

ORGANIZADORAS  
ANA BEATRIZ A. DE MORAES  
NATÁLIA LUIZA A. DE MORAES  
RENATA P. ALVES BALVEDI

# TRANSGÊNICOS

BIOTECNOLOGIA, SAÚDE HUMANA  
ECOSSISTEMA E REGULAMENTAÇÃO

ANA BEATRIZ A. DE MORAES | KELLEN CRISTINA T. COSTA | LARISSA P. CAETANO  
NATÁLIA LUIZA A. DE MORAES | RENATA P. ALVES BALVEDI

**Ana Beatriz Almeida de Moraes  
Natália Luiza Almeida de Moraes  
Renata Pereira Alves Balvedi  
(Organizadoras)**

**Transgênicos:  
biotecnologia, saúde  
humana, ecossistema e  
regulamentação**

1ª Edição



Fone: (34) 3236-1761  
contato@graficaedibras.com.br

Uberlândia - MG - Brasil

2018

©2018  
Ana Beatriz Almeida de Moraes  
Natália Luiza Almeida de Moraes  
Renata Pereira Alves Balvedi

Transgênicos: nanobiotecnologia, saúde humana, ecossistema e regulamentação  
Diagramação e Arte-Final: Wellington Donizetti

CORPO EDITORIAL:

Graziela Giusti Pachane (Doutora em Educação pela UNICAMP)  
Juraci Lourenço Teixeira (Mestre em Química pela UFU)  
Kenia Maria de Almeida Pereira (Doutora em Literatura pela UNESP)  
Mara Rúbia Alves Marques (Doutora em EdWucação pela UNIMEP)  
Roberto Valdés Pruentes (Doutor em Educação pela UNIMEP)  
Orlando Fernández Aquino (Doutor em Ciências Pedagógicas pela ISPVC - Cuba)  
Luiz Bezerra Neto (Doutor em Educação pela UNICAMP)  
Irley Machado (Doutora pela Université Paris III - Sorbonne Nouvelle)  
Vitor Ribeiro Filho (Doutor em Geografia pela UFRJ)  
Lidiane Aparecida Alves (Mestre em Geografia pela UFU)  
Fernanda Arantes Moreira (Mestre em Educação pela UFU)  
Bruno Arantes Moreira (Doutor em Engenharia Química pela UFU)  
Renata Pereira Alves Balvedi (Doutora em Bioquímica e Pós-Doutora em Nanobiotecnologia pela UFU)

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
EDITORA EDIBRÁS, MG, BRASIL

M827t MORAES, Ana Beatriz Almeida de / MORAES, Natália Luiza  
Almeida de / BALVEDI, Renata Pereira Alves  
Transgênicos: biotecnologia, saúde humana, ecossistema e  
regulamentação / Uberlândia: Edibrás, 2018.

82p. il.:

ISBN: 978-85-67803-76-0

1. Transgenia. 2. OGM. 3. Aplicações.  
I. MORAES, Ana Beatriz Almeida de II. MORAES, Natália Luiza  
Almeida de III. BALVEDI, Renata Pereira Alves IV. Título

CDD 570

É proibida a reprodução total ou parcial.  
Impresso no Brasil / *Printed in Brasil*  
Conteúdo dos artigos é de responsabilidade dos autores.

## AUTORES



### ***Renata Pereira Alves Balvedi***

Graduada em Ciência Biológicas e Odontologia, Mestre em Odontologia, Doutora em Bioquímica e pós-doutoranda em Nanobiotecologia Aplicada no Diagnóstico de Fisiopatologias pela Universidade Federal de Uberlândia.  
Email: [renataalvesbalvedi@hotmail.com](mailto:renataalvesbalvedi@hotmail.com)



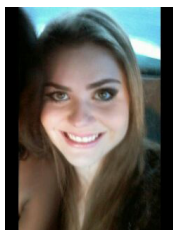
### ***Larissa Pereira Caetano***

Graduada em Biotecnologia e mestranda em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia.  
Email: [larissa\\_biotec3@hotmail.com](mailto:larissa_biotec3@hotmail.com)



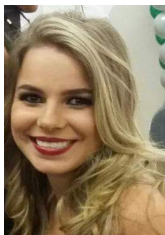
### ***Kellen Cristina Torres Costa***

Graduada em Biotecnologia e mestranda em Biologia Celular Estrutural e Aplicadas pela Universidade Federal de Uberlândia.  
Email: [costakellen@yahoo.com.br](mailto:costakellen@yahoo.com.br)



### ***Ana Beatriz Almeida de Moraes***

Graduada em Biotecnologia pela Universidade Federal de Uberlândia e pós-graduanda em Farmacologia e Interações Medicamentosas pela UNINTER - Centro Universitário Internacional.  
Email: [anabmoraes31@hotmail.com](mailto:anabmoraes31@hotmail.com)



### ***Natália Luiza de Almeida Moraes.***

Graduada em Agronomia e aluna de iniciação científica pela Universidade Federal de Uberlândia.  
Email: [natalia31\\_moraes@hotmail.com](mailto:natalia31_moraes@hotmail.com)



## APRESENTAÇÃO

O avanço dos transgênicos no Brasil e no mundo trouxe a tona relevantes questões. A comunidade científica e a população em geral buscam a garantia das aplicações das técnicas utilizadas atualmente para obtenção de um produto de qualidade e que seja seguro tanto a saúde humana, quanto para o meio ambiente. A biotecnologia tem aplicado essas técnicas principalmente na produção de alimentos, melhorando características de interesse, como redução de doenças e pragas nas lavouras, e também na produção de animais transgênicos, como o caso do salmão transgênico, que já chegaram às prateleiras dos consumidores.

Esta Obra está organizada em sete capítulos que abrangem desde o início da produção dos alimentos transgênicos, até sua atual representação no cenário mundial. O livro traz uma breve revisão científica sobre o que são os transgênicos, como e onde são produzidos, quais países comercializam e como se posiciona a legislação sobre o assunto. Um conhecimento amplo que pode ajudar o leitor a se decidir sobre o apoio ou não a utilização dos transgênicos em diferentes áreas.



# Sumário

## Capítulo 1.....9

### *Organismos transgênicos*

Kellen Cristina T. Costa &  
Natália Luiza Almeida de Moraes

## Capítulo 2.....15

### *A engenharia genética e a transgenia*

Larissa Pereira Caetano  
Ana Beatriz A. Moraes  
Renata Pereira Alves-Balvedi

## Capítulo 3.....25

### *Transgênicos na Agricultura*

Natália Luiza Almeida de Moraes  
Renata Pereira Alves-Balvedi

## Capítulo 4.....33

### *Alimentos transgênicos*

Ana Beatriz A. Moraes  
Natália Luiza Almeida de Moraes

## Capítulo 5.....41

### *Animais transgênicos: Aplicações*

Kellen Cristina T. Costa  
Larissa Pereira Caetano  
Renata Pereira Alves-Balvedi



**Capítulo 6.....55**

***Transgênicos e impacto na saúde humana***

Renata Pereira Alves-Balvedi

Larissa Pereira Caetano

Ana Beatriz A. Moraes

**Capítulo 7.....67**

***Transgênicos e ecossistema***

Renata Pereira Alves- Balvedi

Ana Beatriz A. Moraes

Natália Luiza A. Moraes

**Capítulo 8.....75**

***Transgênicos e legislação***

Ana Beatriz A. Moraes

Kellen Cristina T. Costa

Natália Luiza A. Moraes

# CAPÍTULO 1

## *Organismos transgênicos*

*Kellen Cristina T. Costa &  
Natália Luiza Almeida de Moraes*

### **Histórico**

A biotecnologia é uma ciência que permite a interface da biologia com a tecnologia. Como finalidade, tem-se o desenvolvimento de processos e produtos com função econômica ou social, mediante a aplicação de diversas técnicas, que na maioria das vezes se utiliza seres vivos ou agentes biológicos, que são microrganismos, células (animais e vegetais) e enzimas (EMBRAPA, 2009; RIBEIRO & MARIN, 2010).

De acordo com Alves (2004), a palavra “biotecnologia” foi usada pela primeira vez em 1919 por um engenheiro agrícola na Hungria.

A biotecnologia teve seu início com o estudo dos processos fermentativos, cuja utilização transcende o início da era Cristã. A produção de bebidas alcoólicas pela fermentação de grãos de cereais já era conhecida pelos sumérios e babilônios antes do ano 6000 a.C. Por volta de 2000 a.C., os egípcios já utilizavam o fermento para a produção de cerveja e passaram a empregá-lo também na fabricação de pão.

Mendel, em 1865, a partir de experimentos com ervilhas concluiu que existiam fatores (atualmente identificados como genes) responsáveis pela transmissão de caracteres hereditários, dado que atualmente nos faz compreender melhor as diferentes ações biotecnológicas. No ano de 1897, Eduard Buchner demonstrou ser possível a conversão de açúcar em álcool, utilizando células de levedura maceradas, isto é, na ausência de organismos vivos (XAVIER *et al.*, 2009).

Curiosamente, foram as grandes guerras mundiais motivadoras da produção em escala industrial de produtos advindos de processos fermentativos. A partir da primeira guerra mundial,

a Alemanha, que necessitava de grandes quantidades de glicerol para a fabricação de explosivos, e a partir desta necessidade foram desenvolvidas metodologias que aprimorassem o desenvolvimento de um processo microbiológico de obtenção desse álcool.

Há anos o homem vem manipulando a vida através da domesticação, melhoramento e cruzamento de animais e plantas. Existem registros que mostram que tal fato ocorria há mais de dez mil anos, antes mesmo com a existência de barreiras tanto naturais (responsáveis pelo fenômeno da diferenciação entre espécies), quanto humanas (cultura, ética, religião) (ALVES, 2004).

Em 1928, com a inesperada descoberta da penicilina por Alexandre Fleming, permitiu que diversos tipos de antibióticos fossem desenvolvidos no mundo, sendo a mola propulsora que marcou grandemente o início do processo de fermentação industrial (XAVIER *et al.*, 2009).

Durante a segunda guerra mundial, na década de 40, os antibióticos passaram a impulsionar ainda mais os processos industriais fermentativos, baseando-se primeiramente na síntese em larga escala da penicilina e, posteriormente, da estreptomicina.

A partir da década de 50 a biotecnologia passou de fato a existir. Com a descoberta da síntese química do DNA e com as técnicas de manipulação genética (DNA recombinante, fusão celular ou hibridoma) as aplicações atingiram proporções estratosféricas.

Em 1953, James Watson e Francis Crick publicaram na revista *Nature* a primeira (e até hoje adotada) sugestão de como seria a estrutura tridimensional do DNA em dupla hélice. Essa importante descoberta revolucionou a genética por fornecer informações fundamentais para o estudo e o desenvolvimento de técnicas de manipulação do DNA (XAVIER *et al.*, 2009).

A engenharia genética surgiu propriamente em 1972 quando cientistas da Universidade de *Stanford* conseguiram fusionar as sequências de DNA da bactéria *Escherichia coli* com a do vírus *Simian papiloma*. Posteriormente, é desenvolvido o primeiro organismo considerado transgênico em 1973, pelos pesquisadores Stanley Cohen e Herbert Boyer, que a partir de técnicas de manipulação genética na bactéria *Escherichia coli* obtiveram com sucesso a expressão do gene da insulina humana (EMBRAPA, 2009). Tal fato

gerou impacto sobre a vida de pacientes diabéticos, que somente em 1922 tiveram a descoberta que a insulina dependência poderia ser tratada.



**Figura 1** - (a) Mendel e seus experimentos; (b) Watson e Crick e a estrutura do DNA (EMBRAPA, 2009).



**Figura 2** - Primeiro experimento em cães diabéticos com insulina exógena.

Segundo Guerrante (2003) as primeiras plantas geneticamente modificadas foram desenvolvidas em 1983, por necessidade econômica, através da introdução de um gene codificante para resistência a um antibiótico em plantas de fumo. As primeiras autorizações para plantio experimental de culturas geneticamente modificadas foram na China no ano de 1990, e se referiam ao tabaco e ao tomate resistentes a vírus. Já os países desenvolvidos obtiveram a primeira aprovação para uso comercial de plantas geneticamente modificadas apenas em 1992, nos Estados Unidos.

Atualmente, a biotecnologia é um dos principais campos dentro do conhecimento da ciência adotados para melhorias e respostas às necessidades do mundo atual. A globalização possibilitou o desenvolvimento do comércio de sementes entre as mais diversas economias do planeta. Os transgênicos tiveram uma disseminação em larga escala pelo planeta (ALVES, 2004).

## **Organismos geneticamente modificados versus Transgênicos**

Os termos Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) e Transgênicos são comumente utilizados como sinônimos, entretanto, possuem significados diferentes.

Os OGMs são organismos que foram modificados com a introdução de um ou mais genes provenientes de um ser vivo da mesma espécie do organismo alvo. Enquanto a denominação “transgênica” é utilizada para designar um ser vivo que foi modificado geneticamente, recebendo um gene ou uma sequência gênica de um ser vivo de espécie diferente. Para a execução de tal processo utiliza-se a tecnologia do DNA recombinante (ALVES, 2004).

Um exemplo de OGM é o tomate *Flavr savr*, que foi modificado geneticamente para apresentar um processo de maturação mais lento para permitir que os frutos possam ser colhidos maduros ainda na planta. Exemplos de transgênicos tem-se uma variedade de alimentos (ALVES, 2004), entre eles o *Golden Rice*, grãos de arroz dourado com alto teor de provitamina A (EMBRAPA, 2009).

## Referências

ALVES, G. S. A biotecnologia dos transgênicos: precaução é a palavra de ordem. Holos. 2004.

DUSI, A. N.; NETO, A. L. F.; MOREIRA, C. T. et al. Biotecnologia, transgênicos e biossegurança. Embrapa Cerrados. 2009; 183 p.

GUERRANTE, R. Transgênicos: uma visão estratégica. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

RIBEIRO, I. G.; MARIN, V. A. A falta de informação sobre os Organismos Geneticamente Modificados no Brasil. Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), 2010.

XAVIER, E. G.; LOPES, D. C. N.; PETERS, M. D. P. Organismos geneticamente modificados. Archivos de zootecnia vol. 58(R), p. 15-33, (2009).



# CAPÍTULO 2

## *A engenharia genética e a transgenia*

*Larissa Pereira Caetano,  
Ana Beatriz A. Moraes &  
Renata Pereira Alves-Balvedi*

### **2.1. Engenharia Genética**

A engenharia genética também conhecida como tecnologia do DNA recombinante veio como tecnologia emergente em 1973, duas décadas depois da descoberta da estrutura tridimensional do DNA por Watson e Crick. Com ela, geneticistas poderiam manipular e interferir nas sequências gênicas e genômicas a fim de modificar e/ou corrigir “defeitos” a nível molecular, ou até mesmo introduzir características desejadas, por meio da transferência de genes de um organismo para outro da mesma ou de outra espécie - organismo geneticamente modificado e transgênico, respectivamente (FERREIRA, 2009).

### **2.2. Técnicas de obtenção de transgênicos**

Na produção de transgênicos são empregadas duas metodologias clássicas: a adição de DNA e a modificação genética dirigida.

#### **2.2.1. Adição gênica**

Esta técnica requer a adição de uma ou mais cópias de um gene de interesse ao genoma do organismo. O gene adicionado pode ser endógeno, isto é, já existente no genoma da espécie estudada, ou exógeno (genes pertencentes a outras espécies) (SANTARÉM, 2000).



A escolha de um ou outro depende da finalidade da transgenia. Normalmente, a adição de genes endógenos visa à superprodução de determinada proteína, enquanto a adição de genes exógenos tende à produção de uma nova proteína, ausente naturalmente na espécie receptora (FERREIRA, 2009).

O gene de interesse, também conhecido como transgene, pode ser transportado por meio de quatro mecanismos principais: I) transferência direta de DNA para protoplastos, II) transferência de genes por bombardeamento de partículas, III) microinjeção pronuclear ou IV) através de um vetor.

#### I) Transferência de genes para protoplastos

Os protoplastos, células vegetais desprovidas de parede celular, constituem um sistema ideal para a transferência de genes. A integração de DNA nos protoplastos pode ser promovida através da utilização de agentes químicos, como o polietilenoglicol, ou utilizando equipamentos próprios, como os eletroporadores. Estes induzem a formação reversível de poros na membrana plasmática através de correntes de alta voltagem, as quais penetram as moléculas de DNA (BRAVO & EVANS, 2011).

A transformação genética de plantas por eletroporação de protoplastos oferece como vantagem ser desnecessária a utilização de vetores biológicos e a inexistência de uma barreira física para a introdução do material genético; além de ser uma técnica simples, rápida e realizada sem agentes tóxicos às células (SANTARÉM, 2000). Em contrapartida, o maior obstáculo dessa técnica ainda consiste na dificuldade de regeneração de plantas com os protoplastos transformados, pois mesmo quando a regeneração é eficiente algumas plantas podem apresentar redução de fertilidade (RHODES et al., 1989).

#### II) Transferência de genes por bombardeamento de partículas

Este sistema é denominado biobalística ou genegun. (do inglês, arma genética) e baseia-se na capacidade que micropartículas pesadas cobertas com DNA têm de interagir genes (PINTO, 2003).

O processo biobalístico foi proposto no final da década de 80 como alternativa para a introdução direta de material genético

no genoma nuclear de plantas superiores. Trata-se de um processo simples e efetivo para introduzir e expressar genes em bactérias, protozoários, fungos, tecidos vegetais e animais (SANTARÉM, 2000). Inclusive, uma das maiores vantagens do sistema de transformação através da biobalística é que permite a introdução e expressão gênica em qualquer tipo celular, o que impulsionou a possibilidade de transformação *in situ* de células diferenciadas sem necessidade da “regeneração de novo” (ARAGÃO *et al.*, 2011).

A técnica biobalística utiliza microprojéteis de ouro ou tungstênio acelerados (velocidades superiores a 1500 km/h) para carrear e introduzir ácidos nucleicos e outras moléculas em células e tecidos *in vivo*. As micropartículas aceleradas penetram na parede e/ou membrana celular de forma não letal, localizando-se aleatoriamente nas organelas celulares. A seguir, o DNA é dissociado das micropartículas pela ação do líquido celular, ocorrendo o processo de integração do gene exógeno no genoma do organismo a ser modificado (ARAGÃO *et al.*, 2011). Dessa forma, o DNA é integrado no genoma da célula-alvo e incorporado aos processos celulares de transcrição e tradução, resultando na expressão estável do gene introduzido. (FERREIRA, 2009).

### III) Microinjeção pronuclear

É um dos métodos mais antigos de transferência gênica, em que é possível introduzir longas sequências de DNA de diferentes espécies no genoma de mamíferos, resultando em índices razoáveis de expressão e integração do transgene em células germinativas (FERREIRA, 2009).

Tal procedimento requer que o material genético que se deseja inserir seja isolado, quantificado, purificado, amplificado e colocado em um tubo com solução apropriada. Em seguida, com um micromanipulador acoplado a um microscópio de alta resolução, o DNA com centenas de cópias do transgene é injetado diretamente em um embrião recém-fertilizado (PESQUERO *et al.*, 2007).

O método de microinjeção pronuclear de produzir um animal transgênico resultou na introdução de sequências de DNA linear nos cromossomos dos ovócitos fertilizados. Caso o material genético transferido estiver integrado em um dos cromossomos embrionários,

o animal nascerá com uma cópia desta nova informação em todas as células. Assim, o DNA exógeno deve ser previamente integrado no genoma para a duplicação do material genético que precede a primeira clivagem (PINTO, 2003).

A integração do transgene por microinjeção ocorre de forma aleatória no genoma, e todas as células do animal são geneticamente modificadas, inclusive as germinativas, de modo que essa alteração será transmitida aos seus descendentes. Todo animal transgênico positivo originado de um embrião microinjetado é classificado como fundador de uma linhagem transgênica única, que difere de outro fundador quanto ao local de inserção e ao número de cópias do transgene no genoma (PESQUERO *et al.*, 2007).

**Microinjeção do DNA:** esta técnica é empregada em uma ampla variedade de espécies, mas com o inconveniente que o gene, é inserido ao acaso no genoma do hospedeiro e que somente 5% dos óvulos manipulados, dão origem a um "novo" indivíduo.



**Figura 3** - Esquema representativo da técnica de microinjeção pronuclear.

**Fonte:** [http://www2.ibb.unesp.br/nadi/Museu5\\_transmissao/Museu5\\_engenharia/Museu5\\_engenharia\\_transgenicos.htm](http://www2.ibb.unesp.br/nadi/Museu5_transmissao/Museu5_engenharia/Museu5_engenharia_transgenicos.htm).

#### IV) Vetores

Um vetor pode ser definido simploriamente como um agente capaz de promover a transferência de material genético exógeno. Esse procedimento requer as seguintes etapas: integração, incorporação, transcrição, tradução, manutenção e transferência através de mitoses e meioses. (PINTO, 2003).

Os vetores para transferência gênica podem ser classificados em dois tipos comuns: os vetores não virais e os vetores virais, como detalhado a seguir:

a) Vetores não virais

Os vetores não virais são considerados mais seguros devido a sua baixa imunogenicidade em comparação aos vetores virais, no entanto, não tão efetivos para o transporte de genes como os métodos virais. (COHEN, 2006).

Dentre os vetores de transferência gênicas não virais, àqueles de maior destaque são as formas plasmidiais. Neste caso, o gene de interesse é inserido em um plasmídeo – moléculas circulares duplas de DNA, de origem bacteriana, capazes de se reproduzir independentemente do DNA cromossômico – promovendo assim a síntese da proteína desejada na célula alvo (ARAGÃO *et al.*, 2011; SANTAREM, 2000).

Com o auxílio de uma enzima de restrição – enzimas capazes de reconhecer e quebrar determinada sequência de DNA – é possível abrir o plasmídeo e introduzir nele um fragmento de DNA de outra espécie responsável por determinada proteína. Após o recebimento do novo fragmento de DNA, o plasmídeo torna-se um DNA recombinante, ou seja, uma molécula formada pela união de duas ou mais moléculas de DNA não encontradas juntas na natureza e, assim, é introduzido na bactéria, que por sua vez passa a produzir uma proteína. Por consequência, quando a bactéria se reproduz, o DNA recombinante também se replica, passando para as novas bactérias (CARVALHO & SANTOS, 2000).

A introdução de genes em plasmídeos resultou em eventos científicos relevantes, como a produção em grande escala de insulina (hormônio secretado pelo pâncreas que controla a utilização de glicose pela célula) por bactérias a partir de técnicas de engenharia genética.

A insulina recombinante é atualmente uma alternativa viável para o tratamento de indivíduos diabéticos, os quais apresentam ineficiência na síntese ou sinalização do hormônio (FERREIRA, 2009).

Vale ressaltar que ainda existem os denominados oligonucleotídeos antisense, os quais são pequenas sequências de DNA e RNA que podem ser utilizadas para inibição de algum gene. Apresentam a capacidade de localizar sequências de bases específicas

dentro das células e bloquear a tradução do RNA mensageiro, ou ainda de associar-se a dupla hélice do DNA formando uma fita tripla e impossibilitando a síntese do RNA mensageiro e, até mesmo, impedir a passagem do RNA mensageiro pela membrana nuclear (VEIGA *et al.*, 2009).

Outro tipo de vetor não viral que vem ganhando destaque é o lipossomo. Em síntese, lipossomos são vesículas microscópicas formadas por uma bicamada lipídica (especialmente fosfolipídica), análoga à membrana plasmática (COHEN, 2006). Vetores de lipossomos consistem na mistura do DNA desejado com fosfolípidos, resultando na formação de complexos moleculares hidrofílicos juntamente a hidrofóbicos, que permitem a passagem do material genético pela membrana celular ao mesmo tempo em que protege o material do ataque enzimático intracelular (PEREIRA, 2002).

Esse método traz vantagens particulares, como a transferência de genes de vários tamanhos e a possibilidade de introdução gênica em diversos tecidos. No entanto, o uso de lipossomos ainda não é tão empregado devido à baixa taxa de implantação dos genes concomitante a baixa expressão dos mesmos (FERREIRA, 2009).

#### b) Vetores virais

Dentre os sistemas de transferência genética, os virais são frequentemente mais utilizados devido à alta eficiência de transdução desses vetores.

Vale ressaltar que todos os sistemas virais conhecidos trabalham com vírus eficientes em replicação, os quais têm a capacidade de transferir seu material genético para células-alvo mas não de multiplicar-se e manter seu ciclo infeccioso. Isso é possível, primeiramente, pela remoção dos segmentos de DNA responsáveis pela replicação do vírus na célula hospedeira seguida pela substituição por um gene exógeno de interesse, tornando-o assim um vírus recombinante e ao mesmo tempo um replicante ineficiente (LINDEN, 2010).

Os vetores virais podem ser divididos em duas categorias:

- Os vírus que integram o seu material genético no genoma do hospedeiro, denominados integrantes. Exemplos: retrovírus, lentivírus e adenoassociados.
- Os vírus não integrantes. Exemplo: adenovírus.

A Tabela 1 abaixo resume as principais características dos vetores virais mais empregados nas técnicas de engenharia genética.

Vetores	Propriedades gerais
<b>Retrovírus</b>	Vírus de RNA encapsulados; Possuem a enzima transcriptase reversa; Integra o seu DNA ao genoma do hospedeiro; Possuem a capacidade de carregar sequências de tamanho médio; Induzem resposta inflamatória mínima; Foram os primeiros vetores virais a serem testados; Nesta classe estão inclusos os lentivírus.
<b>Adenoassociados</b>	Vírus de DNA não encapsulados; Infectam preferencialmente células em divisão; Já foram descritas infecções em células pós-mitóticas; A replicação é dependente da maquinaria proteica dos adenovírus ou dos herpes vírus (daí o nome de adenoassociado); O genoma viral integra-se com alta especificidade a um cromossomo do genoma das células hospedeiras, permanece latente e só passa para uma fase lítica na presença do adenovírus; Vantagens: ausência de patogenicidade e leve resposta inflamatória compõem suas principais/ Desvantagens: necessidade de vírus auxiliares e a menor capacidade desses vetores (~4.6 kB).
<b>Adenovírus</b>	Vírus de DNA dupla fita; Genoma composto por mais de uma dúzia de genes; Permite a inserção de grandes sequências de DNA exógeno (capacidade ~15 kB); Transfecção: caracterizada pela manutenção do DNA episomal (sem integração ao genoma do hospedeiro) no núcleo de células passível ou não de divisão; Vantagens: pouca patogenicidade e produção e manipulação segura Desvantagens: o episomo pode ser perdido ou diluído quando a célula infectada se divide.
<b>Herpesvírus</b>	Vírus de DNA dupla fita; Capacidade de carregar sequências maiores (> 30 kB) devido ao seu maior genoma; Replicam em células hospedeiras que se dividem e aquelas que não se dividem, nas quais permanecem em estado episomal.

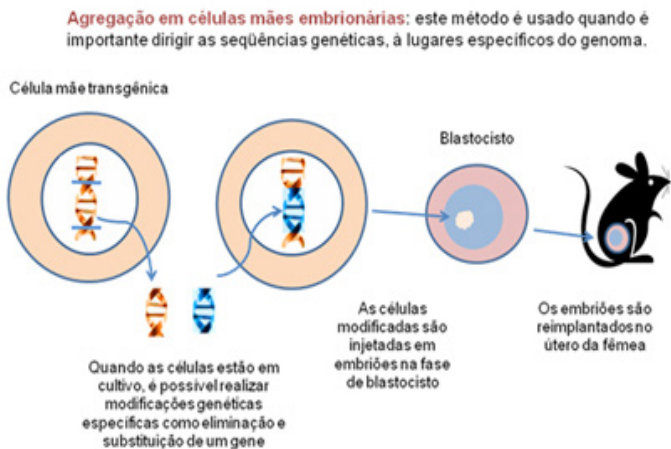
**Tabela 1:** Principais tipos de vetores virais para a produção dos transgênicos.

\*Tabela de autoria dos autores. **Fonte:** Modificado LINDEN, 2010.

## 2.2.2. Modificação genética

Técnica usualmente empregada para produzir animais transgênicos, cujo nível de complexidade é maior que a de adição gênica, visto que o método utilizado para a modificação ou inativação de qualquer gene exige que se conheça sua localização no genoma (FERREIRA, 2009).

A modificação genética dirigida ou controlada é caracterizada por uma etapa a mais que a adição gênica, a cultura de células-tronco embrionárias. Nesse caso, as células são modificadas in vitro por recombinação homóloga (a troca de sequências de DNA correspondentes entre cromossomos, que ocorre naturalmente no núcleo das células) originando um animal com um gene inativado ou alterado. O princípio dessa técnica consiste na substituição de um gene-alvo por uma sequência mutada, que quando introduzida, irá inativa-lo ou modifica-lo – como apresentado na Figura 4 (PESQUERO *et al.*, 2007).



**Figura 4** - Esquemática da técnica de produção de transgênicos por modificação genética.

**Fonte:** <[http://www2.ibb.unesp.br/nadi/Museu5\\_transmissao/Museu5\\_engenharia/Museu5\\_engenharia\\_transgenicos.htm](http://www2.ibb.unesp.br/nadi/Museu5_transmissao/Museu5_engenharia/Museu5_engenharia_transgenicos.htm)>

Quando ocorre substituição de um gene funcional por uma sequência mutada capaz de inativar o gene endógeno original, há geração de um animal conhecido como “knockout”. Da mesma

forma, é possível alterar uma pequena sequência do gene, gerando um modelo “knockin” que produzirá uma proteína modificada ao invés da proteína endógena intacta naturalmente presente no animal. O termo “knockin” se deve ao fato de, nessa técnica, o gene endógeno ser retirado do genoma e substituído por outro com uma pequena modificação (PESQUERO *et al.*, 2007).

## Referências

ARAGÃO, F. J. L.; VIANNA, G. R.; RECH, E. L. Feijão transgênico: Um produto da engenharia genética. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*. CENARGEM/EMBRAPA. p. 48-51, 2011.

BRAVO, J. E.; EVANS, D. A. Protoplast fusion for Crop Improvement. *Plant Breeding Reviews*, cap.4, v. 3, p. 193-218, 2011.

CARVALHO, A. C.; SANTOS, R. A. S. Utilização de animais transgênicos no estudo da hipertensão arterial. *Biologia Molecular*, v. 3, n. 3, p. 118-120, 2000.

COHEN, M.; et al. Terapia gênica em ortopedia. *Rev. Bras. Ortop.*, v. 41, n. 7, p. 233-240, 2006.

FERREIRA, J. G. Técnicas de engenharia genética para produção de transgênicos. *Saúde & Amb. Rev.*, v.4, n. 2, p.40-46, jul-dez, 2009.

LINDEN, R. Gene therapy: what it is, what it is not and what it will be. *Estudos avançados*. v. 24, n. 70, 2010.

PESQUERO, J. B.; BAPTISTA, H. A.; MOTTA, F. L. OLIVEIRA, S. M. Aplicações dos animais transgênicos. *Scientific American Brasil*, 56° ed, p. 1-6, 2007.

PINTO, P. Seres vivos transgênicos. *Ciências da Terra e da Vida*. Acesso online no dia 30 de março de 2016 <[http://pedropinto.com/files/secondary/ctv/ctv2\\_trabalho1.pdf](http://pedropinto.com/files/secondary/ctv/ctv2_trabalho1.pdf) 2003>, 2003.



RHODES, C. A.; et al. Genetically transformed maize plants form protoplasts. *Science*, v. 240, n. 4849, p. 204-207, 1989.

SANTARÉM, E. R. Métodos eficientes para a transformação genética de plantas. *Rev. Ciênc e Tecnol*, v. 15, p. 81-90, 2000.

VEIGA, J. E.; et al. Terapia gênica: Uma revisão de literatura. *Saúde & Amb. Rev.*, v.4, n.2, p.20-33, jul-dez, 2009.

# CAPÍTULO 03

## *Transgênicos na Agricultura*

*Natália Luiza Almeida de Moraes &  
Renata Pereira Alves-Balvedi*

### **3.1. Início dos transgênicos na agricultura**

A produção de plantas transgênicas não surgiu casualmente, o homem desde que se iniciou a agricultura praticava técnicas de melhoramento tradicional de plantas, produzindo novas variedades a partir do cruzamento entre plantas. Nos tempos atuais associam-se genes de espécies diferentes e com o avanço da ciência e da tecnologia a busca pelos transgênicos tornou-se alvo da biotecnologia (ARAÚJO & MARCADENTE, 1999).

Com a descoberta da estrutura do DNA na década de 50 ocorreu o surgimento da biotecnologia, trazendo grandes evoluções para a genética e a biologia molecular; por meio de técnicas de engenharia genética dando início a uma nova fase da genética (Arias, 2004).

A partir de 1980, com as novas técnicas, foi possível a produção de insulina humana em bactérias e a produção de inúmeras plantas transgênicas (ANDRADE & FALEIRO, 2009).

Em 1983 foi produzida a primeira planta transgênica, uma planta de fumo resistente a um antibiótico, logo em seguida em 1985 foi testada pela primeira vez em campo plantas geneticamente modificadas resistentes a vírus, insetos e bactérias (GANDER & MARCELLINO, 1997)

Depois de 11 anos da produção da primeira planta transgênica, em 1994 foi aprovado para a comercialização o primeiro produto destinado à alimentação proveniente da biotecnologia vegetal: o tomate transgênico Flavr Savr. Este possuía um gene antisense para a enzima poligalacturonase (degrada a pectina da parede durante o amadurecimento), tornando a “vida de prateleira” mais prolongada do que a de um tomate convencional (BESPALHOK *et al.*, 2009).

O grande marco dos transgênicos para os produtores rurais foi em 1994 a primeira planta transgênica, desenvolvida por uma empresa privada, uma variedade de soja designada “Roundup Ready”, possuindo uma característica que a torna tolerante ao herbicida à base de glifosato, usado para dessecação pré e pós-plantio. Essa tolerância que a planta transgênica possui permite ao agricultor aplicar somente esse herbicida em sua lavoura, reduzindo custos de aplicação e o número de aplicações (MONSANTO, 2012).

Porém, há uma grande polêmica em relação à comercialização de culturas resistentes aos herbicidas principalmente, no que diz respeito ao impacto ambiental que pode acarretar (MONQUERO, 2005), de acordo com WIESE em 1992 ressalta que a tecnologia pode ter aspectos positivos e negativos dependendo de como a tecnologia é utilizada.

### **3.2. Os principais motivos para a produção de transgênicos**

Os argumentos em prol dos transgênicos estão fundados em fatores econômicos e tecnológicos, vinculados ao progresso da ciência, entre as vantagens de se utilizar um transgênico podemos citar a necessidade do aumento da produção de alimentos a baixo custo, aumento de renda do produtor agrícola, a produção de alimentos com maior valor nutricional entre vários outros motivos (ARAÚJO & MARCADENTE, 1999).

#### ***3.2.1. O aumento da produção vinculado à fome e redução dos preços***

A agricultura no Brasil tem em média 22,5% do PIB total da economia Brasileira, segundo informações do Mapa (ministério da agricultura e pecuária), a participação de produtos agropecuários é relativamente representativa, pois esse número não suprirá a crescente demanda com o aumento da população (ALMEIDA & LAMOUNIER, 2005).

Segundo um relatório do Instituto Francês de Estudos Demográficos (Ined), daqui a 30 anos a população mundial chegará

aproximadamente 10 bilhões de habitantes de pessoas contra 7,3 bilhões em 2015 (PRESSE, 2015) e, conseqüentemente, a demanda por comida aumentará ainda mais. Para evitar o aumento da fome global, a produção de alimentos deverá crescer 40% nas próximas duas décadas (BBC, 2015).

Neste contexto os alimentos transgênicos se tornam uma nova ferramenta como meio para o aumento da produção mundial e com isso pelo aumento de oferta dos produtos o preço tende a diminuir. Os transgênicos são aqueles em que ocorre a alteração do material genético feita pelo homem através da inserção de um gene de uma espécie em outra. (ALVES, 2004).

A técnica da transgenia é útil na busca de um gene de interesse, pois é capaz de fazer com que plantas sejam resistentes à seca, resistentes a pragas e doenças que são fatores que interferem na produtividade das lavouras (ALMEIDA & LAMOUNIE, 2005).

É inerente que a questão da fome no mundo não depende só da produção de alimentos, mas, além disso, envolvem vários outros fatores tanto econômicos como de ordem política.

### ***3.2.2. O ganho do produtor agrícola***

Com o uso de cultivares mais produtivas e resistentes a pragas e doenças, a lavoura proporcionará mais rentabilidade agrícola ao produtor rural diminuindo seus gastos com máquinas agrícolas e com defensivos.

Segundo Almeida & Lamounier (2005), estudos realizados em outros países indicam a possibilidade de reduzir de 20-30 % dos custos com defensivos agrícolas em lavouras transgênicas.

### ***3.2.3. Alimentos com maior teor nutricional***

Em 2000 foi produzido o primeiro alimento transgênico com a característica de melhorar seu estado nutricional, foi produzido o arroz dourado, enriquecido com betacaroteno, na Alemanha (FANI, 2010).

De acordo com a Embrapa em 2010, os nutrientes têm suas concentrações aumentadas principalmente suas vitaminas e os

aminoácidos essenciais também acontecem à remoção ou redução de fatores antinutricionais.

Um fator antinutricional é usado para descrever compostos ou classes de compostos presentes em uma série de alimentos que interferem na absorção, digestibilidade e utilização de alguns nutrientes que se ingeridos de forma desequilibrada podendo surgir efeitos prejudiciais à saúde. Tem-se como exemplo o fitato das sementes, que tem a possibilidade de formar complexos com proteínas e minerais, são componentes naturais que ocorrem principalmente em cereais e leguminosas podendo afetar as propriedades funcionais e nutricionais dos alimentos (BENEVIDES *et al.*, 2011.)

### **3.2.4. Vantagens ambientais**

Segundo Alves, 2005 o efeito sobre o meio ambiente é umas das principais preocupações sobre as questões de transgênicos, uma vez que são grandes as incertezas como perda de biodiversidade, eliminação de espécies nativas e consequências possíveis da introdução de culturas transgênicas.

Segundo Mercadante e Araújo em 1999, algumas pessoas usam o discurso de defesa dos produtos transgênicos que a utilização de cultivares resistente a insetos reduzirá o uso de agrotóxicos o que poderia ser uma vantagem.

Além destas características a transgenia permite o desenvolvimento de alimentos que demorem mais para amadurecer como frutas e hortaliças que caracterizam a redução de perdas, plantam mais adaptadas a condições adversas de ambiente como a seca, desenvolvimento de plantas biofortificadas que reduzem a anemia e outros problemas relacionados à deficiência de micronutrientes (CIB, 2013).

## **3.3. O futuro dos transgênicos na agricultura**

Várias empresas envolvem pesquisas para o lançamento de novas cultivares transgênicas que possuam características diferenciadas das atuais do mercado e que seja de agrado do produtor rural.

A Embrapa (2010) desenvolveu plantas transgênicas com resistência a vírus, pois não existem produtos específicos para controlar as viroses, ao contrário do que acontece com as bactérias que podem ser controladas por antibióticos. O destaque que está próximo de chegar as lavouras é o feijão transgênico, resistente ao vírus do mosaico dourado, uns dos vírus que causa maior dano a esta cultura.

Para o lançamento das próximas cultivares transgênicas é necessário que a sociedade esteja melhor informada do potencial desta tecnologia “é importante que a que a sociedade esteja ciente de que a biotecnologia - em especial a engenharia genética e as plantas transgênicas faz parte da evolução tecnológica da humanidade” (NEPOMUCENO, 2002).

### **3.4. Referências**

ALMEIDA, G.C.S. de; LAMOUNIER, W.M. Os alimentos transgênicos na agricultura brasileira: evolução e perspectivas. Organizações Rurais & Agroindustriais, Lavras, v. 7, n. 3, p. 345-355, 2005.

ALVES, G.S. "A biotecnologia dos transgênicos: precaução é a palavra de ordem." Halos. 2: 1-10p, (2004).

ANDRADE, S. R. M.; FALEIRO, F. G. Biossegurança ambiental. In: Faleiro, F.G.; Andrade, S.R.M. Biotecnologia, transgênicos e biossegurança. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. p. 61-74, 2009.

ARAÚJO, J.C. DE. & MERCADANTE, M. Produção Transgênica na Agricultura. Diretoria Legislativa, Consultoria Legislativa. Brasília, DF, abr, 1999.

BBCBrasil.com. Disponível em:< [http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2011/01/110124\\_relatorio\\_alimentos\\_rc.shtml](http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2011/01/110124_relatorio_alimentos_rc.shtml)>. Acesso em: 18 de Março de 2016.

BENEVIDES, C.M.; SOUZA ,M.V.; SOUZA. R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, 18(2): 67-79, 2011.

*BERGAMASCO, C.* Disponível em [http://www.polonutricional.com.br/consulta\\_dica.asp?id\\_dica=16](http://www.polonutricional.com.br/consulta_dica.asp?id_dica=16)> Acesso em :22 de março de 2016.

BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. plantas transgênicas. In: BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. PLANTAS TRANSGÊNICAS. Disponível em [www.bespa.agrarias.ufpr.br](http://www.bespa.agrarias.ufpr.br), p.15-25, 2012.

Conselho de Informação sobre biotecnologia ,Disponível em <<http://cib.org.br/biotec-de-a-a-z/publicacoes/guia-o-que-voce-precisa-saber-sobre-transgenicos>> Acesso em :18 de abril de 2016.

GANDER, E. S.; MARCELLINO, L. H. Plantas transgênicas, Biotecnologia: Ciência & Desenvolvimento, Brasília, v. 1, n. 1, p. 34-37, maio, 1997.

FRANCE PRESSE,2015, População mundial, disponível em <<http://g1.globo.com/mundo/noticia/2015/09/populacao-mundial-chegara-aos-10-bilhoes-em-2050-segundo-estudo.html>> Acesso em :22/03/2016.

Gerardo Arias, Embrapa, ISSN 1518-6512.Documentos online. Dezembro, 2004.

MÁRCIA FANI, Alimentos geneticamente modificados, Aditivos & Ingredientes, revista nº 69, p.1-11,2010).

Ministério da Agricultura e Pecuária ,disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em :15/04/2016.

MONSANTO COMPANY, ROUNDUP. Disponível em <<http://www.monsanto.com/global/br/produtos/pages/roundup.aspx>>. Acesso em :20/03/2016.

NEPOMUCENO, A. L. As próximas ondas de plantas geneticamente modificadas. In: a biotecnologia na agricultura brasileira: presente e futuro. Simpósio: A Biotecnologia na Agr. Brasileira: Presente e Futuro. Maringá, PR.: Univ. Est. Maringá, 2002. p. 35-38.

MONQUERO, P. A. PLANTAS TRANSGÊNICAS RESISTENTES AOS HERBICIDAS: SITUAÇÃO E PERSPECTIVA; *Bragantia*, Campinas, v.64, n.4, p.517-531, 2005.

WIESE, D. L. Future impact of crops with modified herbicide resistance. *Weed Technology*, Champaign, v.6, n.3, p.665-668, 1992.





# CAPÍTULO 4

## *Alimentos transgênicos*

*Ana Beatriz A. Moraes &  
Natália Luiza Almeida de Moraes*

### **4.1. Introdução**

Muitos alimentos transgênicos em questão de poucos anos evoluíram em uma velocidade impressionante dos laboratórios aos supermercados, passando a serem produzidos em milhões de hectares de áreas cultiváveis. Um percentual significativo dos consumidores ainda teme os possíveis efeitos negativos que os transgênicos podem causar para a saúde e o meio ambiente. Entretanto, pesquisas de opiniões realizadas em alguns países (Estados Unidos, por exemplo) e na Europa indicam que o temor da população em relação aos transgênicos está diminuindo, contemplando uma gradativa mudança na percepção pública (PAPPON, 2013).

Os alimentos transgênicos não representam risco à saúde humana, de acordo com Silveira e Borges 2012. Em uma pesquisa da Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA), 74 % dos brasileiros se quer tem informações sobre o que são os alimentos transgênicos. O presidente da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), Aluizio Borém, explica que antes de irem para o mercado, os transgênicos são avaliados criteriosamente levando em conta os possíveis impactos para a saúde humana e para o meio ambiente, passando por uma série de pesquisas e análises de biossegurança na CTNBio (SILVEIRA & BORGES, 2012).

### **4.2. Alimentos transgênicos comercializados**

#### ***4.2.1. Milho***

No Brasil e nos Estados Unidos estão presentes cerca de 90% de variantes transgênicas nas lavouras, sendo que, destas, em nosso país, 18 variantes de milho foram autorizadas pela CTNBio.

Além do milho, há vários produtos que são derivados do milho que chegam à mesa do consumidor diariamente, estão entre eles: alimentos processados, como salgadinhos bolos, doces, óleos, entre outros. Vale ressaltar que O milho puro transgênico não é vendido para consumo humano na União Europeia, onde a legislação para estes alimentos é mais rigorosa. (PAPPON, 2013).



**Figura 5** - Representação dos “salgadinhos” derivados de milho transgênico.

Fonte: NETO *et al.*, 2012.

A variedade transgênica mais comercializada de milho no país é conhecido popularmente como Milho bt, sendo transformado e incorporado uma toxina isolada da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), tornando-o resistente a tipos de lagartas. (EMBRAPA, 2011).

#### 4.2.2. Feijão

A Embrapa em 2011 conseguiu liberação da CTNBio para o cultivo comercial de uma variedade de feijão resistente ao vírus do mosaico Dourado (PAPPON, 2013). Isso representou um grande avanço para a agricultura brasileira.

O feijão é uma das principais leguminosas consumidas pela população, e em 2013 teve produção superior a 2,6 milhões

de toneladas. O vírus mosaico representa uma grande perda dessa produção pois é um dos principais vírus que atacam a cultura, fazendo com que o produtor perca cerca de 40 % da lavoura, podendo chegar a uma perda total da produção. A liberação do feijão transgênico muda positivamente este cenário, trazendo esperança para os produtores de feijão que se sentem mais seguros quanto aos riscos existentes (EMPRAPA, 2015).

### **4.2.3. Soja**

Existem diferentes tipos de soja transgênica sendo desenvolvidas atualmente em todo o mundo. A variedade transgênica mais conhecida comercialmente é a soja tolerante ao uso do herbicida glifosato - utilizado pelos agricultores no controle de plantas daninhas e limpeza de áreas antes do plantio, mas que devido a sua estrutura molecular pode causar a morte da planta (SANTOS, 2007; MONQUERO, 2005).

O gene responsável pela resistência da soja transgênica foi extraído de uma bactéria do solo, conhecida por *Agrobacterium tumefaciens*, e patentado por uma empresa privada com o nome CP4-EPSPS (HECK, 2005).

O que se percebe quanto ao uso da soja transgênica no Brasil e no mundo, vai além das questões essenciais de segurança e tem seu ponto alto na famosa lógica do mercado, onde só se planta o que é mais rentável financeiramente aos produtores. No entanto, os dados de análise comparativos entre soja transgênica e convencional são ainda insuficientes e descontínuos, o que limita as possibilidades de obtenção de resultados mais consistentes, que justifiquem a adoção de uma das variedades (MENEGATTI, 2007).

### **4.2.4. Queijo**

Podemos dizer que o queijo não é um alimento derivado de um transgênico, porém, o queijo industrializado, que utiliza em seu processo de produção a enzima quimosina importante no processo de coagulação é uma enzima transgênica. Anteriormente esta enzima era retirada dos estômagos dos cabritos, um processo custoso e

desagradável. Esta enzima foi modificada de forma biotecnológica e é sucesso no mercado consumidor desde a década de 90. Como a enzima é produto de um organismo geneticamente modificado e é eliminada no produto final o queijo acaba escapando das leis de rotulação. (PATERNIANI, 2000).

#### **4.2.5. Arroz**

O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. O problema de maior relevância nesta cultura é a elevada infestação por plantas daninhas, que ocorre na maioria das lavouras de arroz irrigado e, principalmente, o arroz vermelho. Variedades transgênicas vem sendo obtidas para melhorar a produtividade da variedade (NOLDIN *et al.*, 2004).

Além disto, diversas pesquisas visam desenvolver outras variedades, que sejam enriquecidas em vitaminas e minerais que estejam representados neste em poucas quantidades, é o caso da variedade “Golden rice”, desenvolvida por cientistas com o intuito de diminuir as deficiências de vitamina A nas populações (BEYER *et al.*, 2002; BENETTI, 2002).

#### **4.2.6. Outros alimentos**

Alguns tipos de alimentos como o mamão papaya e a abobrinha, comercializados em regiões dos Estados unidos, são de suma importância local, mas não são comercializados em outros países com nem mesmo no Brasil. No caso do mamão, essa variedade foi desenvolvida devido a um devastador vírus presente na região e tem sido bem aceita no mercado consumidor (BOFF, 2014; CORREIA, 2015).

Devemos considerar também os alimentos que apresentam os produtos transgênicos em sua composição, como o caso de bolos, massas e biscoitos. Apesar da maioria destes produtos serem produzidos a partir de centeio e trigo -maioria ainda plantado na variedade convencional - estes alimentos apresentam normalmente, derivados do milho e soja, amido, óleos (soja, milho e canola), enzimas geneticamente modificadas, e são muitas das vezes processados no mesmo beneficiário dos alimentos transgênicos; por

isso alguns apresentam no rotulo a inscrição que podem conter traços desses alimentos (MENASCHE, 2004; MONQUEIRO, 2005).

Temos ainda que ressaltar os alimentos transgênicos que não deram certo, muita das vezes não por uma questão da composição estrutural ou benefícios do produto, mas sim pelo mercador produtor, onde o produto não foi considerado atrativo. É o caso de variedades como o tomate “Flavr Savr tomato” produzido em 94 pela empresa Monsanto, nos Estados Unidos, onde teve sua produção encerrada logo em 97, pois os custos de produção do produto não o tornaram rentável ao mercado. Essa variedade possuía a vantagem de maior durabilidade e retenção de cor e sabor além de uma resistência mais elevada a fungos (DELLA VECCHIA & KOCH, 2000).

A mesma situação ocorreu com a variedade “New Leaf Potato” desenvolvida também pela empresa Monsanto, no ano de 95, tendo sua produção cessada devido a sua falta de rentabilidade em 2001. A variedade era resistente ao ataque de um besouro prejudicial à cultura (BOBROWSKI, 2003).

### 4.3. Referências

AGROLINK. Disponível em <[http://www.agrolink.com.br/biotecnologia/noticia/o-consumo-de-transgenicos-e-seguro-\\_143064.html](http://www.agrolink.com.br/biotecnologia/noticia/o-consumo-de-transgenicos-e-seguro-_143064.html)>. Acesso em :12/03/2016.

BEHRENS, J. H.; DA SILVA, M. A. A. P. Atitude do consumidor em relação à soja e produtos derivados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 3, p. 431-439, 2004.

BENETTI, M. D. Reestruturação das indústrias de suprimentos agrícolas no Brasil, nos anos 90: concentração e desnacionalização. *Indicadores econômicos FEE*, v. 30, n. 1, p. 137-166, 2002.

BEYER, P., AL-BABILI, S., YE, X., LUCCA, P., SCHAUB, P., WELSCH, R., & POTRYKUS, I. Golden rice: Introducing the  $\beta$ -carotene biosynthesis pathway into rice endosperm by genetic engineering to defeat vitamin A deficiency. *The Journal of nutrition*, v. 132, n. 3, p. 506S-510S, 2002.

BOBROWSKI, V. L. et al. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. *Ciência Rural*, v. 34, n. 1, p. 843-850, 2003.

BOFF, F. Obtenção de mamoeiro (*Carica papaya* L.) resistente à mancha anelar e à meleira através de transformação genética via biobalística e embriogênese somática. 2014.

CORREA, M. F. Reação de plantas transgênicas de *Passiflora alata* à infecção com o Cowpea aphid-borne mosaic virus. Tese de Doutorado. Univ. de São Paulo, 2015.

DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. S. Tomates longa vida: o que são, como foram desenvolvidos. *Horticultura Brasileira*, v. 18, n. 01, p. 3-4, 2000.

EMBRAPA, Circular técnica, Milho Bt: Teoria e Prática da Produção de Plantas Transgênicas Resistentes a Insetos-Praga, 2009.

HECK, G. R. et al. Development and characterization of a CP4 EPSPS-based, glyphosate-tolerant corn event. *Crop Science*, v. 45, n. 1, p. 329-339, 2005.

MENASCHE, R. Risco à mesa: alimentos transgênicos, no meu prato não. *Campos*. v. 5, n. 1, p. 111-129, 2004.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o MS. *Rev Econ e Socio Rural*, v. 45, n. 1, p. 163-183, 2007.

Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde. JOSÉ CARLOS CRUZ, et al., editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 338 p.: il.; 16 cm x 22 cm. – (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). ISBN 978-85-7383-526-7.

MONQUERO, P. A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. *Bragantia*, v. 64, n. 4, p. 517-531, 2005.

NOLDIN, J. A., et al. Desempenho de populações híbridas F2 de arroz-vermelho (*O. sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amonio-glufosinate. *Plan Danin*, v. 22, n. 3, p. 381-395, 2004.

PAPPON, T. BBC, BRASIL, os 10 alimentos transgênicos que estão na cadeia alimentar, 2013. Disponível em [http://www.bbc.com/portuguese/celular/noticias/2013/02/130207\\_transgenicos\\_lista\\_tp.shtml](http://www.bbc.com/portuguese/celular/noticias/2013/02/130207_transgenicos_lista_tp.shtml). Acesso em: 15/03/2016.

PATERNIANI, E. Quem tem medo da ciência?. *AgroANALYSIS*, v. 20, n. 7, p. 61-63, 2000.

SANTOS, J. B. et al. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. *Planta Daninha*, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007.

SILVEIRA, J. M. F. J.; BORGES, I. C. Um panorama da biotecnologia moderna. In: SILVEIRA, J. M. F. J. et al. Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil. Campinas: Unicamp/FINEP. p. 17-31, 2004.

SENA, T.K. et al. UFCe, Fortaleza, Intercom – Soc. Bras. Estudos Interdiscipl. Comunicação, XIV Cong Ciênc Comun Reg NE – Recife - PE –/2012. Estratégias Discursivas nas Embalagens de Salgadinhos Elma Chips1.





# CAPÍTULO 5

## *Animais transgênicos: Aplicações*

*Kellen Cristina T. Costa,  
Larissa Pereira Caetano &  
Renata Pereira Alves-Balvedi*

### **5.1. Introdução**

Por permitir uma análise detalhada da fisiopatologia de doenças, os estudos com animais transgênicos devem propiciar o desenvolvimento de novas formas de tratamento, novos testes diagnósticos, agentes terapêuticos mais eficazes e baratos, e o tão esperado estabelecimento de protocolos de terapia gênica (PEREIRA, 2008).

Outra consequência positiva dessa nova ferramenta consiste no uso racional de animais de laboratório em todo o mundo. A geração de modelos transgênicos possibilita a redução do número de animais utilizados na experimentação de forma geral, além de tornar possível que os mesmos tenham as características específicas que se deseja estudar. No futuro, essa tendência de redução na quantidade de animais empregados deverá se acentuar em razão da maior especificidade dos modelos transgênicos desenvolvidos (RUMPF & MELO, 2005; PEREIRA, 2008).

Esses temas serão melhor elucidados a seguir, onde foram divididos em dois grandes tópicos: animais transgênicos para pesquisa e animais transgênicos comercializados. Os benefícios biotecnológicos do uso de animais transgênicos podem ser distribuídos em pelo menos três grupos: agricultura, medicina e indústria (Tabela 2).

Área de aplicação	Benefícios	Exemplos
<b>Agricultura</b>	Animais de grande porte com características comerciais interessantes, cuja produção por técnicas clássicas de cruzamentos e seleção são extremamente demoradas.	Vacas transgênicas que produzem mais leite, ou leite com menos lactose ou colesterol; Porcos e gado transgênicos com mais carne; Ovelhas transgênicas capazes de produzir mais lã; Animais resistentes a doenças, (gripe suína, febre aftosa, mastites)
<b>Medicina</b>	Os avanços aplicados à saúde humana visam a “humanização” de órgãos e biomoléculas, bem como a produção de biofármacos ou até bioprodutos.	Xenotransplantes de uma diversidade de órgãos; Modelo para estudo de doenças humanas; Produção de proteínas (albumina, anticorpos) ou hormônios no leite
<b>Indústria</b>	Cria sistema de biorreatores através de animais transgênicos capazes de produzir uma proteína de interesse comercial em tecido de fácil purificação.	Cabra transgênica que produz em seu leite uma proteína da teia de aranha

Tabela 2: Principais aplicações de animais transgênicos.

\*Tabela de autoria dos autores.

## 5.2. Animais transgênicos na pesquisa

De acordo com Ortiz (2003) é estimado que desde o século XIX animais sejam usados como cobaias para elucidar problemas de saúde humana. O primeiro experimento do gênero, realizado com sucesso, foi em 1982 quando o DNA de um rato foi introduzido em um camundongo.

A utilização de animais geneticamente modificados propicia aos pesquisadores a possibilidade de estudar e compreender os mecanismos das doenças que atingem o homem, como também

animais. No campo da medicina, o uso de animais, portando genes humanos, permite que sejam desenvolvidos medicamentos pela indústria farmacêutica mais eficiente e com reações adversas mais próximas das que ocorrem em humanos, havendo assim necessidade de um menor número de testes em humanos voluntários.

Os transgênicos possibilitaram importantes avanços nos mais diversos ramos das ciências biomédicas. Dessa maneira, é possível o aprofundamento nas pesquisas em citologia, expressão gênica e genética molecular. No campo da medicina tem influenciado os trabalhos de doenças hereditárias e no campo da oncologia no entendimento das cascatas de expressão e supressão para que tratamentos quimioterápicos sejam mais efetivos e eficientes. Na biotecnologia os organismos geneticamente modificados como bactérias, fungos, plantas e muitos animais, podem funcionar como biorreatores para a produção de proteínas com diversas finalidades (ALVES, 2004).

Animais nocautes (do inglês “knockout”) são animais em que a modificação genética introduzida é capaz de interromper ou anular um gene que, no caso, não mais se expressa, sendo assim denominado de nocauteado (ANDRADE *et al.*, 2002).

O mais antigo rato *knockout* de que há registro foi criado por Mario Capecchi, Martin Evans e Oliver Smithies em 1989, pelo qual foram galardoados com o Prêmio Nobel da Medicina em 2007. Algumas das tecnologias associadas à geração de ratos *knockout*, e os próprios ratos, têm sido alvo de registro de patentes em vários países por empresas privadas (ZAN, 2003).

Camundongos *knockout* têm sido uma importante ferramenta para pesquisadores estudarem a função de um gene no desenvolvimento embrionário e na homeostase fisiológica normal como também alterações no fenótipo do rato, como a aparência, comportamento e outras características físicas e bioquímicas observáveis. Tais mamíferos agem como bons análogos para a maioria dos processos biológicos humanos pelo fato dessas duas espécies compartilharem cerca de 99% dos mesmos genes (CAPECCHI, 1994). Além disso, camundongos são animais experimentais úteis porque são pequenos, têm expectativa de vida relativamente curta, e são prolíficos, ou seja, cuja prole é abundante. Dessa maneira, a exclusão de um gene alvo

em um camundongo fornece um meio importante para determinar o papel biológico de um alelo. Alguns camundongos *knockout* têm também servido como modelos animais preciosos para doenças genéticas humanas. Segundo Majzoub e Muglia (1996), quando se descobre que uma mutação humana desativa uma proteína, o camundongo *knockout* pode ser um recurso importante para o estudo de fisiopatologias e para o desenvolvimento de terapias para tratar doenças genéticas.

### **5.2.1. Transgenia no leite**

Muitas pesquisas foram realizadas utilizando animais transgênicos de produção expressando genes recombinantes capazes de produzir substâncias de interesse biomédico e farmacêutico no leite (XAVIER *et al.*, 2009). Behboodi e colaboradores (2005) avaliaram o estado sanitário, o desempenho reprodutivo e a produção de leite de cabras transgênicas expressando um gene recombinante de um antígeno da malária. Foi observado que as cabras que expressavam o antígeno não glicosilado da malária apresentaram produção de leite normal e produziram a proteína recombinante no leite. Este estudo demonstrou que é viável a produção de vacina contra a malária a partir do leite oriundo de animais transgênicos.

Outra pesquisa com o intuito de estudar a produção de biofármacos no leite, foi realizada utilizando vacas transgênicas expressando no leite um gene recombinante do hormônio de crescimento humano, que é semelhante ao produzido pela expressão na *Escherichia coli*. Verificou-se que estes animais são capazes de produzir este hormônio no leite em quantidade significativa, tornando-se uma alternativa viável para produção deste hormônio (SALAMONE *et al.*, 2006).

Baldassarre e colaboradores (2008) utilizaram cabras expressando uma enzima humana recombinante, a butirilcolinesterase, e verificaram que a quantidade de butirilcolinesterase produzida pelas cabras transgênicas foi maior do que a encontrada no sangue dos humanos doadores do gene. Tal enzima é utilizada em desintoxicação contra organofosforados em humanos e animais, sendo assim, a produção de leite pelas cabras transgênicas torna-se uma alternativa

para a produção da enzima utilizada como produto farmacêutico ou biodefensivo.

Pode-se dizer que as cabras estão entre os melhores modelos para a obtenção de animais transgênicos produtores de proteínas recombinantes no leite, como anticorpos e hormônios de crescimento, já que o custo de manutenção de criação destes animais é relativamente baixo, e ainda, apresentam ciclo reprodutivo curto (HUANG *et al.*, 2007).

### **5.2.2. Transgenia em xenotransplantes**

Segundo Xavier e colaboradores (2009) outra possibilidade para a utilização de animais transgênicos na área da medicina humana está relacionada à utilização de órgãos dos animais para a realização de xenotransplantes.

Diante da escassez de órgãos humanos para realização de alotransplantes, aquele realizado entre diferentes indivíduos da mesma espécie, cientistas vêm buscando estes métodos alternativos para suprir a demanda, sobretudo porque é elevado o número de pessoas que morrem enquanto aguardam pela realização de transplante, o qual depende, muitas vezes, apenas da disponibilidade do órgão. Porém, o risco de rejeição no caso de xenotransplantes é ainda maior do que nos alotransplantes, havendo inclusive risco de “rejeição aguda” que pode até mesmo destruir o órgão transplantado, o que exige o uso mais intenso de drogas mais pesadas (LUZ, 2010).

O processo de transgenia vem sendo utilizado para a criação de suínos imunocompatíveis com o ser humano, através da técnica de nocaute. A dificuldade está no fato da maior parte das espécies animais dispor de uma enzima, a alfa 1,3 galactosyl transferase, que é responsável pela síntese do epítipo Gal alfa 1-3 beta Gal, comum a numerosas moléculas expressas na superfície das células endoteliais.

Algumas espécies de primatas superiores, entre elas o homem, essa enzima foi extinta no decorrer do processo evolutivo. Assim, os primatas superiores e o homem não expressam esse antígeno. Com isso, sintetizam naturalmente anticorpos contra o epítipo produzido. Isso significa que quando recebem o enxerto de um animal que apresente o epítipo nas células endoteliais, a reação

é imediata. Com o objetivo de resolver essa questão, foi produzida uma linhagem de suínos que não expressa o epítipo Gal em seres humanos, e, atualmente, está sendo testado o transplante de corações, rins e ilhotas do pâncreas desses animais para macacos. Apesar do xenotransplante teoricamente ser capaz de resolver a dificuldade de disponibilidade de órgãos para transplante, é de extrema importância ressaltar que surge uma outra questão, a biossegurança, afinal há o risco de transmissão de patógenos suínos para o ser humano (CASTRO & GLOTZ, 2002; D'APICE & COWAN, 2008).

A utilização de animais de uma mesma ordem zoológica não gera rejeição aguda. Essa foi a razão por que os cientistas preferiram usar primatas nas experiências relatadas. Além disso, há semelhanças anatômicas e funcionais entre as espécies. Ocorre que o uso de primatas traz consigo maiores riscos de transmissão de doenças infecciosas para o receptor (como o Vírus HIV, presente também nos primatas) já que há doenças comuns entre àquela e a espécie humana. Além disso, há dificuldade de criação dos primatas em cativeiro como lentidão na reprodução e outros fatores que dificultam sua adoção em larga escala para fins de transplante. Além disso, ocorrem objeções em decorrência da proximidade filogenética com os seres humanos (URRUELA, 2007).

### **5.3. Animais transgênicos comercializados**

#### **5.3.1. Combate a insetos**

Os mosquitos se enquadram entre os insetos que causam maior impacto à saúde pública mundial. Estima-se que sejam responsáveis pela infecção de 700 milhões de pessoas anualmente. Na maioria dos casos, agem como vetores e, por isso, o controle de doenças como dengue, malária e febre amarela passou a focar em estratégias de combate aos mosquitos transmissores (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

A crescente mortalidade e morbidade, em especial do mosquito transmissor da dengue, Zika vírus e Chicungunya (*Aedes aegypti*) no Brasil tem exigido novas alternativas para o combate desse vetor, tendo a manipulação genética como peça-chave.

A técnica do inseto estéril, denominada SIT (do inglês Sterile Insect Technique) tem sido empregada na agricultura para controle de pragas, ao exemplo da mosca das frutas do Mediterrâneo (*Ceratitis capitata*). Baseia-se na liberação de machos estéreis para suprimir a população nativa das moscas. A criação massiva e liberação de um grande número de insetos machos submetidos a doses de radiação promove a quebra irreparável do material genético tornando o inseto estéril (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

A SIT foi utilizada com êxito em algumas espécies de pragas na agricultura, mas teve menos êxito em outras porque cada espécie de inseto tem uma forma de vida e comportamento particulares. Em geral, a técnica não é efetiva para reduzir altas populações de insetos quando não combinada com outros métodos de controle convencionais, mas pode ser efetiva para reduzir ou erradicar populações menores e isoladas (KLASSEM, 2005).

Foram conduzidos unicamente dois testes de eliminação utilizando a técnica SIT com mosquitos *Aedes aegypti*. Estes testes se realizaram no final da década de 1970, em um vilarejo isolado do Quênia, utilizando machos semi-estéreis (WALLACE, 2013).

Como evolução da SIT, foi desenvolvido o RIDL (do inglês - Release of Insect carrying Dominant Lethal gene), um sistema transgênico que induz a letalidade nos organismos portadores do transgene. Assim, os mosquitos RIDL são produzidos em larga escala e apenas os machos são liberados, como na técnica anterior. Com essas linhagens, há diminuição na quantidade de adultos (fase em que ocorre a transmissão do patógeno) na ausência de um repressor que controla o sistema letal (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

A tecnologia RIDL foi patenteada pela Oxitec. Até agora, todos os experimentos que esta empresa realizou em campo foram com a cepa do mosquito *Aedes aegypti* OX513A, o qual foi geneticamente modificado, contendo tanto um marcador fluorescente vermelho, como RIDL ou o traço “de letalidade condicionada” (WALLACE, 2013).

O objetivo deste experimento é que os mosquitos machos OX513A se cruzem com as fêmeas silvestres e produzam descendência, e que esta descendência morra ainda na fase de larva. Para tanto, espera-se que a liberação de um grande número de machos



transgênicos – maior que a população atual de machos silvestres – com o tempo reduza a população total dos mosquitos adultos, já que muitas das crias transgênicas não sobreviverão à idade adulta (WALLACE, 2013).

Nos testes realizados nas Ilhas Cayman em 2010, a Oxitec mediu os efeitos de liberar aproximadamente três milhões de mosquitos OX513A transgênicos entre as populações locais. A Oxitec manifestou que alcançou com isso uma redução de 80% na população de *Aedes aegypti*. As liberações na fase final do experimento foram bem maiores, o que significa uma proporção de liberação de 20 para 1 (mosquitos transgênicos para mosquitos silvestres), ou mais (OXITEC, 2012).

Esta linhagem atualmente está sob fase de teste de campo no município de Juazeiro no estado da Bahia em cinco localidades, como previsto pela Comissão Técnica de Biossegurança (CTNBio) que autorizou os testes. Em fevereiro de 2011 foi realizada a primeira liberação de mosquito transgênico da América do Sul, no entanto os dados correspondentes ainda não foram publicados (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

### **5.3.2. O salmão transgênico**

Em outra abordagem, com o êxito dos resultados de Brinster e Palmiter (1982), em que após injetarem o gene que controla a síntese do hormônio de crescimento em óvulos de camundongos e alguns destes nascerem com um tamanho maior, a Secretaria de Agricultura dos Estados Unidos passou a apoiar futuras pesquisas na esperança de produzir animais maiores. Foi nesse contexto que a empresa de biotecnologia Biosym surgiu, em 1983, nos EUA, com o objetivo de produzir animais domésticos gigantes. Em 1985, porém, os resultados mostraram-se decepcionantes, porque, embora os transgenes estivessem bem integrados dentro dos cromossomos, eles não funcionavam corretamente (BUEHR *et al.*, 2003).

Experimentos subsequentes realizados em outros países, em que o gene do hormônio de crescimento havia sido transferido para bovinos, suínos e ovinos, também não foram muito bem sucedidos. Por outro lado, os experimentos com os peixes transgênicos portadores do gene que sintetiza o hormônio de crescimento apresentaram melhores resultados (MARTINEZ *et al.*, 1996; PITKANEN *et al.*, 1999).

Os resultados promissores de peixes com transgenia para o hormônio de crescimento apresentou maior êxito em uma espécie particular. Recentemente foi aprovada a comercialização do primeiro animal transgênico para consumo humano, o salmão transgênico AquaAdvantage. Após vinte anos de pesquisa, a empresa americana AquaBounty Technologies conseguiu aprovação pelo FDA (Food and Drug Administration) no dia 19 de novembro de 2015. A decisão marca a primeira vez que um animal geneticamente modificado foi aprovado para entrar no abastecimento de alimentos dos Estados Unidos (FDA, 2015).

Após dez gerações dos animais, a empresa finalmente apresentou dados consistentes para a FDA, a qual anunciou que "o salmão GM AquaAdvantage é tão seguro e nutritivo para consumo como qualquer salmão não- geneticamente modificado do Atlântico, sendo altamente improvável de causar quaisquer efeitos significativos no ambiente." (FDA, 2015).

O salmão transgênico consiste da união de uma espécie selvagem encontrada no Atlântico com genes extras: o gene do hormônio de crescimento da espécie do Pacífico (salmão Chinook) juntamente a um promotor de outra espécie de peixe do oceano (*Zoarces americanus*). Esses genes fazem com que o peixe desenvolva mais rápido, habilitando-o a crescer ao longo de todo o ano ao invés de apenas durante a primavera e o verão (NATURE, 2013). Como resultado, o salmão modificado chega ao tamanho máximo duas vezes mais rápido, isto é, em um período de 16 a 18 meses ao invés de três anos, como mostra a Figura 6 (BLUMENTHAL, 2010).



Figura 6 - Mesma idade, tamanho diferente: em primeiro plano, o salmão sem alteração genética, e atrás, o AquaAdvantage. O transgênico não atinge tamanho maior que o peixe comum, mas chega ao tamanho de mercado em metade do tempo.

Fonte AquaBounty Technologies.

Para o desenvolvimento do salmão transgênico, também denominado “híbrido avançado”, a AquaBounty construiu uma instalação aquícola (viveiro) no Panamá, a fim de evitar a dispersão desse peixe no oceano e, conseqüentemente, o seu contato com o salmão selvagem (NATURE, 2013).

Vale ressaltar que a empresa determinou a formação de peixes triploides, uma medida eficaz usada para prevenir a reprodução entre o salmão AquaAdvantage com o salmão selvagem. A triploidia é induzida nos ovos fertilizados, permitindo a criação de mais de 98% de indivíduos triploides – lembrando que indivíduos triploides não produzem gametas, por isso são estéreis. Ovos diploides são destruídos (UPTON & COWAN, 2015).

Esse produto veio como uma maneira alternativa de restabelecer uma indústria de salmão interno nos EUA no lugar de peixes de aquicultura importados do Chile e da Noruega (BLUMENTHAL, 2010). No entanto, a aceitação do “supersalmão” por parte de produtores de salmão convencional, bem como de alguns comerciantes, ativistas e ambientalistas ainda é baixa.

### 5.3. Referências

ALVES, G. S. A biotecnologia dos transgênicos: precaução é a palavra de ordem. Holos. 2004.

ANDRADE, A.; PINTO, S. C.; OLIVEIRA, R. S. Animais de Laboratório: criação e experimentação. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 388 p. 2002.

BALDASSARRE, H.; HOCKLEY, D. K.; DORÉ, M.; BROCHU, E.; HAKIER, B.; ZHAO, X.; BORDIGNON, V. Lactation performance of transgenic goats expressing recombinant human butyrylcholinesterase in the milk. *Transgen. Res.*, 17: 73-84, 2008.

BEHBOODI, E., AYRES, S. L.; MEMILI, E.; O'COIN, M.; CHEN, L.H.; REGGIO, B.C.; LANDRY, A.M.; GAVIN, W.G.; MEADE, H. M.; GODKE, R. A.; ECHELARD, Y. Health and reproductive profiles of malaria antigen-producing transgenic goats derived by somatic cell nuclear transfer. *Clon. Stem. Cel.*, 7: 107-118, 2005.

BLUMENTHAL, L. Company says FDA is nearing decision on genetically engineered Atlantic salmon. <<http://www.washingtonpost.com/wpdyn/content/article/2010/08/01/AR2010080103305.html>>. Acesso online no dia 03 de abril 2010.

BUEHR, M.; et al. Genetically Modified Laboratory Animals—What Welfare Problems Do They Face? *J. App animal welfare Scie.* v. 6, n. 4, p. 319–338, 2003.

CAPECCHI, M. R. Targeted Gene Replacement. *Sci. Am* v. 270, p. 52–59, 1994.

CASTRO, M.C.R.; GLOTZ, D. Atualização em xenotransplantes. *J. Bras. Nefrol.* v.24, p. 157- 160, 2002.

D'APICE, A. J. F.; Cowan, P. J. Genemodified pigs. *Xenotransplantation*, 15: 87-90. Flachowsky, G., I. Halle and K. Aulrich. 2005. Long term feeding of Bt corn - a 10 generation study with quails, *Arch. Anim. Nutr.*, v. 59, p. 449-451, 2008.

FDA, U.S. Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services. Disponível em: <<http://www.fda.gov/AnimalVeterinary/DevelopmentApprovalProcess/GeneticEngineering/GeneticallyEngineeredAnimals/ucm473238.htm>>. Acesso online no dia 03 de abril 2015.

HUANG, Y.J.; HUANG, Y.; BALDASSARRE, H.; WANG, B.; LAZARIS, A.; LEDUC, M.; et al. Recombinant human butyrylcholinesterase from milk of transgenic animals to protect against organophosphate poisoning. In: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 104: 13603-13608, 2007.

KLASSEN, W. *Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 2005.

LUZ , D. <http://ebooks.pucrs.br/edipucrs/anais/cienciacriminais/III/30.pdf>, 2010.

MAJZOUB, J. A.; MUGLIA, L. J. Knockout Mice. *N Engl J Med*;334:904–7, 1996.

MARTINEZ, R.; et al. Growth enhancement in transgenic tilapia by ectopic expression of tilapia growth hormone. *Mol Biol Mar Biotec.* v. 5, n. 1, p. 62-70, 1996.

NATURE, News in Focus. Transgenic salmon nears approval. doi: 10.1038/ 497017a, v. 497, p. 17, 2013.

OLIVEIRA, S. M.; CARVALHO, D. O.; CAPURRO, M. L. Mosquito transgênico: do paper para a realidade. *Rev Biol.* v. 6B, p. 38-43, 2011.

ORTIZ, L. C. Produção brasileira de camundongos transgênicos favorece a pesquisa. *Cienc. Cult.* [online]. Vol.55, n.3, p. 09-10, 2003.

OXITEC Secures £8 Million Investment to Continue Fight Against Dengue Fever. *PR Newswire*, v.13, 2012.

PEREIRA, L. V. Animais transgênicos – Nova fronteira do saber. *Cienc. Cult.* [online]. v.60, n.2, p. 40-42, 2008. ISSN 2317-6660.

PESQUERO, J. B.; BAPTISTA, H. A.; MOTTA, F. L. T.; OLIVEIRA, S. M. Aplicações dos animais transgênicos. *Scien Amer Brasil*, 56° ed., p. 1-6, 2007.

PITKANEN, T. I.; et al. Transfer of growth hormone (GH) transgenes into Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) I. Growth response to various GH constructs. *Genet Anal Biomol Eng.* v. 15, n.3-5, p. 91-8, 1999.

RUMPF, R.; MELO, E. O. Produção de animais transgênicos: Metodologias e aplicações. EMBRAPA- Recursos Genéticos e Biotecnologia. Outubro, Brasília-DF. 2005.

SALAMONE, D.; L. BARANAO, C.; SANTOS, L.; BUSSMANN, J.; ARTUSO, C.; WERNING, A.; et al. High level expression of bioactive recombinant human growth hormone in the milk of a cloned transgenic cow. *J. Biotechnol.*, v. 124, p. 469-472, 2006.

UPTON, H. F.; COWAN, T. Genetically Engineered Salmon. Congressional Research Service. [www.crs.gov](http://www.crs.gov), 7-5700, R43518.

URRUELA-MORA, A. Transgênese e Direito: Princípio da Responsabilidade e Precaução à Luz do Xenotransplante. In CASABONA, Carlos María Romeo. SÁ, Maria de Fátima Freire de (Coord). *Des Jur da Biotecnologia*, p. 483-484, 2007.

WALLACE, H. Mosquitos geneticamente modificados: Preocupações atuais. TWN Série Biotecnologia & Biossegurança, v. 15. 2013. ISBN: 978-967-5412-99-8.

XAVIER, E. G.; LOPES, D. C. N.; PETERS, M. D. P. Organismos geneticamente modificados. *Arch Zootecnia* vol. 58(R), p. 15-33, 2009.

ZAN, Y.; HAAG, J. D.; CHEN, K. S.; SHEPEL, L. A.; WIGINGTON, D.; WANG, Y-R.; et al. Production of knockout rats using ENU mutagenesis and a yeast-based screening assay. *Nat. Biotechnol.* v. 21, n. 6., p. 645-651, 2003.



# CAPÍTULO 06

## *Transgênicos e impacto na saúde humana*

*Renata Pereira Alves-Balvedi,  
Larissa Pereira Caetano &  
Ana Beatriz A. Moraes*

### **6.1. Introdução**

A discussão recorrente sobre o impacto dos transgênicos na saúde humana é fundamentada, por estatísticas endêmicas, a várias desordens e fisiopatologias na população em países que iniciaram e ainda permanecem o consumo e/ou contato com transgênicos.

Dentre as inúmeras discussões não é possível desconsiderar as possíveis consequências dos transgênicos na saúde humana.

Uma das formas de ser avaliado este impacto, seria pelo viés da utilização de herbicidas não-seletivos em locais de culturas com plantas transgênicas.

### **6.2. Início da utilização de herbicidas em plantações transgênicas e saúde humana**

Glifosato é um herbicida sistêmico, não-seletivo, amplamente aplicado na indústria da agricultura. É o mais utilizado em todo o mundo em combate a plantas infestantes (antigamente denominadas: ervas daninhas) prejudiciais a diversas culturas.

Em 2014 as vendas e produção de glifosato foram mais elevadas entre todos os herbicidas comerciais (MA & LIN, 2008), sendo seu uso aprovado na década de 70 (DILL, *et al.*, 2010).

Como principal componente do Roundup®, herbicida da Monsanto, muitas plantas geneticamente modificadas são resistentes ao glifosato. Nas plantas não modificadas absorvem o glifosato pelas folhas e inibe a enzima 5-enolpiruvoil-shikimato-3-fosfato sintetase



(EPSPS), que sintetiza os aminoácidos, e consequentemente gera a morte da planta (COUTINHO & MAZO, 2005).

Pelo princípio da seletividade e alta eficiência no controle de plantas infestantes, o glifosato passou a ter sua utilização mundial progressiva. Com o surgimento de alterações fisiopatológicas (em peixes, anfíbios e seres humanos), estudos científicos demonstraram que: i. o glifosato por apresentar-se como um aminofosfonato, análogo ao aminoácido natural glicina, esse é capaz de ocupar o lugar desta na síntese proteica; e ii. que também inibe a enzima Acetilcolinesterase na membrana pós sináptica, influenciando na sinapse química.

O alerta sobre a biotecnologia nos transgênicos não é novidade, mas os resultados alarmantes de pesquisas que correlacionam o aparecimento de novas e mais frequentes alterações fisiológicas nos remeta por alerta vermelho. Estas descobertas repercutiram em ações internacionais contra o uso do glifosato (GLASS, 1984; GLUSCZAK, 2006).

Em setembro de 2013, a Assembleia Legislativa de El Salvador divulgou uma legislação para banir 53 agrotóxicos, incluindo glifosato, devendo ser lei em 2015 (Centralamericadata, 2013).

Em abril de 2014, o legislador dos Países Baixos aplicou a lei que proíbe a venda de glifosato para uso doméstico/residencial, porém foi observado que as vendas, em valores totais, não foram afetadas (Sustainable Pulse, 2014), demonstrando que a sua utilização é no uso de grandes lavouras.

Em maio de 2015, o presidente do Sri Lanka proibiu o uso e a importação de glifosato (Colombo Page, 2015); e também Bermuda emitiu uma suspensão temporária a importação de todos os pedidos de herbicidas à base de glifosato, como uma medida cautelar aguardando resultados de pesquisa (Sarina Locke, 2015).

A Colômbia anunciou que iria parar de usar o glifosato, até outubro de 2015, na destruição de plantações ilegais de coca, matéria-prima para a cocaína (Health Minister, 2015).

Estas ações serão provavelmente mantidas em virtude de estudos comprobatórios que relataram riscos a saúde. Quando o glifosato é ingerido, por um longo período de tempo, seja pela água

e/ou alimentos é possível que exista interferência no sistema nervoso central correlacionado ao surgimento de autismo, cardiorespiratório, renal, além de promover disfunções neuromusculares e carcinogênicas (MIT a,b, 2016; CHASTE & LEBOYER, 2012; WEINTRAUB, 2011; WESTMARK, 2014; BBC News, 2015; OMS, 2015] que podem mesmo conduzir à morte.

Análises toxicológicas sugerem que outros produtos combinados com o glifosato nas formulações comerciais podem ter maior toxicidade do que o glifosato propriamente dito (BRADBERRY *et al.*, 2004).

### 6.3. Benefícios dos transgênicos

A síntese de medicamentos, enzimas, reagentes e vários produtos fabricados a partir de microrganismos transgênicos em ambiente confinado é uma realidade do século XX.

A partir do momento que houve a seleção de microrganismos e os deixarem a disposição, em laboratórios ou fábricas, foi possível a produção em massa de alguns produtos.

A Engenharia Genética (EG) proporcionou avanços na área médica e na indústria farmacêutica, com a criação da Tecnologia do DNA recombinante (DNA formado pela união de genes de organismos diferentes, resultando da combinação de diferentes sequências de DNAs).

O primeiro produto, com ação medicamentosa, mais conhecido e produzido por transgênicos é a insulina artificial, obtida através da bactéria *Escherichia coli*, geneticamente modificada e capaz de sintetizar o hormônio.

A insulina é o principal meio utilizado no tratamento do Diabetes Mellitus (DM), uma doença crônica que ocorre quando o pâncreas não produz insulina suficiente ou quando o corpo não utiliza eficazmente a insulina produzida pela invaginação ou destruição dos receptores de insulina nos tecidos alvo. Com a adequação da tecnologia da EG a insulina artificial pode ser produzida em menor tempo e em maior escala, beneficiando os portadores do DM, para que dessa forma possam levar uma vida normal (LOPES *et al.*, 2012)

O cuidado da distribuição é que o consumidor além de

receber uma substância química purificada e analisada, também não tem contato com o ser vivo transgênico.

## **6.4. Real justificativa**

Qual seria a real justificativa para a utilização dos transgênicos? Um dos discursos que não hesitam em defender os benefícios desta ciência para a sociedade, afirmada que: “Situação dramática, em muitas regiões em desenvolvimento, é a existência da fome, e melhores vegetais ou animais podem ajudar a atenuá-la, por meio da diminuição de preço e aprimoramento da qualidade destes alimentos”.

Diferente deste discurso na Europa é sugestionado que alguns fazendeiros até recebem auxílio financeiro para não produzir transgênicos. A ação é reação ao alerta difundido sobre os riscos à saúde humana que podem existir quando se consome alimentos transgênicos. Mesmo a fome sendo um mal conhecido não há omissão, compromisso e responsabilidade das empresas nanobiotecnológicas (AMATO NETO & PASTERNAK, 2016).

## **6.5. Reais Alterações Fisiológicas**

Na medicina, as alterações fisiológicas mais evidenciadas e consequentemente consideradas como efeitos diretos ou indiretos dos transgênicos podem ser listadas abaixo.

### ***6.5.1. Aumento das alergias***

Quando a EG insere um gene de um ser em outro, novos compostos podem ser formados como proteínas e aminoácidos. Se este OGM for um alimento o seu consumo pode provocar alergias em parcelas significativas da população, por causa dessas novas substâncias.

No Instituto de Nutrição de York, Inglaterra, em 1999, uma pesquisa constatou o aumento de 50% nas pessoas avaliadas alergia aos produtos à base de soja, afirmando que o resultado poderia ser atribuído ao consumo de soja geneticamente modificada (SILVA e MOREIRA, D.A. 2014).

Nos Estados Unidos estudos evidenciaram numerosas reações alérgicas em pessoas que impediram a comercialização de uma soja que possuía gene de castanha-do-pará (que é um famoso alergênico) (VIEIRA & VIEIRA JÚNIOR, 2005; PEREIRA *et al.*, 2008).

### **6.5.2. Aumento de resistência aos antibióticos**

Para se certificar de que a modificação genética "deram certo", os cientistas inserem genes (chamados marcadores) de bactérias resistentes a antibióticos. Esta ação pode provocar o aumento da resistência a antibióticos nos seres humanos que ingerem esses alimentos ou água. Em outras palavras, pode reduzir ou anular a eficácia dos remédios à base de antibióticos, o que é uma séria ameaça à saúde pública (BAQUERO, 2008).

### **6.5.3. Aumento das substâncias tóxicas**

Existem plantas que possuem substâncias tóxicas para se defender de seus inimigos naturais como os insetos. Na maioria das vezes, estas substâncias não fazem mal ao ser humano, no entanto, se o gene dessas plantas for inserido num alimento, é possível que o nível dessas toxinas aumente muito, causando consequências incalculáveis às pessoas.

Infelizmente, isto já foi constatado com o milho transgênico Bt. Este produto pode matar lagartas de uma espécie específica de borboleta, a borboleta monarca, que é um agente polinizador e gera impactos ambientais irreversíveis. Impactos à saúde humana quanto a toxicidade das substâncias inseridas intencionalmente nas plantas foi avaliada adequadamente. Situação inaceitável uma vez que outras substâncias estão incorporadas nos alimentos e também a sua segurança não são avaliados como corantes ou medicamentos.

Após a Revolução Verde além da utilização de herbicidas, o controle de pragas passou a ser realizado com base em inseticidas químicos que intrinsicamente podem ter colaborado com as consequências colaterais negativas em termos de toxicidade ao homem, dos animais e ao meio-ambiente em geral (LOGUERCIO *et al.*, 2002; SEARS *et al.*, 2001).

#### **6.5.4. Maior quantidade de resíduos de agrotóxicos**

Com a inserção de genes de resistência a agrotóxicos em certos produtos transgênicos, as pragas e as ervas-daninhas também poderão ser selecionadas e termos espécies resistentes, tornando-se "super-pragas" e "super-ervas".

Por exemplo, a soja "Roundup Ready" tem como característica genética artificialmente, induzida por EG, a propriedade de resistir à aplicação do herbicida "Roundup" (glifosato). Com o uso contínuo, é observada a necessidade de aplicação em maiores quantidades de produtos nas plantações, o que representa maior quantidade de resíduos tóxicos nos alimentos aos consumidores. Os produtos consumidos que passam somente pela higienização caseira ainda apresentam resíduos e assim há ingestão.

#### **6.5.5. Reduzem a capacidade de fertilidade**

Um estudo realizado pela Food Technology Department, Suez Canal University, Egypt demonstrou que ratos que ingeriram alimentos expostos aos herbicidas apresentaram a capacidade de fertilidade reduzida. O alimento utilizado no experimento foi milho modificado geneticamente comparado ao milho natural (SHALTOUT *et al.*, 2014).

#### **6.5.6. Carcinogênico**

Ao longo destes anos a pesquisa para estabelecer os riscos do consumo de alimentos transgênicos para a saúde levaram aos pesquisadores a focarem na suspeita e investigação que estes alimentos podem ter na aparição de doenças como o câncer.

Um estudo polêmico publicou resultados afirmando que ratos alimentados com alimentos transgênicos morriam antes do previsto e sofriam com o aparecimento de massas cancerosas com frequência maior do que os outros animais que não se alimentaram com este milho. Os resultados apontavam valores de duas a três vezes maior entre as fêmeas e de duas a três vezes mais tumores nos ratos tratados (machos e fêmeas) (Gilles-Eric Seralini, 2012). Em seguida o estudo foi acusado de fraude e a revista o removeu de seu escopo (Elsevier, 2013).

Outros estudos até hoje não conseguiram correlacionar com comprovação científica a correlação direta entre alimentos transgênicos e possível ação teratogênica ou carcinogênica.

## 6.6. Empresas

Quanto à exigência da prova de que produtos transgênicos não fazem mal à saúde, é preciso recordar que estudos positivos são fáceis de serem feitos, enquanto os negativos são difíceis de elaborar, excessivamente dispendiosos e demorados.

Para se ter uma ideia tomemos o exemplo dos testes realizados com a carne vermelha. Os epidemiologistas da Universidade de Harvard (2012) afirmaram que um estudo programado para definir se a ingestão de carne vermelha aumentaria a incidência de ataques cardíacos deveria envolver pelo menos 100 mil consumidores de carne e um número equivalente de abstinentes (grupo controle). Assim, pelos dados numéricos é concretizado a impossibilidade da realização do estudo.

## 6.7. Animais

Os transgênicos estão sendo utilizados de forma indiscriminada também na alimentação animal. Pastores afirmam que 25% de suas ovelhas morreram ao comerem plantas de algodão Bt (cerca de 10 mil ovelhas mortas), e outros afirmam que vacas, búfalos, galinhas e cavalos também morreram após comer plantações transgênicas.

Dezenas de agricultores relataram que variedades transgênicas de milho disponibilizada e consumida por seus porcos e vacas causaram esterilidade. Agricultores filipinos, em pelo menos cinco vilarejos, ficaram doentes quando o milho Bt de plantações vizinhas estava polinizando, e centenas de trabalhadores na Índia relataram reações alérgicas ao manusear algodão Bt.

Já se encontra indústrias que assumiram um rigoroso controle de matéria-prima para impedir a contaminação transgênica e adotaram o selo de ausência de transgênicos em seus produtos (Greenpeace).

ANEXO: [http://www.greenpeace.org.br/transgenicos/pdf/principio\\_precaucao.pdf](http://www.greenpeace.org.br/transgenicos/pdf/principio_precaucao.pdf)

## 6.8. Referências

ABDO, E.M.; BARBARY,O.M.; SHALTOUT, O.E. Feeding Study with Bt Corn (MON810: Ajeeb YG) on Rats: Biochemical Analysis and Liver Histopathology. *Food and Nutrition Sciences*, n.5, p.185-195, 2014.

AMATO NETO, V.; PASTERNAK, J. Os transgênicos e a saúde ANBio- Associação Nacional de Biossegurança. <<http://www.anbio.org.br/site/index.php>>. Acesso em 02/02/2016.

BAQUERO, F.; J. L.; Cantón, R. Antibiotics and antibiotic resistance in water environments. *Current Opinion in Biotechnology*. V. 19, n. 3, p. 260–265, 2008.

BRADBERRY, S. M.; PROUDFOOT, A. T.; VALE, J. A. "Glyphosate poisoning". *Toxicol Rev* vol. 23, n. 3, p. 159–167, 2004.

Centralamericadata.com. November 27, 2013 El Salvador: Confirmation to Be Given on Ban of Agrochemicals. <http://www.centralamericadata.com/en/tsearch?q=pesticide>. Acesso em 13/03/2016.

CHASTE, P.; LEBOYER, M. Autism risk factors: genes, environment, e gene-environment interactions. *Dialogues Clin Neurosci*. n. 14(3), p. 281–292, 2012.

Colombia to ban coca spraying herbicide glyphosate". BBC News. <[www.bbc.co.uk/news/world-latin-america-32677411](http://www.bbc.co.uk/news/world-latin-america-32677411)>. Acesso em 10 de maio de 2015.

Colombo Page. May 22, 2015 Sri Lankan President orders to ban import of glyphosate with immediate effect. <[http://www.colombopage.com/archive\\_15B/May22\\_1432308620CH.php](http://www.colombopage.com/archive_15B/May22_1432308620CH.php)>. Acesso em 03/03/2016.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: revisão. *Quim. Nova*, n. 28(6), p. 1038-1045, 2005.

DILL, G. M.; SAMMONS, R. D.; FENG, P. C.; KOHN, F.; KRETZMER, K.; MEHRSHEIKH, A.; BLEEKE, M.; HONEGGER, J. L.; FARMER, D.; WRIGHT, D.; HAUPFEAR, E. A. Glyphosate: Discovery, Development, Applications and Properties. *Nandula VK*. n. 1, p. 1-33, 2010.

Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/transg-nicos-s-o-inseguros-e1>>. Acesso em 20/03/2016.

Disponível em: <<http://www.health.harvard.edu/staying-healthy/cutting-red-meat-for-a-longer-life>> . Acesso em 20/03/2016.

Disponível em: <<https://www.elsevier.com/about/press-releases/research-and-journals/elsevier-announces-article-retraction-from-journal-food-and-chemical-toxicology>>. Acesso em 20/03/2016.

French minister asks shops to stop selling Monsanto Roundup weedkiller.

GLASS, R. L. Metal complex formation by glyphosate. *J Agric Food Chem* n. 32, p. 1249-1253, 1984.

GLUSCZAK, L.; MIRON, D. D. S.; CRESTANI, M. M.; DA FONSECA, B.; PEDRON, F. D. A.; DUARTE, M. F.; VIEIRA, V. U. P. Effect of Glyphosate Herbicide on Acetylcholinesterase Activity eMetabolic eHematological Parameters in Piava (*Leporinus Obtusidens*). *Ecotoxicology Environmental Safety*. n. 65(2), p. 237-241, 2006.

Health Minister: importation of roundup weed spray suspended. Bermuda Today. 11 May 2015. <<http://naturalsociety.com/bermuda-suspends-glyphosate-ridden-roundup-indefinitely>>. Acesso em 03/03/2016.



LOGUERCIO, L. L.; CARNEIRO, N. P.; CARNEIRO, A. A. *Biotecnologia Clínica & Desenvolvimento* n. 24, p. 46-52, 2002

LOPES, D. S. A.; PESSOA, M. H. N.; SANTOS, R. S.; BARBOSA, M. S. A produção de insulina artificial através da tecnologia do DNA recombinante para o tratamento de diabetes mellitus. vol.10, n. 1, p. 243-245, 2012.

MA, W. M.; LIN, X. H. Research progress on the detection method of glyphosate eaminomethylphosphonic acid residues. *Agrochem.* n. 47, v. 8, p. 554-557, 2008.

MITa Scientist Exposes Consequence of Monsanto's Glyphosate & Aluminum Cocktail <<http://naturalsociety.com/dr-stephanie-seneff-mit-scientist-explains-synergistic-effect-aluminum-glyphosate-poisoning-cause-skyrocketing-autism>>. Acesso em 19/03/16

MITb Researcher's New Warning: At Today's rate, half of all U.S. children will be autistic by 2025, <<http://www.anh-usa.org/half-of-all-children-will-be-autistic-by-2025-warns-senior-research-scientist-at-mit/>>. Acesso em 19/03/16

Monsanto: Deutsche Unternehmen stoppen Glyphosat-Verkauf <http://deutsche-wirtschafts-nachrichten.de/2015/06/12/monsanto-deutsche-unternehmen-stoppen-glyphosat-verkauf/> acesso em 19/03/2016.

OMS (Organização Mundial da Saúde)<[www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com) >, Acesso em 30 de março de 2015.

PEREIRA, A.C.S.; MOURA, S. M.; CONSTANT, P. B. L. Alergia alimentar: sistema imunológico e principais alimentos envolvidos *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, Londrina, v. 29, n. 2, p. 189-200, 2008.

Sarina Locke for the Australian Broadcasting Corporation. Updated May 27, 2015 Toxicologist critical of 'dodgy science' in glyphosate bans. <<http://www.abc.net.au/news/2015-05-27/toxicologist-worries-glyphosate-ban-based-on-bad-science/6500720>> . Acesso em 19/03/2016.

SEARS, M.K.; HELLMICH, R.L.; STAN-LEY-HORN, D.E.; OBERHAUSER, K.S.; PLEASANTS, J.M.; MATTILA, H.R.; SIEGFRIED, B.D.; DIVELY, G.P. Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proceedings of the National Academy of Science, USA*, v.98, p.11937-11942, 2001.

SILVA, N. V. A.; MOREIRA, D. A. 2014. Organismos Geneticamente Modificados e o Princípio da Precaução: Estudo de Casos da CTNBio. Monografia apresentada ao Departamento de Direito da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) para a obtenção do Título de Bacharel em Direito.

Sustainable Pulse. Apr 4 2014 Dutch Parliament Bans Glyphosate Herbicides for Non-Commercial Use. <<http://sustainablepulse.com/2014/04/04/dutch-parliament-bans-glyphosate-herbicides-non-commercial-use>>. Acesso em 13/03/2016.

VIEIRA, A. C. P.; VIEIRA JÚNIOR, P. A. Direito dos consumidores e produtos transgênicos: uma questão polêmica para a bioética e o biodireito. Curitiba: Juruá, XXXXXX, 2005.

WEINTRAUB, K. The prevalence puzzle: autism counts. *Nature*. n.479, p.22–24, 2011.

WESTMARK, C. J. Soy Infant Formula e Seizures in Children with Autism: A Retrospective Study. *PLOS ONE*. Vol. 9, n. 3, p. e80488, 2014.



# CAPITULO 07

## *Transgênicos e ecossistema*

*Renata Pereira Alves- Balvedi,  
Ana Beatriz A. Moraes &  
Natália Luiza A. Moraes*

### **7.1. Introdução**

Parte-se do princípio o uso da transgenia com microrganismos, o uso confinado, não representa um perigo ao meio ambiente. Porém, muito diferente é a ideia de usar plantas alimentícias para a fabricação de medicamentos ao ar livre. Uma vez que existe um enorme perigo que as plantas transgênicas cruzem com suas primas selvagens e, por possuírem dentro de si genes de outros organismos que lhes confere maior resistência, eliminem por competição (processo de seleção natural), outras plantas, acarretando assim numa perda de biodiversidade (MALAJOVICH, 2011).

Isto é extremamente factível de ocorrer nos chamados “centros de origem”, ou seja, nos locais em que as plantas se originaram. Um bom exemplo é o que pode ocorrer com o milho oriundo da América Central, onde há pelo menos 300 espécies diferentes, que poderiam ser extintas em virtude desta “poluição genética” (GREENPEACE BRIEFING, 1999).

### **7.2. Ecossistemas**

Os transgênicos podem afetar os ecossistemas na medida em que, junto com as pragas (plantas infestantes ou ervas daninhas) que buscam eliminar, também prejudicam populações benéficas à agricultura, como abelhas, pássaros, minhocas e outros animais ou espécies de plantas. Entomologistas (estudiosos de insetos) da Universidade de Cornell, EUA, mostraram que o pólen de milho transgênico mata as famosas borboletas monarca, que não prejudicam tais plantações (CORNELL & CHRONICLE, 1999).

Os microrganismos solubilizadores de fosfatos (MSF) inorgânicos desempenham importante papel no suprimento de fósforo

(P) às plantas e seu uso como inoculante comercial ou no manejo de suas populações. Há estudos sobre a população de MSF de cálcio na rizosfera de milho transgênico e crioulo, cultivados em solos de diferentes agroecossistemas. E os resultados apresentaram que as plantas de milho tiveram um maior crescimento em solo coletado de área sob o manejo agroecológico, sendo detectada maior densidade de bactérias do que de fungos na rizosfera de ambos os híbridos de milho, cultivados em solos de distintos agroecossistemas. Tal fato demonstra que o meio interfere nas plantas (SOUCHIE *et al.*, 2014).

Os impactos ambientais mais graves causados pelo cultivo de transgênicos são: a diminuição da biodiversidade; a contaminação genética (cruzamento de OGMs com plantas convencionais); o surgimento de superpragas ou super plantas daninhas (resistentes a herbicidas), o desaparecimento de espécies e o aumento da utilização de herbicidas (NODARI & GUERRA, 2001; MMA, 2016).

O Greenpeace e etnólogos da Universidade de Exeter (cidade de Exeter, no sudoeste da Inglaterra) também fizeram um levantamento de outras dezenas de espécies de borboletas e besouros que podem se expuser aos efeitos tóxicos do milho Bt (*Bacillus thuringiensis*) desenvolvido por todas as multinacionais do ramo (COTTER, 2006).

Outra consequência negativa possível é que o uso intensivo de antibióticos e defensivos agrícolas (Greenpeace Briefing 05/99), resultante desta tecnologia, torne as pragas, bactérias e vírus mais resistentes a essas substâncias. Uma vez estes organismos resistentes introduzidos no meio ambiente, seus danos são irreversíveis porque será impossível controlar ou remove-los.

Processos convencionais de cruzamentos promovem que espécies diferentes não se cruzam entre si. Com as técnicas transgênicas é possível que materiais genéticos de espécies divergentes possam ser incorporados por uma ou outra espécie de modo eficaz. O organismo transgênico apresenta características impossíveis de serem obtidas por técnicas de cruzamento tradicionais.

Por exemplo, genes produtores de insulina humana podem ser transfetados em bactérias *Escherichia coli*. Essa bactéria passa a produzir grandes quantidades de insulina humana que pode ser utilizada para fins medicinais (RIGGS *et al.*, 1979).

A resistência aos defensivos agrícolas pode levar ao aumento das doses desses produtos nas plantações. (ECODEBATE, 2016).

As pragas que se alimentam da planta transgênica também podem adquirir resistência ao produto. Para combatê-las seriam usadas doses ainda maiores, provocando uma reação em cadeia desastrosa para o meio ambiente (maior quantidade de poluição nos rios e solos) e para a saúde dos consumidores (BODANESE-ZANETTINI, 2003).

Uma vez introduzida uma planta transgênica é irreversível, pois a propagação da mesma é incontrolável e não se pode prever as alterações no ecossistema que isso pode acarretar (CARDOSO, 2007).

### **7.3. Melhoramentos de plantas**

Atualmente as técnicas de utilização de transgenes vêm sendo amplamente difundidas. Assim, um número crescente de plantas tolerantes a herbicidas e à determinadas pragas tem sido encontradas. O problema é que as plantas transgênicas são iguais aos alimentos naturais, o que é injusto, pois o consumidor não sabe que tipo de alimento está consumindo (GREENPEACE, 2016).

Uma nova variedade de algodão, por exemplo, foi desenvolvida a partir da utilização de um gene oriundo da bactéria *Bacillus thuringensis*, que produz uma proteína extremamente tóxica a certos insetos e vermes, mas não a animais e ao homem. Essa planta transgênica ajudou na redução do uso de pesticidas na produção de algodão (FUCHS *et al.*, 2000).

Tecnologias com uso de transgenes vêm sendo utilizadas também para alterar importantes características agrônomicas das plantas: o valor nutricional, teor de óleo e até mesmo o fotoperíodo (número de horas mínimo que uma planta deve estar em contato com a luz para florescer) (IECJ, 2016).

### **7.4. Utilidade dos produtos transgênicos**

Com técnicas similares àquela da produção de insulina humana em bactérias (citado no capítulo 6), muitos produtos com utilidade biofarmacêutica que pode ser produzido em animais e plantas transgênicas.

Por exemplo, pesquisadores desenvolveram vacas e ovelhas que produzem quantidade considerável de medicamentos em seus leites. O custo dessas drogas é muito menor do que os produzidos pelas técnicas convencionais. Porém, um milho transgênico, que seria utilizado na produção de anticoncepcional, “contaminando” o milho convencional por polinização e o milho resultante chegando até ao prato de milhares de pessoas poderia entrar na cadeia alimentar humana (IECJ, 2016).

A tecnologia transgênica é também uma extensão das práticas agrícolas utilizadas há séculos. Programas de cruzamentos clássicos visando à obtenção de uma espécie melhorada sempre foram praticados. Em outras palavras, a partir de uma espécie vegetal qualquer e realizando o cruzamento entre um grupo de indivíduos, obteremos a prole chamada de F1. Dentre os indivíduos da prole, escolheremos os melhores que serão cruzados entre si, originando a prole F2. Sucessivos cruzamentos a partir dos melhores indivíduos obtidos em cada prole serão feitos, como Gregor Mendel iniciou há exatos 150 anos (1866).

A obtenção de indivíduos melhorados vem sendo amplamente auxiliada pelas modernas técnicas de biologia molecular. As espécies são melhoradas com maior especificidade, maior rapidez e flexibilidade, além de um menor custo, mas ainda não se pode afirmar quais as consequências que podem recorrer no organismo humano, animal e no meio ambiente ao longo do tempo.

Hoje existem duas tecnologias diferentes que representam quase a totalidade da área de transgênicos plantados no mundo: os transgênicos criados para produzir uma toxina que substitui os inseticidas, chamadas de “plantas inseticidas” (CORREA & SALGADO, 2011); e os transgênicos criados para serem resistentes aos herbicidas, um tipo de agrotóxicos que mata as ervas daninhas (mato) (LOURENÇÃO *et al.*, 2002; 2007).

A soja transgênica “Roundup Ready” pertence à classe das plantas com resistência aos herbicidas. Roundup é o nome comercial do herbicida glifosato (site). Assim, o nome da planta modificada geneticamente significa “pronta para o Roundup”. Em 2002, havia formulários sobre o seu seguro (site da Monsanto). Em 2003, os cultivos com resistência aos herbicidas representaram 73% da

área plantada com transgênicos no mundo todo. A avaliação feita ao longo dos nove primeiros anos de cultivos dos transgênicos nos EUA mostra que nos três primeiros anos do cultivo de plantas com resistência aos herbicidas, houve uma redução na quantidade usada na agricultura daquele país. Entretanto, do sexto ano em diante a quantidade de agrotóxicos usada nas lavouras transgênicas aumentou assustadoramente. Isso aconteceu principalmente devido ao surgimento das “superpragas” (PRIMICERIO *et al.*, 2014).

## 7.5. Riscos para o Meio Ambiente

Os perigos que os transgênicos podem oferecer ao meio ambiente são muitos, os resultados da utilização de transgênicos ainda são imprevisíveis, podendo ser incontroláveis e desnecessários.

Entre as possíveis consequências dos transgênicos, os cientistas preveem o empobrecimento da biodiversidade, o que pode interferir negativamente no equilíbrio ecológico e na segurança alimentar (VESPERMANN *et al.*, 2009; VITALE, 2012).

Pensar em patentear plantas, animais ou genes não poderia sequer ser considerado há alguns anos. Hoje, com a patente sobre a vida, o produtor tem que pagar “royalties” pelas plantas patenteadas e as sementes que produzem por todas as gerações futuras. Isso é uma ameaça à segurança alimentar e à biodiversidade.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA): “Neste contexto, os Estudos de Impacto Ambiental têm duas características importantes. De um lado, permitem que a análise de risco tenha um caráter técnico-científico e de outro, promovem o avanço no conhecimento. Consequentemente, o cumprimento da legislação se constitui em promotor de pesquisas e de conhecimento, nunca em uma proibição”.

Sabemos que as consequências nocivas de novas tecnologias muitas vezes só poderão ser percebidas após muitos anos. Assim, devemos ficar atentos aos sinais de alterações fisiológicas e comportamentais que possam sinalizar as consequências de intervenção ambiental.



## 7.6. Referências

BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. Interaction between resistant tomato genotypes and plant extracts on *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B. *Sci. agric.* v.64, n.5, p. 1-6, 2007.

BETZ, F. S.; HAMMOND, B. G.; FUCHS, R. L. Safety and Advantages of *Bacillus thuringiensis*-Protected Plants to Control Insect Pests. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* v.32, p.156–173, 2000.

BOBROWSKI, V. L.; FIUZA;L. M.; PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINIIV, M. H. *Bacillus thuringiensis* genes: an approach to confer insect resistance to plants. *Cienc. Rural* v.33, n.5, p. 1-8, 2003.

BØHNA, T.; CUHRA, M.; TRAAVIKA, T.; SANDENC, M.; FAGAND, J.; PRIMICERIO, R. Compositional differences in soybeans on the market: Glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans. *Food Chemistry* v. 153, n.15, p. 207–215, 2014.

CARDOSO, S. H. M. Transgênicos e o Meio Ambiente. <<http://www.unisaesiano.edu.br/encontro2007/trabalho/aceitos/PO33531807889.pdf>>. Acesso em 24/03/2016.

CORREA, J. C. R & SALGADO, H. R. N. Insecticidal activities of plants and applications: a review. *Rev. bras. plantas med.* v.13, n.4, p. 1-7, 2011.

Cotter, J. GE insect resistant (Bt) maize in Europe: an unnecessary threat to wildlife and GE-free choice. reenpeace Research Laboratories, Department of Biological Sciences, University of Exeter, Exeter EX4 4PS, UK.

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/quem-%C3%A9-quem/item/7511-riscos>>. Acesso em 24/03/2016. Antibiotic Resistance in Genetically Modified Plants in Greenpeace Briefing 05/99

Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/O-que-fazemos/Transgenicos/> Acesso em 23/03/2016.

DUARTE,G.M.; CERIBELI, M.G.A.; CARDOSO, A.M.; DORNELLES, M.S.; SOUCHIE, E.L. População de microrganismos solubilizadores de fosfato de cálcio na rizosfera de milho transgênico e crioulo, cultivados com solo de agroecossistemas em urutaí, GO. *Bios J.* v.9, n.3, 2014.

GOEDDEL, D. V.; KLEID, D. G.; BOLIVAR,F.; HEYNEKER, H. L.; YANSURA, D. G.; CREA, R.; HIROSE, T.; KRASZEWSKI, A.; ITAKURA, K.; RIGGS, A. D. Expression in *Escherichia coli* of chemically synthesized genes for human insulin. *PNAS.* v. 76 n. 1, 106–110, 1979.

MALAJOVICH, M.A. Biotecnologia 2011. Ed. Axcell Books do Brasil, Rio de Janeiro, RJ.Environmental Impacts of GMOs in Greenpeace Briefing 05/99

MENDEL, G. J. Experiments In Plant Hybridization. Versuche über Pflanzhybriden. Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. IV für das Jahr 1865, Abhandlungen, p. 3–47. 1866.

Ministério do Meio Ambiente (MMA) [www.mma.gov.br/quem-é-quem/item/7511-riscos](http://www.mma.gov.br/quem-é-quem/item/7511-riscos) Disponível em: <<http://www.news.cornell.edu/stories/1999/04/toxic-pollen-bt-corn-can-kill-monarch-butterflies>>. Acesso em 24/03/2016.

MIRAGLIA, M.; MARVINB, H. J. P. ; KLETERB, G. A.; BATTILANIC, P.; BRERAA, C.; CONIA, E. ; CUBADDAA, F.; CROCIA, L.; DE SANTISA, B.; DEKKERSD, S.; FILIPPIC, L.; HUTJESE, R.W.A.; NOORDAMB, M.Y.; PISANTEF, M.; PIVAC, G.; PRANDINIC, A.; TOTIA, L.; VAN DEN BORNG, G.J.; VESPERMANN, A.. Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe. *Food and Chemical Toxicology.* v. 47, n. 5, p. 1009–1021, 2009.

NAIME, R. Agrotóxicos, transgênicos e o princípio da precaução. in Portal EcoDebate, ISSN 2446-9394.

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P. Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas. Cadernos de Ciência e Tecnologia, v.18, n.1, p.81-116, 2001.

Safety Assessment of Roundup Ready Corn Event NK603. <[http://www.monsanto.com/products/documents/safety-summaries/corn\\_pss\\_nk603.pdf](http://www.monsanto.com/products/documents/safety-summaries/corn_pss_nk603.pdf)>

Tecnologia do DNA Recombinante e Transgênicos. <<http://www.iecj.com.br/ckfinder/userfiles/files/Tecnologia%20do%20DNA%20recombinante%20e%20Transgenicos.pdf>>. Acesso em 22/02/2016.

VALLE G. E. & LOURENÇÃO, A. L. Resistência de Genótipos de Soja a *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotrop. Entomol.* v.31, n.2, 1-11, 2002.

VITALE, K. Environmental and Food Safety and Security for South-East Europe and Ukraine. 2012. ISBN 978-94-007-2953-7

# CAPÍTULO 08

## *Transgênicos e legislação*

*Ana Beatriz A. Moraes,  
Kellen Cristina T. Costa &  
Natália Luiza A. Moraes*

### **8.1. Transgênicos e a legislação brasileira**

Embora os produtos transgênicos ocupem cada vez mais espaço na vida dos consumidores, são indiscutíveis os riscos que liberações demasiadas dos produtos transgênicos, sem efetiva pesquisa e legislação, poderiam causar (VIEIRA, 2006).

No Brasil, foi criada em 1995 a lei de número 8.974, também conhecida como lei da biossegurança, que estabelece normas para o uso de técnicas de engenharia genética e normatiza a liberação no meio ambiente de Organismos Geneticamente Modificados. A partir desta, o Decreto 1752/1995, criou a CTNBio, cuja comissão tem elaborado instruções normativas e analisado projetos que propõe a experimentação dos produtos transgênicos.

Essas normativas alargam a necessidade cada vez maior de respostas sobre como e porque estes produtos devem ter uma minuciosa avaliação antes da efetiva liberação e produção (NODARI, 2007).

A CTNBio é vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia e têm em sua composição membros entre titulares e suplentes de instâncias multidisciplinares, de notório conhecimento científico e técnico no segmento de Biotecnologia. Envolve profissionais com experiência em plantas, animais, áreas da saúde e meio ambiente, além de um ministério das relações exteriores. Deve regulamentar e normatizar técnicas de segurança e pareceres técnicos referentes à proteção da saúde humana, dos organismos vivos e do meio ambiente em quaisquer atividades que envolvam as etapas de produção de um produto transgênico, desde a construção e manipulação até a liberação e descarte dos organismos geneticamente modificados (VICTORINO, 2004; BOSETTI, 2012).

A lei brasileira 11.105/2005 libera o registro e comercialização de produtos transgênicos que já tenham obtido autorização técnica da CNTBio até a entrada em vigor desta lei e também regulamenta a necessidade das informações dos rótulos destes produtos. Cria também, comissões internas de Biossegurança (CIBio) que devem ficar responsáveis pelos pareceres técnicos e acompanhar os projetos científicos que envolvam organismos geneticamente modificados em todas as etapas (MACHADO, 2007).

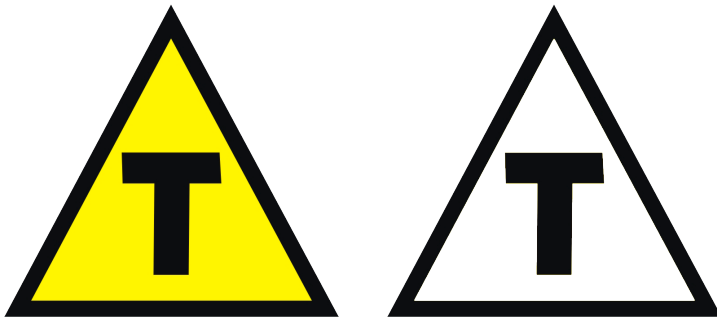
A pesquisa e comercialização dos transgênicos caberão também aos órgãos e entidades de registro e fiscalização do Ministério da Saúde, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, do Ministério do Meio Ambiente, e da Secretaria especial da Aquicultura e Pesca da República entre outras atribuições em suas competências observadas as decisões da CNTBio. Essa lei também instituiu a criação do Conselho Nacional de Biossegurança, CNBS, que visa analisar, a pedido da CNTBio, aspectos da conveniência e oportunidade socioeconômica de interesse nacional, como os pedidos de liberação para uso comercial de OGM e seus derivados (BRASIL, 2003; SCHOLZE, 2001).

Sob o aspecto do consumidor esses procedimentos garantirão que, ao serem colocados no mercado, os produtos transgênicos tenham tamanha característica de segurança, toxicidade e eficácia como são exigidos aos produtos convencionais já no mercado há mais tempo (NODARI, 2003).

Todas estas normativas visam garantir o uso de transgênicos de forma segura em diferentes âmbitos. No caso dos alimentos, é mais fácil a observação prática da atuação destas normativas, já que diversos alimentos constituídos de ingredientes à base de transgênicos, como queijo e algumas frutas como o tomate, fazem parte da cadeia alimentar diária do brasileiro. Estes alimentos só têm sua produção regulamentada depois de participarem de processos para liberação pelos órgãos competentes já comentados (MARINHO, 2004).

Em nosso país a legislação garante que o consumidor deve saber se o produto que está consumindo contém ou não derivados transgênicos. Para isso, foi criado no ano de 2003 um decreto de rotulagem (número 4680), que obrigou empresas da área da alimentícia, produtores, e quem mais trabalha com venda

de alimentos, a identificarem, com a letra “T” preto, inscrita sobre um triângulo amarelo, o alimento que contenha mais de 1% de quantidade de matéria-prima transgênica. Este símbolo pode estar inscrito sob parte amarela (imagem 7.1) ou branca (imagem 7.2) conforme portaria do ministério da Justiça número 2658/2003 (Brasil, 2003g). Deve-se também identificar produtos que não contenham material genético transgênico, mas são fabricados a partir destes com a frase “fabricado a partir de (produto) Transgênico” no rótulo, procedimento também usual na União Europeia (ABRAHÃO, 2008; CÂMARA, 2008; MINISTÉRIO DA JUSTIÇA, 2003).



**Figura 7** - Rotulagem para produtos transgênicos impresso na forma policrômica e pb.

Apesar de obrigatório, foi notória a resistência das empresas em identificar a presença de transgênicos em seus produtos já que parte da população encontra ainda resistência quanto ao uso desses alimentos, pois, poderia ser financeiramente desinteressante para a empresa informar ao consumidor a presença do transgênico no. A rotulagem de produtos transgênicos é um direito básico e fundamental dos consumidores (VIEIRA, 2006).

A legislação brasileira de rotulagem segue as determinações do Codex Alimentarius, principal órgão internacional responsável pelo estabelecimento de normas sobre a segurança e a rotulagem de alimentos e que servem de orientação para cerca de 170 países incluindo o Brasil. Cabe a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), ligada ao Ministério da Saúde, a responsabilidade entre outras funções de fiscalizar a produção e a comercialização dos

alimentos além de normatizar a sua rotulagem (CÂMARA, 2008; FURNIVAL & PINHEIRO, 2009).

Essa situação traz à tona a necessidade dos órgãos responsáveis pela liberação segura destes em criar oportunidades para que as informações possam ser transmitidas com clareza aos consumidores, pois somente uma sociedade bem informada sobre os riscos e benefícios dessa tecnologia pode decidir se deseja ou não consumir alimentos geneticamente modificados.

## **8.2 Regulamentação de transgênicos no exterior**

No cenário mundial, a atuação mais marcante no âmbito jurídico em relação aos transgênicos acontece a partir de conferências como a Convenção Sobre Diversidade Biológica (CDB) a qual propõe regras para assegurar a conservação da biodiversidade e seu uso sustentável levando em consideração a soberania de cada nação sobre seu patrimônio e tem seu auge com o Protocolo de Cartagena sobre biossegurança que entrou em vigor no ano de 2003 e cerca de 170 países participantes. Este Protocolo busca garantir um nível adequado de proteção na transferência, manipulação e uso seguro dos organismos geneticamente modificados que possam ter efeitos adversos na conservação da diversidade biológica, levando em consideração os riscos para a saúde humana e meio ambiente (RIOS, 2004).

Além disso, este protocolo cria uma instância internacional para discutir os procedimentos que deverão nortear as condições dos organismos geneticamente modificados, desde as distribuições de informações sobre esses organismos até a regulação do comércio como decisões de importação e exportação. Os países membros deste protocolo já se reuniram por três vezes até o atual momento, nestas reuniões são discutidas as ratificações e novas políticas a serem implantadas neste contexto (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

A normativa da rotulagem dos produtos transgênicos pode variar de acordo com o país em que o produto é vendido. Nos EUA, por exemplo, o FDA (Food and Drug Administration) permite que a empresa decida se irá informar ou não a existência de produto

transgênicos na embalagem. Apenas em 2004 foi aprovada uma lei federal que garantiu o direito da informação no rótulo dos alimentos pois determinou-se uma pequena porcentagem da população estava desenvolvendo alergias alimentares. Apesar disso, dentro do mesmo país encontra-se legislação diferente para os estados federados devido a autonomia dos mesmos (CÂMARA, 2008; CÂMARA, 2009; DE CAMARGO FISCHER, 2015).

Na Argentina, o sistema apresenta semelhanças com o Brasil ao considerar a informação desses produtos como um direito fundamental do consumidor. Nos países europeus, a Comunidade Europeia, devido a pressões de instituições não governamentais, fixou a porcentagem de matéria de matéria prima transgênicas em 0,9%. A rotulagem está preocupada com a rastreabilidade e certificação dos produtos para garantir a qualidade do produto desde o início da sua produção, considerando a mesma regra para produtos oriundos de outros países. Como exemplificação, temos o milho transgênico da empresa Syngenta, que ao ter sua venda liberada no continente teve que se adequar as regras de rotulagem (SOUZA, 2009).

Em suma, mais de 35 países como Nova Zelândia e Austrália já adotaram legislação e normativas próprias sobre a rotulagem dos alimentos que contenham transgênicos. A legislação também está ficando mais rígida nos países asiáticos devido à influência europeia, com exceção do Japão, onde o limite de porcentagem de matéria prima transgênica é 5%, superior às médias dos outros países (SOUZA, 2009).

Podemos dizer que hoje, a grande maioria dos países detentores de tecnologia avançada produzem algum tipo de produto transgênico ou importam estes produtos. Apesar disso, ainda há resistências de algumas regiões: alguns estados no interior dos EUA, estados australianos, e mesmo alguns países, como é o caso da Áustria. (ALLAIN & CAMARGO, 2007).



### 8.3. Referências

ABRAHÃO, O.S. Rastreabilidade de soja Roundup Ready® em produtos agrícolas e derivados: produção de materiais de referência e uso de marcadores AFLP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2008.

ALLAIN, J. M., & CAMARGO, B. V. O papel da mídia brasileira na construção das representações sociais de segurança alimentar. *Psicologia: teoria e prática*, v. 9, n. 2, p. 92-108, 2007.

BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº2.401, de 2003. Brasília, centro gráfico do Senado Federal, 2003. Disponível em : <http://www.camara.gov.br> . Acesso em: 23 de março de 2016.

BOSETTI, C. J. Ciência e política nas decisões da CTNBio. *Plural* (São Paulo. Online), v. 19, n. 2, p. 29-50, 2012.

CÂMARA, M.C.C. et al. A produção acadêmica sobre a rotulagem de alimentos no Brasil. *Rev Panam Salud Publi*, v. 23, n. 1, p. 52-8, 2008.

CAMARA, M.C.C. et al. Transgenic products: a scientific-production evaluation of possible food (in) security. *Hisf, Ciên, Saúde-Manguinhos*, v. 16, n. 3, p. 669-681, 2009.

DE CAMARGO FISCHER, K.F. A problemática dos alimentos transgênicos e o direito do consumidor à informação. *Direito*, v. 1, n. 1, 2015.

FURNIVAL, A. C., & PINHEIRO, S. M.O público e a compreensão da informação nos rótulos de alimentos: o caso dos transgênicos The public's understanding of information on food labels: the case of GM. *RDBCI*, v. 7, n. 1, 2009.

MARINHO, C.L.C; MINAYO-GOMES, C. Decisões conflitivas na liberação dos transgênicos no Brasil. *São Paulo em Perspectiva*, v. 18, n. 3, p. 96-102, 2004.

MACHADO, P. A. L. O princípio da precaução e a avaliação de riscos. *Revista dos Tribunais*, v. 856, p. 35-50, 2007.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. Gabinete do Ministro. Portaria Nº 2.658, de 22 de dezembro de 2003. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1e3d43804ac0319e9644bfa337abae9d/Portaria\\_2685\\_de\\_22\\_de\\_dezembro\\_de\\_2003.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1e3d43804ac0319e9644bfa337abae9d/Portaria_2685_de_22_de_dezembro_de_2003.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em 20 de março de 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança. Disponível em : <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/convencao-da-diversidade-biologica/protocolo-de-cartagena-sobre-biosseguranca>>. Acesso em 21 de março de 2016.

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). *Rev. Nutr*, v. 16, n. 1, p. 105-116, 2003.

NODARI, R. O. Biossegurança, transgênicos e risco ambiental: os desafios da nova Lei de Biossegurança. Florianópolis: Conceito Editorial, p. 17- 90, 2007.

RIOS, Aurélio Virgílio Veiga. Aspectos jurídicos da biossegurança no Brasil. Brasília: Série Grandes Eventos: Meio Ambiente. Escola Superior do Ministério Público da União, 2004.

SCHOLZE, S.H. C. por que a pesquisa com transgênicos é importante para o Brasil aspectos científicos, econômicos e jurídicos. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 18, n. 1, p. 55-80, 2001.

SOUZA, J.P.D. Organismos geneticamente modificados: impacto ambiental, legislação e bioética. Curso de especialização em direito ambiental. UFRS, 2009.

VICTORINO, V. I. P. Participação pública na construção institucional da biossegurança no Brasil: a questão dos transgênicos. *Convergencia Revista de Ciências Sociais*, n. 35, 2004.


VIEIRA, ADRIANA CP; VIEIRA JÚNIOR, PEDRO ABEL. Debates atuais sobre a segurança dos alimentos transgênicos e os direitos dos consumidores. *Direito do consumidor*, v. 5, p. 25-47, 2006.





**Gráfica e Editora**

Fone: (34) 3236-1761  
[contato@graficaedibras.com.br](mailto:contato@graficaedibras.com.br)



**E**sta Obra está organizada em sete capítulos que abrangem desde o início da produção dos alimentos transgênicos, até sua atual representação no cenário mundial. O livro traz uma breve revisão científica sobre o que são os transgênicos, como e onde são produzidos, quais países comercializam e como se posiciona a legislação sobre o assunto. Um conhecimento amplo que pode ajudar o leitor a se decidir sobre o apoio ou não a utilização dos transgênicos em diferentes áreas.

ISBN: 978-85-67803-76-0



9 788567 803760

**Edibrás**  
Gráfica e Editora