasileira de Ciências (2000) Relatório: Plantas Transgênicas na Agricultura,**

<http://www.usp.br/iea/transgenicosabc.html>, Rosset, P. (2000) *A Nova Revolução Verde é Um Sonho*<http://www.foodfirst.org/media/opeds/2000/10-port.html>

Multinacionais como a Monsanto, Novartis, AgrEvo, DuPont e outras companhias químicas, junto com o Banco Mundial (que paradoxalmente já em 1986 declarou que a fome mundial só pode ser aliviada por meio da "redistribuição do poder de compra e dos recursos em favor dos que estão desnutridos") e outros organismos internacionais, asseguram que o mundo pode ser salvo se permitirmos que essas mesmas empresas, estimuladas pelo livre mercado, empreendam essa obra. Mas, em poucas palavras, se os pobres não têm o dinheiro para comprar alimentos, o aumento da produção não os ajudará. **Rosset, P. (2000) *A Nova Revolução Verde é Um Sonho* <http://www.foodfirst.org/media/opeds/2000/10-port.html>**

Para superar esses desafios serão necessários novos conhecimentos gerados por avanços científicos, o desenvolvimento de novas tecnologias apropriadas e a ampla disseminação desses conhecimentos e tecnologias, juntamente com a capacidade de utilizá-los em todo o mundo. Será necessário que políticas sábias sejam implementadas através de tomadas de decisão pelos governos de cada nação.

Academia Brasileira de Ciências (2000) Relatório: Plantas Transgênicas na Agricultura,
<http://www.usp.br/iea/transgenicosabc.html>

A biotecnologia permite aos cientistas manipular e modificar o genoma de uma planta para controlar, com grande precisão, a expressão de genes. Por exemplo, usando as ferramentas da biotecnologia, pode-se aumentar ou diminuir significativamente a quantidade de proteína que um gene codifica. Além de controlar a quantidade de proteína, pode-se controlar o lugar em que se vai encontrar a proteína numa planta, usando os promotores específicos de tecido. Este ajuste altamente específico da expressão génica é praticamente impossível de conseguir com os métodos convencionais de cultivos de plantas.

(Biotecnología de Dupont – Conocimiento Científico
http://www.dupont.com/biotech/espanol/science_knowledge/methods/scientific_narrative.htm)

Fundamental neste processo é a sequenciação de genomas, que quer dizer determinar exaustivamente a sua estrutura química. Os primeiros organismos cujos genomas se sequenciaram por completo foram o *Haemophilus influenzae* e o *Mycoplasma genitalium*, em 1995. **Riechmann, J. (2002) *Qué son los Alimentos transgénicos?* 1ª ed. RBA Libros, Barcelona**

Mais tarde, a disponibilização da sequência completa dos genomas de plantas como a do arroz e a *Arabidopsis thaliana* permitiram que, pela primeira vez, fossem estudadas a estrutura de genomas inteiros, fossem feitas comparações entre eles e se começasse a explorar um conjunto de genes de uma planta com o objectivo de conhecer as suas funções específicas. Com isto os conhecimentos das bases

moleculares das funções biológicas (como o metabolismo, o crescimento, defesas, etc...) aumentaram abruptamente. **Puigdomènech, Pere (2003) *Del genoma a la terapia génica. Curso EMBO de actualización para profesores,***

<http://www.embo.org>

A acumulação de variantes genéticas tem sido essencial para a eficiência do cultivo de produtos que usamos na alimentação, mas também numa grande variedade de utilizações industriais. Nos últimos 100 anos a Genética tem sido utilizada sistematicamente com este propósito e é responsável, em parte, pelo facto de a produção agrícola ter crescido, em termos globais, mais depressa do que a população humana.

Puigdomènech, Pere (2003) *Del genoma a la terapia génica. Curso EMBO de actualización para profesores,*

<http://www.embo.org>

Os conhecimentos da Biologia Molecular e a importância que se atribui à necessidade de melhorar os cultivos têm, desde à 20 anos, um forte aliado, como sejam a possibilidade de introduzir em plantas genes de outras espécies, que foram isolados e modificados. Estas plantas cujo genoma foi modificado pela introdução de um novo gene mediante o uso de técnicas moleculares, designam-se plantas transgênicas.

A primeira planta transgênica foi cultivada nos Estados Unidos em 1994,

Puigdomènech, Pere (2003) *Del genoma a la terapia génica. Curso EMBO de actualización para profesores,*

<http://www.embo.org>

e actualmente estima-se que milhões de hectares de plantações transgênicas comerciais, tais como: soja, algodão, tabaco, batatas, colza e milho são plantadas e colhidas anualmente em muitos países, como nos Estados Unidos (28,7 milhões de hectares em 1999), Canada (4 milhões), China (0.3 milhões) e Argentina (6.7 milhões). **Academia Brasileira de Ciências (2000) *Relatório: Plantas Transgênicas na Agricultura,***

<http://www.usp.br/iea/transgenicosabc.html>

Em 2003 calcula-se que se tenham cultivado, em todo o mundo, cerca de 60 milhões de hectares com plantas transgênicas (sobretudo soja, milho, tabaco, batata, algodão e colza). As principais características introduzidas foram a tolerância a herbicidas, resistência a insecticidas, fungos e vírus, maior tolerância ao frio, à salinidade ou à seca, e ainda outras características qualitativas como sejam o aumento do conteúdo em vitaminas, proteínas ou minerais, aumento da capacidade de conservação, dos teores em aminoácidos essenciais, de amido ou açúcar. Os maiores produtores destas plantas são, sobretudo, os Estados Unidos, Argentina e Canadá. Embora com menores superfícies destacam-se também a China, Austrália e Espanha.

Puigdomènech, Pere (2003) *Del genoma a la terapia génica. Curso EMBO de actualización para profesores,* **<http://www.embo.org>.** **José J.SoaresRosa(1999) *O.G.M.'s e***

Alimentação,**<http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>**

Como se produz uma planta geneticamente modificada?

A Engenharia genética é um conjunto de técnicas bioquímicas que permitem isolar material genético (sequências de ADN e ARN), separá-lo e inseri-lo dentro do genoma de outro organismo. Os engenheiros genéticos podem “retirar ou inserir “ genes, e assim alterar os genomas de diferentes organismos, que após estas manipulações se designam por Organismos Transgênicos. **Riechmann, J. (2002) *Qué son los Alimentos transgénicos?* 1ª ed. RBA Libros, Barcelona** É por muitos considerada um instrumento importante para melhorar as características das plantas, e fundamental na melhoria do rendimento, redução dos danos causados por pragas e melhoria da qualidade e utilidade dos produtos finais. Estes métodos modernos, defendem, permitiram alcançar estas melhorias de um modo mais rápido, preciso e previsível que no caso da plantação convencional de plantas. Não obstante, os objetivos da produção convencional de plantas e da biotecnologia são idênticos: criar populações geneticamente diversas de plantas para cultivo, uma maioria da qual tem características novas e benéficas. As técnicas são variadas para gerar esta diversidade genética. No caso da produção convencional de plantas, o genoma é recombinado com o genoma de outra planta por meio de reprodução sexual. Na biotecnologia, são inseridos genes individuais com funções famosas e úteis no genoma do cultivo. **(Biotecnología de Dupont – Conocimiento Científico - http://www.dupont.com/biotech/espanol/science_knowledge/methods/scientific_narrative.htm)**

Existem cinco etapas principais no processo de engenharia genética em vegetais, que são basicamente as mesmas para todas as plantas geneticamente modificadas.

A 1ª etapa consiste em **localizar o gene** com as características desejadas, como sejam a resistência às pragas ou a herbicidas, ou até que modifiquem a qualidade do produto. Todos os organismos têm uma molécula, chamada ADN, em cada uma das suas células e que contem a informação de como produzir todas as proteínas de que vai precisar ao longo da sua vida. Quando um organismo possui uma característica de interesse, todo o seu ADN é retirado, e o gene que codifica a proteína desejada é então localizado. A 2ª etapa consiste em **clonar o gene e construir bibliotecas de genes.** **(Hain, P.; Ehly, J.(2000) *Descripción de la Ingeniería Genética*, <http://croptechnology.unl.edu/download.cgi>)** O fragmento de ADN de interesse, chamado “ADN de inserção” é ligado a uma molécula de ADN chamada “vector de clonagem” (frequentemente pequenas moléculas circulares de DNA - plasmídios que se multiplicam autonomamente – oriundos de bactérias e de alguns eucariontes unicelulares, como leveduras) para formar uma molécula de “ADN - recombinante”. Uma biblioteca de ADN consta de todos os plasmídios recombinantes, obtidos por ligação de fragmentos de ADN de interesse a um vector.

Roberto Salema (1999) *Biotecnologia vegetal: algumas técnicas e aplicações*, <http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>

Na 3ª etapa **codificam-se (desenham-se) os genes.** A biotecnologia permite aos cientistas formarem combinações específicas do gene fragmentado por ação de enzimas. **(Hain, P.; Ehly, J.(2000)**

Descripción de la Ingeniería Genética, <http://croptechnology.unl.edu/download.cgi>) Estas enzimas (que são endonucleases) usam-se hoje em dia para fragmentar ADN de modo preciso e premeditado; pertencem ao grupo de enzimas que quebram ligações fosfodiéster entre nucleótidos adjacentes (no DNA e no RNA). **Roberto Salema (1999) Biotecnología vegetal: algunas técnicas e aplicaciones,**

<http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>

As combinações específicas pretendem mudar como e em que tecidos são expressos esses genes quando incorporados numa planta. Pelo facto do ADN ter sido *cortado* em partes e depois reintegrado numa nova combinação, é chamado ADN recombinante. (Hain, P.; Ehly, J.(2000) *Descripción de la Ingeniería Genética*, <http://croptechnology.unl.edu/download.cgi>)

A Tecnologia de ADN recombinante reduz a natureza casuística do processo, permite atingir os resultados desejados mais rapidamente e de forma previsível, e possibilita ultrapassar as barreiras inter-específicas. **(Biotecnología de Dupont – Conocimiento Científico**

http://www.dupont.com/biotech/espanol/science_knowledge/methods/scientific_narrative.htm)

A **transformação** de células vegetais, 4ª etapa no processo de criação de uma planta geneticamente modificada, pode ultrapassar as barreiras sexuais, de tal modo que qualquer gene, de qualquer organismo pode ser introduzido numa planta. Para ser útil o gene tem que ser correctamente expresso - no tempo oportuno e no órgão, tecido, ou célula, desejada e a proteína por ele codificada tem de ter um função de interesse. **Roberto Salema (1999) Biotecnología vegetal: algunas técnicas e aplicaciones,**

<http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>

Esta etapa caracteriza-se pela introdução de muitas cópias do gene transformado, ou transgene, sem matar a célula, para que pelo menos um seja introduzido no cromossoma da célula vegetal que, por sua vez, vai replicar os seus cromossomas e dividir-se até as células formarem uma planta, com as características que permitam a sua identificação como planta transgénica, como seja possuir o Gene marcador (Gene de resistência a antibióticos). Existem várias técnicas de transformação. **Roberto Salema (1999) Biotecnología vegetal: algunas técnicas e aplicaciones,**

<http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf> (Hain, P.; Ehly, J. (2000) *Descripción de la Ingeniería Genética*,

<http://croptechnology.unl.edu/download.cgi>)

Um dos métodos utilizados é conhecido por "canhão de microprojecteis" ou "canhão de partículas", ou "canhão de genes". Foi criado um aparelho, "pistola de genes" que permite utilizar pequenas partículas de tungsténio, ou ouro, com cerca de 4 µm de diâmetro, revestidas com ADN e que são disparadas contra as células, penetrando as suas paredes da camada superficial, e atingindo o citoplasma. Este ADN acaba por ser incluído no ADN da célula. Outro processo completamente diferente de introduzir ADN em células de plantas e que se designa por "electroporação", consiste na utilização de células a que foi retirada a parede, chamadas protoplastos, ou células meristemáticas cuja parede foi parcialmente digerida, por tratamento enzimático. Os protoplastos, ou células com parede parcialmente digerida, são colocados num

tampão adequado num pequeno recipiente e submetidos à acção de descargas eléctricas, o que leva à abertura momentânea e simultânea de poros em vários locais da membrana citoplasmática, por onde penetram as moléculas de ADN. Seguidamente há que cultivar os protoplastos para se formarem células e, finalmente, plantas, o que representa a parte mais difícil da técnica. **Roberto Salema (1999) Biotecnologia vegetal: algumas técnicas e aplicações, <http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>**

Mas a técnica mais habitual é a utilização de um microorganismo, o *Agrobacterium tumefaciens*, que tem a faculdade de invadir as células da planta, e inserir os transgenes que, por sua vez deverão penetrar no núcleo da célula e, pelo menos um, incorporar-se em algum dos seus cromossomas, dotando-lhe a capacidade de expressar a característica desejada e transferir esta característica à descendência. **Roberto Salema (1999) Biotecnologia vegetal: algumas técnicas e aplicações,**

<http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf> (Hain, P.; Ehly, J. (2000) *Descripción de la Ingeniería Genética,*

<http://croptechnology.unl.edu/download.cgi>)

Os plasmídios frequentemente contêm genes cujos produtos conferem resistência a antibióticos, factor que assume particular importância no processo de selecção de clones. Neste processo de selecção as células transformadas são postas a crescer num meio contendo o antibiótico. As células que contêm o plasmídio sem interesse (portanto sem o gene de resistência), são mortas pelo antibiótico existente no meio, enquanto que as células pretendidas permanecem vivas, conseguem crescer, desenvolvendo colónias, sendo seleccionadas. **Roberto Salema (1999) Biotecnologia vegetal: algumas técnicas e aplicações, <http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>**

Como as células vegetais são totipotentes, uma única destas células ao dividir-se muitas vezes, em cada geração, faz uma cópia da molécula de ADN – recombinante. Uma só célula de qualquer parte da planta pode dividir-se e multiplicar-se até dar origem a uma planta completa. **Roberto Salema (1999) Biotecnologia vegetal: algumas técnicas e aplicações,**

<http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf> (Hain, P.; Ehly, J. (2000) *Descripción de la Ingeniería Genética,*

<http://croptechnology.unl.edu/download.cgi>)

Mas também é possível identificar e seleccionar os genes de interesse sem recorrer ao uso de antibióticos. Muitas vezes o que se conhece acerca de um gene é a função da proteína produzida por ele. Por exemplo, o gene pode produzir uma enzima necessária para crescimento de uma bactéria. O gene clonado pode ser identificado por introdução de ADN-recombinante numa estirpe de *E. coli* que não possua essa enzima. Se as células forem cultivadas debaixo de condições que exijam a actuação da enzima, apenas crescerão as células transformadas. Esta técnica de identificação de recombinantes é chamada "complementação" **Roberto Salema (1999) Biotecnologia vegetal: algumas técnicas e aplicações, <http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>**

A 5ª etapa, a **Cultura em campo e fitomelhoramento**, consiste no cultivo da espécie, no campo, para obter uma linha de plantas de alto rendimento, que expressem a característica inerente ao gene transformado que incorporam. (Hain, P.; Ehly, J.(2000) *Descripción de la Ingeniería Genética*, <http://croptechnology.unl.edu/download.cgi>)

Alguns exemplos

O melhoramento de plantas pode destinar-se a fornecer uma maior produção, ou à obtenção de um produto com características melhor adaptadas ao fim a que se destina, ou a plantas com características de resistência a doenças, ou a fitofármacos, ou a condições adversas de cultura. Como exemplos destas situações pode-se citar o caso de batateiras transgênicas que produzem maior quantidade de amido nos seus tubérculos; trigo cujo grão fornece farinha com gluteninas melhor adaptadas para panificação; “arroz dourado”, produzindo beta caroteno; tomates com amadurecimento retardado, por diminuição da síntese da enzima poligalacturonase, responsável pelo amolecimento de paredes celulares (tomates FlavSavr da Calgene); plantas de arroz resistentes a bactérias *Xanthomonas*; batateiras resistentes a vírus; milho, algodão e soja Bt - que incorporam genes do *Bacillus thuringiensis* (Bt) produzindo uma toxina que mata as larvas de insectos que causam graves danos a estas plantas; tomateiros com genes retirados da bactéria *Klebsiella pneumoniae*, tolerantes ao herbicida Roundup; painço com genes que conferem resistência ao calor; azevém com genes conferindo resistência à secura. Como exemplos de fábricas moleculares pode-se indicar bananeiras e tomateiros que levam à expressão em frutos de proteínas de vírus, capazes de desencadear resposta imunológica, actuando como vacinas; batateiras com genes para produção de ciclodextrinas, usadas em indústria farmacêutica; *Arabidopsis thaliana* com genes que levam à produção do plástico biodegradável polihidroxibutirato; colza com genes para produção de ácido petroselinico usado em indústrias detergentes, plásticos e polímeros de nylon; colza com genes para produção de ácido erúico para indústrias de cosméticos e revestimento de fármacos; batateira e plantas de tabaco com genes para a produção de anticorpos; plantas de tabaco com genes para a produção de lisozima bovina.

Roberto Salema (1999) Biotecnologia vegetal: algumas técnicas e aplicações,

<http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>

Nem todos os alimentos geneticamente modificados atingiram os objectivos de mercado que os seus produtores pretendiam. Em 1994, nos Estados Unidos, foi introduzido no mercado o primeiro produto alimentício geneticamente modificado. Tratou-se de uma marca de tomate fresco, o Flavr Savr, geneticamente modificado no sentido de ser atrasado o seu processo de amadurecimento (**por inibição da síntese da poligalacturonase**). De facto, este tomate possuía um maior período de conservação, em que propriedades como a textura e consistência se mantinham por um longo período. Contudo, ainda que mantivesse durante mais tempo um aspecto apetitoso, todos os outros processos de envelhecimento continuavam (decomposição das vitaminas e outros elementos nutritivos), o que conduzia a perda do

valor nutritivo e a um sabor estranho, que fez com que comercialmente fosse um fracasso e, por conseguinte fosse retirado do mercado dois anos após ter sido aí introduzido. Curiosamente, nesse mesmo ano ocorre a Comercialização no Reino Unido de pasta de tomate de TGM.

Riechmann, J. (2002) *Qué son los Alimentos transgénicos?* 1ª ed. RBA Libros, Barcelona

Actualmente a lista de OMG que estão disponíveis no mercado incluem o milho, a soja, o algodão, entre outros. E prosseguem ensaios com uvas, arroz, eucaliptos, e até peixes (como o salmão) e ovelhas.

Riechmann, J. (2002) *Qué son los Alimentos transgénicos?* 1ª ed. RBA Libros, Barcelona

Porquê a resistência aos Alimentos Transgénicos?

Os alimentos representam algo de muito importante para a sobrevivência, segurança e bem estar da humanidade. Esta consciencialização conduz também à necessidade do estabelecimento de uma relação de confiança com os alimentos de que dispomos. Há cerca de 20 anos atrás esta confiança parecia mais sólida e, sobretudo, com expectativas de se fortalecer cada vez mais. Gonçalves Ferreira, na sua obra *Nutrição Humana* (1983, p.1221) referia que “...o alimento é hoje em termos da vida do homem qualquer coisa que se conhece suficientemente bem – na composição, na produção e na utilização – para se pensar que todos os indivíduos poderão vir a dispor dele e consumi-lo de acordo com as suas necessidades, sem riscos para a saúde”.

Actualmente esta relação de confiança está abalada nos seus alicerces, e vários factores parecem estar relacionados com este facto.

Sendo os organismos transgénicos organismos cujo código genético tem inserido um ou vários genes de outras espécies, e sabendo que esta modificação (feita por meio de manipulação genética que viola a integridade entre espécies) viabiliza o aparecimento de organismos que nunca existiram na natureza,

Academia Brasileira de Ciências (2000) *Relatório: Plantas Transgênicas na Agricultura*, <http://www.usp.br/iea/transgenicosabc.html>

associado ao facto de as novas biotecnologias, onde se inclui a engenharia genética, permitirem que hoje se estejam a fazer coisas novas, com técnicas que nunca antes estiveram ao nosso alcance **Riechmann, J. (2002) *Qué son los Alimentos transgénicos?* 1ª ed. RBA Libros, Barcelona.** reforça o sentimento de que pisamos terreno novo, com possibilidades e riscos inéditos na história humana.

Poucos temas são discutidos num clima de tanta paixão e irracionalidade quanto a transgenia. Os transgénicos representam uma ruptura cultural sem precedentes na história da Humanidade, e um desafio à crença segundo a qual o homem pode pagar caro o preço se mexer naquilo que Deus fez. O acerto de contas viria em forma de vingança da natureza. **Patury, F.; Schelp, D. (2003) *Transgênicos, os graus que assustam*. Veja 43 (10), 92-97.**

Como frequentemente acontece quando a Ciência avança, a controvérsia surge. Principalmente se os benefícios que esses avanços proporcionam não são imediata e/ou facilmente perceptíveis. Tratando-se de

uma área científica muito especializada, compreende-se que não seja fácil ao chamado grande público dominar todos os aspectos envolvidos. A situação agrava-se pelo facto de esse desconhecimento estar aqui envolvido numa área culturalmente tão sensível como é a alimentação.

José J. Soares Rosa (1999) O. G. M. 'se Alimentação, <http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>

Desconhece-se ainda a função exacta dos genes. A descoberta de que o genoma humano tem 30.000 genes, e não cerca de 100.000 como se acreditava, veio provar que um só gene pode determinar várias características de um ser vivo. Portanto, ao introduzir um gene num determinado ser vivo para lhe dar uma determinada propriedade nova e inédita, o desconhecimento acerca dos genes pode levar a que a esse organismo transgénico se introduzam outras características não desejadas. Pelo contrário, uma determinada característica ou propriedade de um ser vivo, pode requerer vários genes que interactuem mediante relações complexas que serão, ainda, difíceis de compreender. **Gelo, Mariano C. (2003)**

Transgénicos y seguridad alimentaria: No, no y no
http://www.iepe.org/econoticias/082003/13082003mundo_transgenicos.htm

Por outro lado, não se têm realizado ou publicados (pelo que não podem ser devidamente analisados e discutidos) estudos suficientes sobre os potenciais efeitos adversos dos alimentos geneticamente modificados, na saúde dos animais e dos humanos, e que possam servir de base para justificar a segurança desses alimentos. E estas investigações são de absoluta importância e prioridade, face ao potencial socioeconómico envolvido e à sensação de que estamos perante uma das maiores experiências jamais realizadas, e em que estamos a ser utilizados como cobaias.

Roig, José L.D.; Arnaiz, Mercedes G. *Riesgos sobre la saúde de los alimentos modificados geneticamente: una revisión bibliográfica*, Revista Española de Salud Pública, vol.74. nº3, Madrid, Mayo – Junio de 2000, Gelo, Mariano C. (2003) *Transgénicos y seguridad alimentaria: No, no y no*
http://www.iepe.org/econoticias/082003/13082003mundo_transgenicos.htm

A identificação dos riscos associados aos alimentos transgénicos, a estimativa da possibilidade de ocorrerem e, em caso de ocorrência, a determinação da gravidade dos estragos, são pontos que deveriam merecer uma análise ponderada. O facto de se pensar que a introdução desta nova tecnologia é um aspecto claramente positivo, e que se justificam todos os esforços já desenvolvidos e a desenvolver em tão promissor campo da Ciência, não deve ser menosprezado o acompanhamento cuidadoso de todas as implicações possíveis, nomeadamente no Ambiente e Saúde Humana, no imediato e no longo prazo.

José J. Soares Rosa (1999) O. G. M. 'se Alimentação, <http://dequim.ist.utl.pt/bbio/64/pdf/bbio64.pdf>

A engenharia genética não é tão precisa e exacta se quer fazer crer. Primeiro na fase de criação e depois na convivência com outros seres vivos, os OMGs estão submetidos a uma infinidade de complicados factores, circunstâncias e processos, que os cientistas não dominam nem conhecem, e menos ainda, controlam e manipulam com um mínimo de segurança e garantia. Ainda assim, os alimentos transgénicos - brilhantes e reluzentes *filhos* da engenharia genética - são cultivados e consumidos pela humanidade

porque assim o querem empresários, cientistas e políticos; sem que existam estudos suficientes sobre os efeitos nefastos de um alimento transgénico para a vida.

Gelo, Mariano C. (2003) *Transgénicos y seguridad alimentaria: No, no y no*

http://www.iepe.org/econoticias/082003/13082003mundo_transgenicos.htm

Os riscos de contaminação biológica, ameaça à biodiversidade, a eventual criação de novos vírus e os impactos na saúde das pessoas e animais, são questões que originam um amplo e aceso debate. **Academia Brasileira de Ciências (2000) *Relatório: Plantas Transgênicas na Agricultura*, <http://www.usp.br/iea/transgenicosabc.html>**

As alergias, que podem ser leves como um dor de estômago ou severas como um “shock anafilático” - em que pára a respiração e pode causarmos a morte; são actualmente apontadas como um dos principais riscos directos derivados do consumo de alimentos transgénicos para a saúde humana. Para além disso, os alimentos transgénicos poderão originar afecções no sistema digestivo e sistema imunológico. **Ewen, S. W. B., and A. Puztai. 1999. Effects of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet* 354: 1353-1354**

A resistência aos antibióticos por parte de bactérias situadas no intestino, é outro risco que preocupa a comunidade médica. **Gelo, Mariano C. (2003) *Transgénicos y seguridad alimentaria: No, no y no***

http://www.iepe.org/econoticias/082003/13082003mundo_transgenicos.htm

Debora MacKenzie - Podemos realmente tragar los alimentos transgénicos? - <http://www.attac.org/fra/toil/doc/femtaes12.htm>

Estudos de investigação feitos com animais sugerem que após a passagem pelo duodeno, mais de 95% do ADN é hidrolisado e as suas bases absorvidas. Apenas poucas partes de ácidos nucleicos se mantêm no intestino. Contudo, investigadores holandeses mostraram que os restos de ADN permanecem intactos durante vários minutos no intestino grosso." **Van der Vossen, J.M.B.M., Havakers, W.A.L.M., Koster. D.S., Ten Brink, B., Minekus. M.,**

Havenaar, R., Huis in't Veld, J.H.J., Overseem, J., Hendriks, N. and Hofstra, H. (1998)

Development and application of in vitro intestinal tract model for safety evaluation of genetically modified foods. TNO Report.

Usando um "intestino artificial" (modelo mecânico que contem os micróbios e as enzimas que normalmente existem no intestino) controlado informaticamente e projectado no TNO Nutrition and Food Research Institute, a que deram o nome TIM, os investigadores holandeses Robert Havenaar e colaboradores, mostraram que os restos de ADN permanecem intactos durante vários minutos no intestino grosso (até cerca de 6 minutos), o que, na sua opinião, não permite excluir o risco de serem transferidos genes de resistência a antibióticos a bactérias existentes no intestino. O estudo mostrou que se as bactérias geneticamente modificadas fossem do tipo das que normalmente estão no intestino, como os *Enterococcus*, cada bactéria teria uma possibilidade entre 10 milhões de transferir ADN que contém

genes de resistência antibiótica a uma bactéria indígena do intestino, quando entram em contacto, e salienta que há normalmente cerca de 1 bilião de bactérias intestinais, sugerindo que muitas se transformariam. Bactérias que normalmente não habitam o intestino, como os *Lactobacillus*, não transferem genes de resistência antibiótica a uma população normal de bactérias intestinais a um nível detectável.

Debora MacKenzie - Podemos realmente tragar los alimentos transgénicos? - <http://www.attac.org/fra/toil/doc/femtaaes12.htm>

ILSI Europe Report Series (2000) *CONSIDERATIONS OF DNA IN FOODS*, Europe Novel Food Task Force, Brussels

Este estudo reforça o receio de que os genes para a resistência antibiótica possam “saltar” dos alimentos geneticamente modificados para as bactérias no nosso intestino. **Debora MacKenzie -Podemos realmente tragar los alimentos transgénicos? -<http://www.attac.org/fra/toil/doc/femtaaes12.htm>**

Começa também a suscitar também interrogações, a ingestão de alimentos transgénicos que possuem a toxina natural *Bacillus Thuringiensis*, introduzida através da ampla gama de cultivos transgénicos Bt, e em que faltam estudos realizadas em animais de laboratório. **Gelo, Mariano C. (2003) *Transgénicos y seguridad alimentaria: No, no y no***

http://www.iepe.org/econoticias/082003/13082003mundo_transgenicos.htm

Alguns estudos de investigação têm alertado para um fenómeno denominado “Contaminação genética”, pelo qual, os transgenes passam a formar parte de plantas e alimentos não transgénicos. Este fenómeno é um risco potencial para o meio ambiente e saúde das pessoas. Os processos que podem ocasionar este fenómeno são variados, e a grande preocupação resulta quando os genes contaminantes acabam nos nossos alimentos e são consumidos sem nenhum tipo de conhecimento.

Em Agosto de 2000, análises laboratoriais detectaram milho Star Link - proibido para consumo humano nos Estados Unidos - em comida humana, concretamente nos "Taco Bell" distribuídos pela empresa Kraft, que pertence à multinacional Philip Morris. **Gelo, Mariano C. (2003) *Transgénicos y seguridad alimentaria: No, no y no* http://www.iepe.org/econoticias/082003/13082003mundo_transgenicos.htm**

O Milho Star Link é conhecido por *milho insecticida* por conter um gene que lhe confere resistência a pragas. É este gene (Cry9C), que apresenta algumas características de alérgenos conhecidos, o responsável pelo facto de o Star Link ter sido proibido para consumo humano. **Riechmann, J. (2002) *Qué son los Alimentos transgénicos?* 1ª ed.RBA Libros, Barcelona**

E em Julho de 2001, encontraram-se genes transgénicos próprios do milho Star Link numa variedade de milho branco. Esta descoberta levou a concluir que os transgenes do milho Star Link, por polinização cruzada, penetraram e contaminaram variedades de milho não transgénicas aptas para o consumo humano, e assim acabaram nos *tacos* mencionados antes. A infiltração de genes do milho Star Link foi

detectada noutros países como o Japão e Coreia do Sul. A transferência de genes transgênicos de uma determinada plantação a outras variedades não transgênicas, através de processos de polinização cruzada, representa um primeiro processo de contaminação genética por transferência de transgenes a uma plantação não transgênica; que pode conduzir a um segundo processo de contaminação e infiltração destas plantações na nossa comida. O que se passa é que primeiro contaminam-se as plantações não transgênicas, e depois estas plantações contaminam a nossa comida, infiltrando-se na nossa dieta. **Gelo, Mariano C. (2003) *Transgênicos y seguridad alimentaria: No, no y no* http://www.iepe.org/econoticias/082003/13082003mundo_transgenicos.htm**

Outro factor de desconfiança parece estar relacionado com algum secretismo que envolve a investigação nesta área.

Durante anos, em laboratórios e de forma silenciosa, os investigadores conseguiram “criar” vários tipos de espécies alteradas geneticamente, como: Salmão com genes de escorpião, alfaces com genes de tabaco, vacas e galinhas com genes humanos, entre outras, com o objectivo de aumentar a produtividade e rentabilidade dos produtos obtidos. **IEP (2003) *Instituto de Ecología Política*, http://www.iepe.org/econoticias/092003/24092003chile_transgenicos_libro.htm**

Consequências legais

Mais de 130 países aprovaram, a 29 de Janeiro de 2000, o Protocolo de Biosegurança que regula o comércio internacional de organismos modificados geneticamente, com o propósito de evitar riscos para a saúde e para o ambiente. **Jornal Oficial da União Europeia (2002) *Alimentos geneticamente modificados para a alimentação humana e animal* <http://europa.eu.int/eur-lex/pri/pt/oj/dat/2003/ce271/ce27120031112pt02830315.pdf>**

O Protocolo, que não é subordinado a qualquer acordo internacional, implica todos os países que ratificaram a Convenção da Biodiversidade (Rio de Janeiro 1992), mas cuja aprovação (prevista para Fevereiro de 1999 na Colômbia), não foi possível para a falta de acordo entre, por um lado os seis países principais que produzem de transgênicos integrados no Grupo de Miami (os Estados Unidos, Canadá, Argentina, Chile, Uruguai e Austrália) e alguns países da União Europeia, e por outro os países em vias de desenvolvimento. São afectados por este protocolo os produtos que entram em contacto com o ambiente: sementes, transgênicos de peixe e produtos agrícolas não transformados. Todos os carregamentos de sementes transgênicos necessitarão de uma licença do país importador. No caso de produtos agrícolas não transformado será também necessário informar previamente um Centro Internacional de Biodiversidade. Por outro lado, qualquer país poderá estabelecer exigências adicionais mais rígidas.

Porém, produtos elaborados (como molhos, biscoitos e outros alimentos) e que podem conter soja geneticamente modificada ou transgênicos de milho, assim como medicamentos, vacinas e testes de

diagnóstico, foram excluídos deste protocolo. (M^a. L. Tato - **Aprobado el Protocolo de Bioseguridad** - <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/ Curiosid/Rc-5/RC-5b.htm>)

Um das realizações mais importantes na Europa nestas negociações foi o estabelecimento do "Princípio de Precaução" **Jornal Oficial da União Europeia (2002) *Alimentos geneticamente modificados para a alimentação humana e animal*** <http://europa.eu.int/eur-lex/pri/pt/oj/dat/2003/ce271/ce27120031112pt02830315.pdf>. Sempre que exista um risco para a saúde ou o ambiente ou persista uma incerteza científica, o princípio da precaução proporciona um mecanismo que permite determinar medidas de gestão dos riscos ou outras ações para assegurar o nível elevado de protecção da saúde que se pretende na Comunidade. Isto permite que um país possa vetar a chegada de um produto transgénico sobre o qual as análises científicas sobre sua segurança ofereçam dúvidas, e possa pedir ao país exportador uma avaliação prévia de risco ambiental.

Em relação à identificação e rotulagem destes produtos, a União Europeia teve que ceder sua pretensão de ver os produtos transgénicos com rótulos específicos. O Protocolo só exige que no rótulo geral de cada produto conste a informação de que contém organismos geneticamente modificados. A fórmula adoptada estará em vigor durante os dois anos seguintes para a entrada em vigor do Protocolo, posteriormente poderá ser discutida a possibilidade de um rotulagem mais específica e concreta.

Conclusão

A engenharia genética é considerada por muitos, entre os quais se destacam algumas multinacionais que se encontram na vanguarda da biotecnologia, como a solução para a produção de alimentos em quantidade suficiente para responder às exigências criadas pelo crescimento contínuo da população humana. Contudo, outros salientam que a solução passa também pela redistribuição do poder de compra e dos recursos em favor dos que estão desnutridos.

Os Alimentos Transgénicos, frutos da engenharia genética, têm sido alvo de muita contestação e resistência à sua aceitação plena. Por trás desta situação parece estar, sobretudo, a inexistência de estudo suficientes que, de forma inequívoca, garantam a total inocuidade destes produtos. Questões como o potencial alergénico, possível dotação à flora intestinal dos humanos de resistência a antibióticos e o grau de desconhecimento e incerteza acerca de todas as funções dos genes “transferidos” para as plantas, têm baseado o clima de contestação vigente, sobrepondo-se, certa forma, aos aspectos positivos apontados como associados aos alimentos transgénicos, como sejam a redução do consumo de água, combustíveis, fertilizantes e pesticidas, o aumento da qualidade das colheitas, o uso de métodos de cultivo ambientalmente mais favoráveis com um aumento da produtividade das culturas, e a criação de novos produtos, mais fáceis de conservar, mais nutritivos, com possibilidade de enriquecimento de algumas espécies agrícolas em compostos de Vitamina A, importante na prevenção de milhões de casos de cegueira nalgumas regiões do Mundo ou a administração de vacinas pela mesma via.

