

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO  
LABORATÓRIO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL EM TÉCNICAS  
LABORATORIAIS EM SAÚDE

Jasmine Costa do Espírito Santo Rocha

A POLÊMICA SOBRE OS TRANSGÊNICOS: análise de trabalhos acadêmicos

Rio de Janeiro

2011

Jasmine Costa do Espírito Santo Rocha

A POLÊMICA SOBRE OS TRANSGÊNICOS: análise de trabalhos acadêmicos

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola Politécnica de Saúde  
Joaquim Venâncio como requisito parcial  
para aprovação no curso técnico de nível  
médio em saúde com habilitação em  
Análises Clínicas.

Orientador: Sílvio Valle Moreira.

Co-orientadora: Maria Clara Coelho  
Camara.

Rio de Janeiro

2011

Jasmine Costa do Espirito Santo Rocha

A POLÊMICA SOBRE OS TRANSGÊNICOS: análise de trabalhos acadêmicos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio como requisito parcial para aprovação no curso técnico de nível médio em saúde com habilitação em Análises Clínicas.

Aprovado em 21/12/2011

BANCA EXAMINADORA

---

(Ms. Flávio Henrique Marcolino da Paixão – FIOCRUZ / EPSJV / LATEC)

---

(Mônica Mendes Caminha Murito - FIOCRUZ / EPSJV / LATEC)

---

(Ms. Leandro Medrado - FIOCRUZ / EPSJV / LATEC)

## RESUMO

Esta monografia aborda a questão da transgenia a partir das principais aplicações que recebe na sociedade moderna e controvérsias que gera. Define e diferencia conceitos intimamente relacionados acerca da tecnologia do DNA recombinante. Relata o contexto histórico do surgimento deste instrumento, mostrando sua origem desde os primórdios da humanidade até os dias contemporâneos com o progresso da biotecnologia. Discorre sobre a criação de órgãos internacionais e nacionais responsáveis pela fiscalização e liberação de cultivares transgênicos, comentando sobre as políticas e normas fundamentais para a garantia da segurança biológica. Descreve os principais procedimentos para a transformação genética de vegetais, assim como as culturas mais alteradas atualmente. Destaca e examina brevemente a polêmica a respeito do cultivo de vegetais geneticamente modificados, apresentando um panorama das lavouras deste tipo. Realiza uma análise de trabalhos acadêmicos de pesquisadores da área, buscando compreender o posicionamento do autor a partir de seus argumentos e conclusões. Conclui enfatizando a complexidade do assunto e a divulgação dos conhecimentos para a população em geral.

Palavras-Chave: Transgênicos. Biossegurança. Engenharia genética.

## LISTA DE SIGLAS

Bt - *Bacillus thuringiensis*

CBD - Convenção sobre Diversidade Biológica

CIBio - Comissão Interna de Biossegurança

CNBS - Conselho Nacional de Biossegurança

CTNBio - Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

DNA ou ADN - Ácido Desoxirribonucléico

ENSP - Escola Nacional de Saúde Pública

EUA - Estados Unidos da América

FAO - *Food and Agriculture Organization*

FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz

GM - Geneticamente modificado(a)

HBV - *Hepatitis B virus*

HIV - *Human immunodeficiency virus*

INCQS - Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

OGM - Organismo Geneticamente Modificado

OMS - Organização Mundial da Saúde

ORF - *open reading frame*

PCR - Reação em Cadeia da Polimerase

pH - Potencial de Hidrogênio

Plasmídeo Ti - plasmídeo indutor de tumor (*tumor inducing*)

PNB - Política Nacional de Biossegurança

RNA - Ácido Ribonucléico

UE – União Européia

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2 ASPECTOS DA BIOTECNOLOGIA E DA ENGENHARIA GENÉTICA</b> .....	8
2.1 TRANSGÊNICOS OU ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS (OGMs) .....	9
2.2 TRANSFORMAÇÃO GENÉTICA DE PLANTAS .....	10
2.3 AS ALTERAÇÕES NAS PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS .....	12
2.4 PROTOCOLO INTERNACIONAL DE BIOSSEGURANÇA E POLÍTICAS DE ROTULAGEM .....	13
2.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE BIOSSEGURANÇA .....	16
2.6 A POLÊMICA .....	18
2.7 CENÁRIO ATUAL DAS LAVOURAS TRANSGÊNICAS .....	20
<b>3 ANÁLISE DO PRIMEIRO TRABALHO ACADÊMICO</b> .....	23
3.1 ARGUMENTOS CONTRA .....	23
3.2 ARGUMENTOS A FAVOR .....	26
3.3 DISCUSSÃO .....	27
<b>4 ANÁLISE DO SEGUNDO TRABALHO ACADÊMICO</b> .....	28
4.1 ARGUMENTOS CONTRA .....	28
4.2 ARGUMENTOS A FAVOR .....	28
4.3 DISCUSSÃO .....	30
<b>5 ANÁLISE DO TERCEIRO TRABALHO ACADÊMICO</b> .....	31
5.1 ARGUMENTOS CONTRA .....	31
5.2 ARGUMENTOS A FAVOR .....	33
5.3 DISCUSSÃO .....	34
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	37
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	40

## 1 INTRODUÇÃO

A transgenia é uma ferramenta relativamente nova no campo científico desenvolvida, sobretudo, na segunda metade do século XX e início do século XXI. Em função disso, foi somente a partir dos anos 80 que começaram a surgir os primeiros resultados de modificações genéticas em plantas (CAVALLI, 2001).

A primeira variedade transgênica foi de tomate com amadurecimento tardio desenvolvida em 1994 pela sociedade Calgene<sup>1</sup>, dos Estados Unidos. O objetivo fundamental era impedir que a fruta se deteriorasse rapidamente durante o transporte e o armazenamento, antes da chegada ao consumidor (BRANCO, 2004).

Pode-se afirmar, assim, que o tema a ser tratado é de grande relevância para a sociedade, pois nos encontramos em uma época em que as alterações genéticas são cada vez mais difundidas. Além disso, tal área biotecnológica é permeada não apenas por incertezas científicas, mas também por incertezas éticas, econômicas e sociais, suscitando, dessa forma, discussões a respeito da liberação desses produtos.

Assim sendo, esta pesquisa objetiva, através da análise de três trabalhos acadêmicos (teses e dissertações) sobre alimentos transgênicos de dois cursos de pós-graduação de unidades da FIOCRUZ (ENSP - Escola Nacional de Saúde Pública; INCQS – Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde), observar o posicionamento dos autores a partir de seus argumentos e conclusões.

Desde a década de 1970, fatores associados ao desenvolvimento científico e tecnológico, a interesses econômicos e a pressões dos próprios cientistas e de grupos ambientalistas vêm delineando as normas do que se convencionou denominar biossegurança. Dessa forma, também serão tratadas as principais normas de biossegurança mundial e nacional assim como a legislação brasileira sobre assunto.

Inicialmente, buscou-se expor brevemente a temática e suas controvérsias, definindo e explicando conceitos. Posteriormente, as respectivas teses e dissertações foram divididas em capítulos e os argumentos contra e a favor, em subcapítulos. Em cada um destes foi exposto parágrafos, localizados na introdução do trabalho original, em que a posição do

---

<sup>1</sup> Empresa americana de pesquisas e desenvolvimento de produtos biotecnológicos criadora do tomate *Flavr Savr*. Foi comprada pela Monsanto em 1996.

autor é mais aparente para em seguida serem postos em discussão, visando-se, também, retirar a opinião final.

Para a análise aqui proposta procurou-se realizar uma revisão bibliográfica em redes de divulgação científica online, em revistas periódicas, livros e sites de instituições especializadas no assunto. A escolha por trabalhos da FIOCRUZ se deveu, principalmente, pelo fato de ser uma instituição mundialmente reconhecida pelo desenvolvimento de vacinas e por seus estudos e pesquisas na área de saúde pública, relacionada profundamente com os Ministérios da Ciência e Tecnologia e Ministério da Saúde.

A realização desse trabalho busca uma exploração do assunto para uma melhor compreensão da questão e da sua controvérsia no campo acadêmico. Com isso, as posições divergentes assumidas por diversos pesquisadores demonstram e exemplificam as amplas discussões que são travadas tanto no âmbito científico quanto nos diversos setores da sociedade, revelando a intrincada mistura de interesses que existe sobre tal temática.

## 2 ASPECTOS DA BIOTECNOLOGIA E DA ENGENHARIA GENÉTICA

Atualmente, a biotecnologia, definida como o conjunto de procedimentos tecnológicos que permitem a utilização dos seres vivos (ou seus derivados) para o desenvolvimento de processos e produtos de interesse econômico e/ou social, vem sendo sistematicamente aplicada no aperfeiçoamento da agricultura (BARROS; SERAFINI; AZEVEDO, 2002). Seu desenvolvimento acelerado, nas últimas décadas, promoveu uma mudança significativa dos padrões tecnológicos da agropecuária.

No último século, a evolução da genética<sup>2</sup> e a descoberta da estrutura da molécula de DNA por Watson e Crick<sup>3</sup>, juntamente com o desenvolvimento de várias técnicas e ferramentas, como as enzimas de restrição<sup>4</sup>, nos anos 70, viabilizaram a tecnologia do DNA recombinante (conhecida como engenharia genética). Esta, por sua vez, possibilitou a manipulação do genoma de microorganismos, plantas e animais em laboratório, acrescentando, assim, uma nova dimensão à biotecnologia (BARROS; SERAFINI; AZEVEDO, 2002).

O termo biotecnologia, geralmente caracterizado de modo a abarcar todas as aplicações industriais de sistemas ou procedimentos biológicos, cada vez mais está sendo utilizado para identificar as aplicações industriais da engenharia genética. Ambas são consideradas umas das ferramentas tecnológicas mais importantes da atualidade<sup>5</sup>.

Recentemente, as técnicas de manipulação de DNA são alvo de uma grande polêmica, pois os efeitos das novas combinações genéticas à saúde humana e ao meio ambiente não podem ser previstos em sua totalidade. Contudo, as alterações genéticas visando melhores características agrônômicas em plantas e animais remontam à antiguidade (AZEVEDO; FUNGARO; VIEIRA, 2000).

---

<sup>2</sup> O progresso da genética se deveu, principalmente, aos estudos do monge austríaco Gregor Mendel, considerado "pai" da genética e uma das figuras mais importantes do mundo científico.

<sup>3</sup> A descoberta do formato de dupla-hélice do DNA, realizada pelo norte-americano James Watson e pelo britânico Francis Crick, é considerada um dos grandes marcos científicos do século XX, contribuindo decisivamente para o desenvolvimento da biologia molecular.

<sup>4</sup> As enzimas de restrição ou endonucleases de restrição, como também são conhecidas, são enzimas bacterianas que atuam como "tesouras moleculares", reconhecendo seqüências de pares de bases específicas em moléculas de DNA e cortando-as nesses pontos.

<sup>5</sup> Essas duas áreas do conhecimento foram bastante propagadas sob a justificativa de solucionarem a fome no mundo, apesar de tal problema estar mais relacionado com a má distribuição de renda e o baixo poder aquisitivo de uma grande parcela da população do que com a reduzida produção de alimentos.

Alguns afirmam que as primeiras aplicações da biotecnologia pelo ser humano datam de 1800 a.C, com o uso de organismos vivos (leveduras) para se obter produtos (vinhos e pães) (TEIXEIRA, 2004). Além disso, há milênios o homem vem realizando experiências de seleção, de hibridismo e outras maneiras de obter variedades vegetais mais adaptadas ao cultivo e de melhor qualidade nutricional ou estética.

Os agricultores acreditavam que podiam melhorar suas culturas pelo cruzamento de pares mais resistentes e com caracteres mais vantajosos, pois, dessa forma, ocorreria a possibilidade de elevação do rendimento da colheita, originando novas variedades de plantas:

desde o início da agricultura, há cerca de dez mil anos, populações humanas utilizam empiricamente métodos de melhoramento genético que imitam os processos da evolução natural. A domesticação do trigo, da cevada, da ervilha e das lentilhas data de sete mil anos antes de Cristo (a. C). Banana, maçã, batata, milho, sorgo e muitas outras culturas vegetais começaram a ser melhoradas a partir de cinco mil anos a.C. Outras, como o abacaxi, certas hortaliças, o morango, a seringueira e o dendê, foram melhoradas já na era cristã (AZEVEDO; FUNGARO; VIERA, 2000).

No entanto, os cruzamentos eram limitados pelas próprias barreiras naturais genóticas entre as espécies, isto é, pela incompatibilidade sexual. Dessa forma, o emprego de técnicas usuais de melhoramento das plantas baseadas, simplesmente, em cruzamentos e aproveitamentos de mutações casuais sofria grandes restrições (BRANCO, 2004).

As técnicas de engenharia genética permitiram transpor as barreiras anteriormente impostas com o isolamento e transferência de genes de qualquer ser vivo para outro por mais distantes que estes sejam filogeneticamente. Ampliou-se, assim, consideravelmente, os recursos genéticos para o melhoramento de plantas e animais, resultando na obtenção dos chamados organismos geneticamente modificados (OGMs) ou organismos transgênicos (GUERRANTE, 2003).

## 2.1 TRANSGÊNICOS OU ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS (OGMs)

A legislação brasileira define OGM como sendo um organismo cujo material genético (DNA ou RNA) tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética (BRASIL, 2005). Apesar do emprego dos termos “geneticamente modificado” e

“transgênico”, na maioria das vezes, como sinônimos, há uma diferença semântica entre eles. Conceitualmente, todo transgênico é um OGM, mas nem todo OGM é um transgênico.

Isso ocorre, pois se define transgênico como sendo o organismo cujo genoma foi modificado, por meio da tecnologia do DNA recombinante, pela introdução de fragmentos de DNA exógenos, ou seja, genes provenientes de organismos de espécie diferente da espécie do organismo alvo. Os organismos geneticamente modificados, por sua vez, podem ser transgênicos ou não, sendo caracterizados como aqueles que tiveram seus genes modificados apenas quanto à sua localização ou expressão, ou mesmo, que receberam material genético advindo da mesma espécie (GUERRANTE, 2003).

A dificuldade em distinguir os termos tem causado grandes transtornos à elaboração de leis de rotulagem desses organismos (e de produtos derivados deles). Sua distinção, no entanto, não é unânime e muito se discute em relação a isso (GUERRANTE, 2003). Para efeito de esclarecimento, ambos os termos serão referidos no presente trabalho sob a mesma significação.

## 2.2 TRANSFORMAÇÃO GENÉTICA DE PLANTAS

A transformação de plantas tem progredido consideravelmente desde o final dos anos 80, e a transferência de genes nesta técnica pode ser feita de forma direta ou indireta. Na transferência indireta, as bactérias *Agrobacterium tumefaciens* e *Agrobacterium rhizogenes* são utilizados como vetor a fim de mediar a transformação. Tais métodos são pioneiros e têm sido utilizados como padrão, sendo rotineiramente usados para transformar muitas dicotiledôneas<sup>6</sup> (SANTARÉM, 2000).

Os métodos de transferência direta de genes utilizam processos físicos ou químicos que causam modificações nas paredes e membranas celulares, facilitando a introdução de DNA exógeno. Com o desenvolvimento de sistemas de transferência direta de genes, como por eletroporação e biobalística, e com o aperfeiçoamento de métodos de cultura de tecidos, transformações estáveis em várias monocotiledôneas<sup>7</sup> têm sido conseguidas (SANTARÉM, 2000).

---

<sup>6</sup> Grupo de plantas que possuem dois ou mais cotilédones (tecido modificado associado com a nutrição das células embrionárias).

<sup>7</sup> Plantas cujas sementes possuem apenas um cotilédone.

*Agrobacterium* é um gênero de bactérias gram-negativas e parasitas de plantas. Em condições naturais, ela se instala em ferimentos do vegetal, resultantes da manipulação, originando doenças como galhas de coroa e raízes em cabeleira. Essas doenças são caracterizadas pelo desenvolvimento de um tumor no local da infecção, sendo importantes em regiões de clima temperado (BARROS; VIANA; CARNEIRO, 2004).

Após estudos, cientistas passaram a se utilizar de tal mecanismo natural. Baseando-se na capacidade desses patógenos de inserir o próprio material genético em plantas, alterando o metabolismo da célula vegetal em seu favor, o que resulta na indução de tumor, visou-se à alteração genética de vegetais por meio da construção de vetores em que o plasmídeo Ti<sup>8</sup> possui os genes de interesse, mas não os oncogenes<sup>9</sup>. O DNA integrado passa a ser, então, expresso como parte da constituição genética da planta.

A transformação genética através da eletroporação de protoplastos<sup>10</sup> é uma técnica simples e eficaz e tem sido utilizada para transformações estáveis de várias espécies de plantas. A formação de poros temporários na membrana plasmática é induzida pela exposição da célula a pulsos de corrente contínua e alta voltagem, aumentando, assim, o potencial de transporte de membrana e permitindo que macromoléculas migrem através desses poros (SANTARÉM, 2000).

A biobalística ou balística biológica é uma técnica baseada no bombardeamento ou aceleração de partículas objetivando inserir seqüências de material genético no genoma de plantas superiores. Através da utilização de equipamentos propulsores, micropartículas inertes de ouro ou de tungstênio contendo seqüências de DNA na superfície são injetadas a altas velocidades contra células alvo. Dessa forma, ocorre a liberação do material genético no núcleo e sua incorporação no genoma, resultando na expressão estável do gene introduzido. Além do seu uso para obtenção de organismos geneticamente transformados, o processo de bombardeamento de microprojéteis tem contribuído para os estudos dos mecanismos de expressão e regulação gênica (SANTARÉM, 2000).

---

<sup>8</sup> Plasmídeo indutor de tumor, também denominado T-DNA, transferido para a célula vegetal. Os plasmídeos são moléculas circulares duplas de DNA capazes de se reproduzir independentemente do DNA cromossômico, presentes, geralmente, em bactérias.

<sup>9</sup> Tipo de gene que causa o crescimento de células de forma incontrolável (COSTA; COSTA, 2009).

<sup>10</sup> Célula vegetal desprovida de parede celular.

### 2.3 AS ALTERAÇÕES NAS PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS

A possibilidade de manipulação genética de plantas a fim de torná-las mais economicamente produtivas conferiu uma nova etapa à agricultura moderna. Pesquisadores têm explorado diferentes estratégias para tornar as culturas mais rentáveis ou elevar a qualidade da produção alimentar. Entre as principais características agrônômicas visadas na modificação de plantas estão a resistência a vírus, fungos, insetos, bactérias, nematódeos; a tolerância<sup>11</sup> a herbicidas<sup>12</sup> (glifosato, glufosinato de amônio); a tolerância ao estresse (hídrico, pH., salinidade e mudança de temperatura); o amadurecimento tardio e o aumento da eficiência de fixação do nitrogênio do solo (COSTA, 2008).

Através das técnicas de DNA recombinante foi possível obter plantas mais resistentes às pragas pela inserção de genes de resistência específica oriundos de outras plantas ou organismos. Deste modo, favoreceu-se o processo agrícola, que antes do desenvolvimento de tal ferramenta era marcado apenas por práticas como a utilização de inseticidas químicos, de técnicas convencionais de cruzamentos e pelo uso de sistemas biológicos de controle<sup>13</sup>.

A grande maioria das plantas transgênicas atuais resistentes a insetos expressa genes derivados da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt)<sup>14</sup>. O propósito da utilização dessa bactéria se deve, fortemente, à sua característica entomopatogênica, resultante da produção de uma inclusão protéica, durante a esporulação, responsável pela atividade tóxica desta espécie. Após a ingestão da planta Bt, o inseto acaba morrendo devido à ação das toxinas no seu intestino (BOBROWSKI et al, 2003).

No entanto, essas proteínas atuam especificamente contra um determinado grupo de insetos, sendo, por isso, inofensiva a outros benéficos e ao próprio ser humano. Nos anos 80, o avanço no conhecimento da genética molecular dessa bactéria permitiu a diversificação de estratégias de sua utilização no controle biológico (COSTA, 2008).

---

<sup>11</sup> “Tolerar”, nesse caso, significa acumular um herbicida sem desencadear a via metabólica letal normalmente ativada por ele.

<sup>12</sup> Produtos químicos utilizados na agricultura para o controle de ervas classificadas como daninhas.

<sup>13</sup> O controle biológico consiste no emprego de um organismo (predador, parasita ou patógeno) que ataca outro que esteja causando danos econômicos às lavouras. Trata-se de uma estratégia muito utilizada em sistemas agroecológicos.

<sup>14</sup> Bastonete gram-negativo formador de esporos componente da microbiota intestinal de insetos.

A tolerância a herbicidas, como o glifosato, é considerada a característica transgênica mais comum na agricultura em todo o mundo. O mecanismo de ação desse produto baseia-se na inibição de uma enzima essencial ao metabolismo da planta daninha, impedindo a síntese de proteínas e ocasionando a conseqüente morte do vegetal. Bactérias, fungos e plantas possuem essa enzima, que, porém, é ausente em animais, que não podem sintetizar seus próprios alimentos (COSTA, 2008).

O estresse, caracterizado por condições ambientais adversas, também em um fator relevante com relação às dificuldades agrárias, principalmente pela seca e pela salinidade. Contudo, diversas plantas geneticamente modificadas já vêm apresentando resistência a esse fator.

Paralelamente a essas alternativas de manipulação gênica destinadas a elevarem o lucro de empresas de agronegócios, houve a possibilidade de alterar a qualidade alimentícia do produto, aumentando seu valor nutricional, adicionando componentes funcionais antes inexistentes ou reduzindo/eliminando substância alérgenas, tóxicas ou que provocam intolerância, de forma a atuar na melhora da saúde humana ou animal. Além disso, atualmente, diversas variedades de plantas transgênicas têm sido voltadas para o estudo e produção de ingredientes farmacêuticos e fitoterápicos como vacinas, proteínas essenciais, hormônios ou anticorpos.

#### 2.4 PROTOCOLO INTERNACIONAL DE BIOSSEGURANÇA E POLÍTICAS DE ROTULAGEM

Com a difusão do uso da tecnologia transgênica, buscou-se impor normas que regulamentassem seu emprego a fim de garantir a biossegurança mundial. Biossegurança, na visão da *Food and Agriculture Organization (FAO)*<sup>15</sup>, significa o uso sadio e sustentável em termos de meio ambiente de produtos biotecnológicos e suas aplicações para a saúde humana, biodiversidade e sustentabilidade ambiental, como suporte ao aumento da segurança alimentar global (NODARI; GUERRA, 2003).

---

<sup>15</sup>Criada em 16 de outubro de 1945, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) atua como um fórum neutro, onde todos os países, desenvolvidos e em desenvolvimento, se reúnem em igualdade para negociar acordos, debater políticas e impulsionar iniciativas estratégicas. Atualmente a FAO tem 191 países membros mais a Comunidade Européia. Sua sede é em Roma, Itália.

O Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança é um tratado ambiental assinado durante a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) na Colômbia. Em vigor desde setembro de 2003, o texto aborda questões envolvendo o estudo, a manipulação e o transporte de OGM's entre os países membros do acordo fornecendo guias de avaliação de risco e medidas para gerenciamento dele, visando, ainda, contribuir para:

assegurar um nível adequado de proteção no domínio da transferência segura, manuseamento e utilização de organismos vivos modificados resultantes da biotecnologia moderna que possam ter efeitos adversos na conservação e utilização sustentável da diversidade biológica, tomando também em consideração os riscos para a saúde humana e com particular enfoque no movimento transfronteiriço (CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA, 2006).

O Protocolo conta com 103 assinaturas de países, entre eles o Brasil, que se reúnem periodicamente. O Protocolo foi importante, no sentido em que criou uma instância que discute a temática em nível internacional. A adesão do Brasil ao Protocolo é, também, de fundamental relevância devido a sua extensa biodiversidade e ao seu caráter de exportador de alimentos (BRANQUINHO, 2010).

Seus principais pontos são: o princípio de precaução e a rotulagem dos produtos transgênicos. O princípio da precaução deveria ser adotado em caso de dúvida ou falta de conhecimento e tem como objetivo resguardar a vida, tratando das ações antecipatórias para proteger a saúde das pessoas e dos ecossistemas (NODARI; GUERRA, 2003). Considerado um dos fundamentos mais importantes do protocolo, segundo o qual, as ações políticas e administrativas dos governos devem se orientar.

Desde a década de 90, o *Codex Alimentarius*, órgão criado em 1963 pela FAO e OMS para padronização das normas internacionais para alimentos, busca, também, desenvolver orientações para rotular alimentos advindos da biotecnologia. Suas normas têm como finalidade, sobretudo, proteger a saúde da população, assegurando práticas eqüitativas no comércio regional e internacional de alimentos. Além de criar mecanismos internacionais dirigidos à remoção de barreiras tarifárias, fomentando e coordenando todos os trabalhos que se realizam em normalização.

Diversos países, como os Estados Unidos, Argentina, Canadá e Brasil, adotam políticas de rotulagem para alimentos geneticamente modificados, contudo, em cada local,

esta possui suas particularidades. Enquanto na União Européia, as políticas de rotulagem são extremamente rigorosas<sup>16</sup>, nos Estados Unidos, a rotulagem não é obrigatória.

A lei americana sobre os OGMs, altamente impregnada pelo pensamento das empresas de biotecnologia, recorre ao princípio da equivalência substancial para a avaliação de risco. Esse princípio considera que a planta transgênica é equivalente à planta não transformada, exceto para o gene introduzido. Permite então evitar qualquer avaliação aprofundada dos impactos potenciais da planta transgênica sobre o meio ambiente e a saúde humana; analisando apenas o produto do gene introduzido, sem se preocupar com as potenciais modificações induzidas pela introdução desse gene sobre o metabolismo da planta. Além disso, a legislação dos EUA considera que um OGM não é diferente do organismo de origem e, por isso, não necessita de regulamentação específica (APOTEKER, 2011).

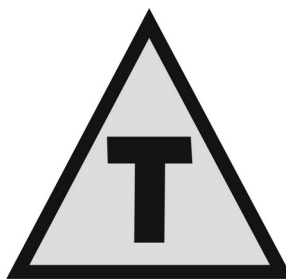
O conceito de equivalência substancial é, ainda, considerado, por muitos, como pseudocientífico, pois foi adotado somente para atender os interesses das empresas produtoras de OGMs visando acalmar os consumidores. A equivalência substancial, portanto, se opõe ao princípio de precaução, pois enquanto a primeira evita a identificação de riscos e não leva em conta as incertezas científicas, o segundo preconiza essencialmente o contrário (CAMARA, 2009).

No Brasil, a rotulagem é obrigatória, segundo o decreto nº 4680/03 e a Lei de Biossegurança nº 11.105/05. Determina-se, por esses dispositivos, que todos os alimentos ou ingredientes alimentícios voltados ao consumo humano ou animal, embalados ou a granel ou “in natura”, com presença de organismos geneticamente modificados acima de 1% da composição final do produto sejam rotulados, informando a sua natureza transgênica. Estes deverão conter, também, o símbolo definido pela Portaria 2.658 de 2003 do Ministério da Justiça (BRASIL, 2003) (Ver Figura 1).

---

<sup>16</sup> Fato atribuído, principalmente, às crises alimentares como a doença da “vaca louca” e a “gripe do frango” que assolaram tal região na década de 90. Além disso, a UE estabelece o limite de 0,9% na composição final de material GM, acima do qual todos os alimentos devem ser rotulados.

Figura 1-Símbolo dos transgênicos



Fonte: [www.greenpeace.org/brasil/pt/](http://www.greenpeace.org/brasil/pt/)

Apesar de todas essas normas de rotulagem, poucos alimentos são devidamente rotulados. A rastreabilidade, assim, e um efetivo programa de biovigilância por parte dos órgãos vinculados à saúde pública tornam-se difíceis de serem executados (VALLE, 2000).

## 2.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE BIOSSEGURANÇA

No Brasil, a primeira legislação que regulamentou o uso de OGM foi a Lei nº 8.974, de 1995, que autorizou o seu plantio e a comercialização, estabelecendo normas para uso das técnicas de engenharia genética. Além disso, a lei instituiu uma Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (BRASIL, 1995).

Em meados da década de 1990, sementes de soja transgênica foram difundidas clandestinamente através da fronteira entre a Argentina e o Rio Grande do Sul. O contrabando violou dispositivos da legislação e avançou em razão da ausência de fiscalização do Ministério da Agricultura. Nesse contexto de forte pressão do agronegócio, o presidente da República acabou editando, antes da liberação oficial em 2003 e da Lei n. 11.105/05, três medidas provisórias legalizando os plantios, antes não autorizados, de soja transgênica. Um dos motivos teria sido o de preservar centenas de pequenos agricultores familiares que já haviam semeado a soja (ZANONI; MELGAREJO; NODARI, 2011).

A nova Lei Brasileira de Biossegurança nº 11.105 de 24 de março de 2005 que revogou a Lei nº 8.974 de 1995 foi aprovada visando, principalmente, pôr fim aos impasses jurídicos sobre a liberação comercial dos OGMs. Verifica-se que esta, apesar da ampla significação do conceito biossegurança, só se aplica a processos biotecnológicos (COSTA; COSTA, 2010), estabelecendo:

normas de segurança e mecanismos de fiscalização sobre a construção, o cultivo, a produção, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a pesquisa, a comercialização, o consumo, a liberação no meio ambiente e descarte de OGM e seus derivados, tendo como diretrizes o estímulo ao avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia, a proteção à vida e à saúde humana, animal e vegetal, e a observância do princípio da precaução para proteção do meio ambiente (BRASIL, 2005).

A mesma lei, ainda, define termos a fim de destacar os seus limites de alcance, pois as demais biotecnologias que não envolvam a produção de OGM's e seus derivados, apesar de apresentarem certo grau de risco biológico, não são reguladas por esse marco legal. As instituições que trabalham com técnicas de manipulação gênica ou com pesquisas que envolvam OGM's e derivados, deverão nomear uma Comissão Interna de Biossegurança (CIBio) e indicar um técnico principal responsável para cada projeto específico (COSTA; COSTA, 2010).

Além de prever a rotulagem obrigatória, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança instituída, originalmente, em 1995. A CTNBio é uma instância multidisciplinar de caráter consultivo e deliberativo composta por especialistas e cientistas em biotecnologia, responsável por:

propor a Política Nacional de Biossegurança; acompanhar o desenvolvimento e o progresso técnico e científico na Biossegurança e em áreas afins, objetivando a segurança dos consumidores e da população em geral, com permanente cuidado à proteção do meio ambiente (BRASIL, 2005).

Todas as atividades relacionadas aos organismos geneticamente modificados e derivados como manipulação, transporte, importação, comercialização e liberação devem ser autorizadas pela Comissão.

Criou-se, também, o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), órgão de assessoramento superior do Presidente da República para a formulação e implementação da Política Nacional de Biossegurança – PNB, ao qual compete:

fixar princípios e diretrizes para a ação administrativa dos órgãos e entidades federais com competências sobre a matéria; analisar, a pedido da CTNBio, quanto aos aspectos da conveniência e oportunidade socioeconômicas e do interesse nacional, os pedidos de liberação para uso comercial de OGM e seus derivados; avocar e decidir, em última e definitiva instância, com base em manifestação da CTNBio e, quando julgar necessário, dos órgãos e entidades referidos no art. 16 desta Lei, no âmbito de suas competências, sobre os processos

relativos a atividades que envolvam o uso comercial de OGM e seus derivados (BRASIL, 2005).

O CNBS constitui o colegiado de mais alto grau hierárquico para o tema biossegurança, sendo composto de onze ministros de Estado e presidido pelo ministro Chefe da Casa Civil. Este Conselho caracteriza-se como uma instância política de decisão, enquanto a CTNBio é a instância técnica (PAVARINO, 2011).

Apesar desse amplo arcabouço legal brasileiro relativo a biossegurança, contendo um conjunto de medidas adequadas a serem cumpridas por instituições e empresas que realizem atividades envolvendo transgênicos, há uma série de conflitos oriundos de tal temática. Estes são provenientes, principalmente, da atuação nem sempre em consonância com a legislação vigente por parte destes órgãos, além da inclusão de um conjunto de dispositivos burocráticos na nova Lei de Biossegurança que garantem a possibilidade de recursos às decisões técnicas tomadas pela CTNBio, diferentemente das expectativas iniciais (MARINHO; MINAYO, 2004; COSTA; COSTA, 2010).

## 2.6 A POLÊMICA

Há uma grande polêmica acerca dos transgênicos. Esta, por sua vez, envolve interesses econômicos e políticos, aspectos legais e um acirrado embate científico (LEWGOY, 2000). A opinião pública se divide com relação ao assunto: há aqueles que se posicionam contra o uso da tecnologia transgênica, ressaltando as divergências acadêmicas e os seus possíveis efeitos negativos; há quem defenda a utilização dessa ferramenta, afirmando que esta trará inúmeros benefícios à sociedade; e há, ainda, os que adotam uma postura imparcial, não sendo contra, nem a favor da manipulação gênica de alimentos.

Os possíveis riscos associados aos transgênicos podem ser divididos em riscos alimentares, riscos ecológicos e riscos agrotecnológicos (COSTA, 2008):

- Os riscos alimentares são os riscos à saúde humana ou animal, que incluem reações adversas como alergias, toxicidade e intolerância, que podem ser ocasionadas pela síntese de metabólitos<sup>17</sup> e constituintes antinutricionais ou nocivos em alimentos, ou pela acumulação de herbicidas nas variedades

---

<sup>17</sup> Produto do metabolismo de uma determinada molécula ou substância.

resistentes. As reações adversas podem ser provocadas pelos efeitos pleiotrópicos<sup>18</sup>, causados pela integração do transgene no genoma do organismo alvo, pela sua instabilidade e pelos seus efeitos regulatórios na expressão das seqüências genéticas adjacentes (COSTA, 2008).

- Dentre os possíveis riscos ecológicos ou ambientais, pode-se mencionar os efeitos diretos sobre os seres vivos, o solo e a água e os efeitos indiretos.
  - Os efeitos diretos incluem: a erosão da diversidade genética, devido à ampla introdução de plantas transgênicas derivadas de um grupo limitado de variedades parentais; o surgimento de pragas resistentes, pela adaptação destas às novas variedades; a poluição genética<sup>19</sup> e os efeitos prejudiciais aos organismos não alvos como insetos polinizadores e responsáveis pelo controle biológico natural de outras pragas.
  - Os efeitos indiretos podem se efetivar via transferência vertical por meio do acasalamento sexual de plantas geneticamente modificadas com as suas variedades homólogas convencionais ou aparentadas; e via transferência horizontal, por meio da possibilidade remota de difusão de construções transgênicas de uma espécie para outra com auxílio de vetores (plasmídeos, tranposons<sup>20</sup> e vírus), como para bactérias componentes da microbiota de humano e animais ou para estruturas virais, o que pode gerar cepas altamente patogênicas ou virulentas (NODARI; GUERRA, 2000).
- Com relação aos riscos agrotecnológicos, destaca-se a possível manipulação da produção de sementes pelos donos da tecnologia *terminator*<sup>21</sup>; perda da eficiência do transgênico resistente a pragas devido ao cultivo extensivo das variedades GM por muitos anos (COSTA, 2008). Também se destaca a possível dependência técnica do pequeno produtor às grandes empresas de

<sup>18</sup> A pleiotropia, também conhecida como efeito pleiotrópico, é um fenômeno genético em que um único gene possui controle sobre as manifestações de várias características.

<sup>19</sup> O termo poluição genética é utilizado para definir as misturas dos conjuntos gênicos por hibridação e introgressão.

<sup>20</sup> Pedacos do DNA capazes de se movimentar pelo genoma. Devido ao seu caráter dinâmico, os *transposons* têm uma enorme influência na evolução e composição de genomas de plantas e animais. A possibilidade de se inserirem dentro de genes do próprio organismo pode causar diversas doenças.

<sup>21</sup> A tecnologia *terminator* refere-se a plantas que foram geneticamente modificadas (GM) para tornar as sementes estéreis. A tecnologia *terminator* foi inicialmente desenvolvida pela indústria multinacional de sementes/agroquímicos e pelo governo dos EUA para evitar que os agricultores replantassem as sementes colhidas maximizando, assim, os lucros dessa indústria.

agronegócios, assim como a hegemonia destas no mercado de plantas transgênicas.

Os defensores, por sua vez, afirmam que a inserção de novas combinações na constituição genética de um organismo supõe a melhora de suas propriedades, úteis ao ser humano, e a redução de custos (COSTA, 2008). Além das já citadas vantagens à agricultura, os organismos geneticamente modificados possuem diversas aplicações, como modelos para o estudo de processos celulares básicos, como a regulação da expressão gênica e a genética molecular do desenvolvimento e da diferenciação celular, permitindo, também, o estudo de mutações e doenças genéticas (GUERRANTE, 2003).

Possibilitam, ainda, o funcionamento como biorreatores vivos<sup>22</sup> na produção de proteínas, como a insulina para portadores de diabetes. Além de também auxiliar no desenvolvimento de ingredientes farmacêuticos, com aplicações biomédicas, ou industriais, dentre eles enzimas para a utilização em cosméticos, plásticos, substituindo produtos derivados do petróleo.

A liberação de lavouras geneticamente modificadas no ambiente e no mercado levantou diversas questões a respeito da segurança alimentar desses produtos. Tais questões ensejam uma abordagem inter e multidisciplinar, pois os impactos são diferenciados e o diálogo apenas recentemente vem se tornando público (NODARI; GUERRA, 2000).

A avaliação de risco é feita pela comparação destes com seus correspondentes convencionais com histórico de uso seguro, observando-se as características agrônômicas, morfológicas e da composição química. No entanto, o maior problema é que esses efeitos não podem ser amplamente previstos.

## 2.7 CENÁRIO ATUAL DAS LAVOURAS TRANSGÊNICAS

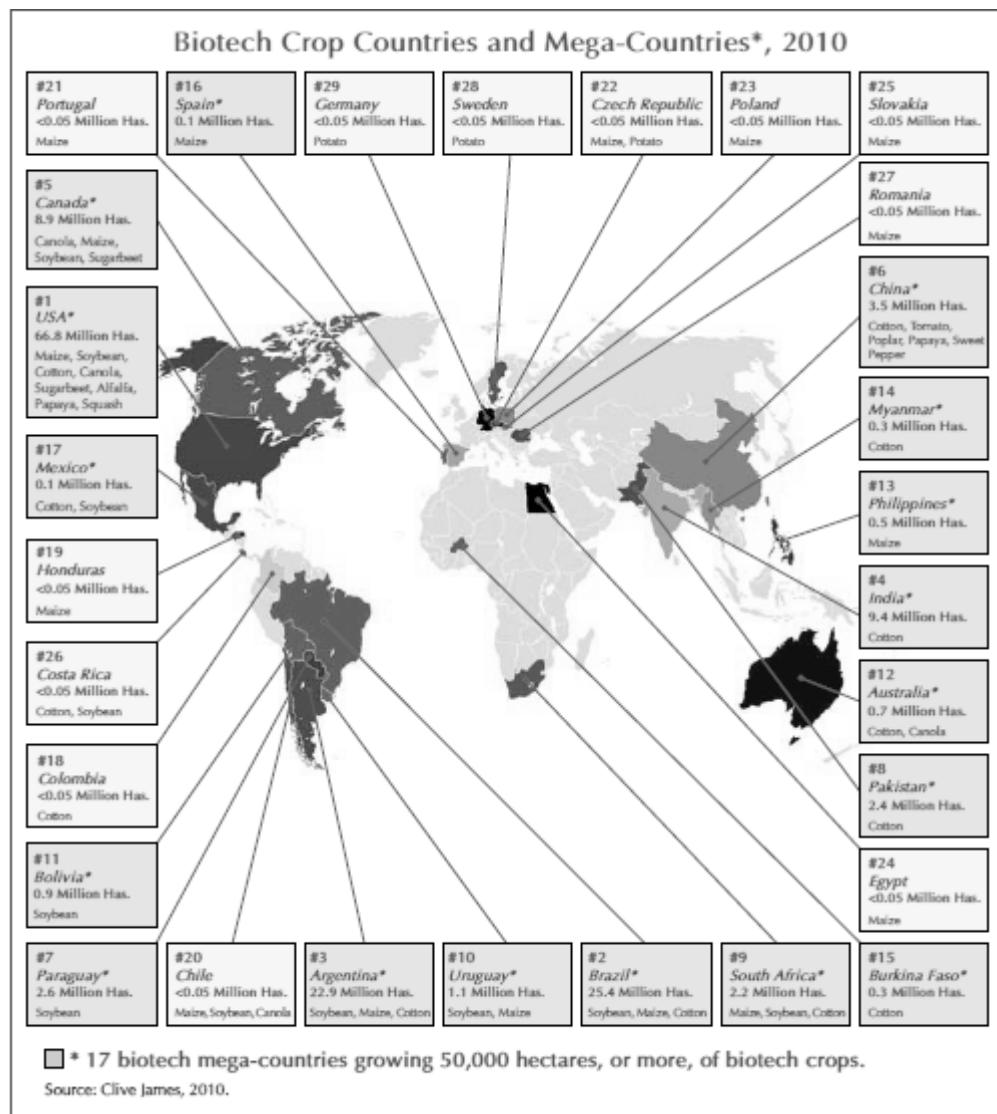
Recentemente, nota-se um grande aumento na superfície de área plantada com culturas transgênicas, sendo os Estados Unidos, os maiores produtores e consumidores. O Brasil assume o segundo lugar, superando a Argentina, com 25,4 milhões de hectares de

---

<sup>22</sup> São animais modificados geneticamente a partir da introdução de uma proteína específica, utilizando-se promotores tecido-específicos para que estes venham, posteriormente, a atuar como biofábricas, produzindo a proteína de interesse em larga escala e com alto valor farmacológico.

lavouras biotecnológicas em 2010, consolidando a sua posição e crescendo 18,7% em relação a 2009 (CLIVE, 2010) (Ver Gráfico 1).

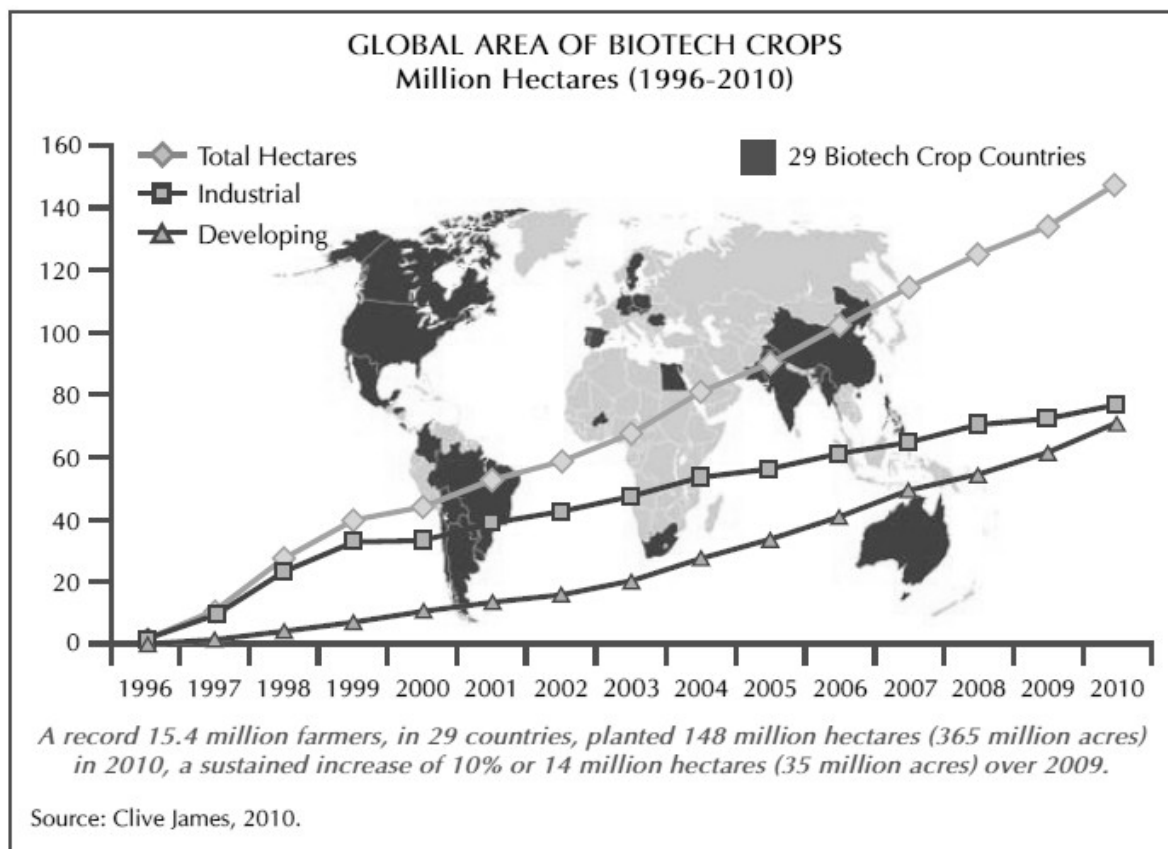
Gráfico 1 – Países e mega-países com biotecnologia, 2010.



Fonte: CLIVE, 2010.

Desde o início das primeiras lavouras, em 1994, houve um aumento progressivo em plantações e, em 2009, a área mundial plantada chegou a atingir cerca de 134 milhões de hectares. Área equivalente a duas vezes e meia o território da França, ou cerca de cinco vezes o estado de São Paulo (CLIVE, 2010) (Ver Gráfico 2).

Gráfico 2 - Área Global de Lavouras GM, em milhões de hectares.



Fonte: CLIVE, 2010.

A maior parte da área plantada com transgênicos no Brasil é ocupada pela soja, correspondendo a 17,8 milhões de hectares e 75% da área total plantada com soja. Abaixo, está o milho com 7,3 milhões de hectares, correspondendo a 55% do total, e em terceiro, se encontra o algodão com 0,25 milhões de hectares, 26% do total (CLIVE, 2010).

### 3 ANÁLISE DO PRIMEIRO TRABALHO ACADÊMICO

Iniciamos a análise com a dissertação do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde de Thadeu Estevam Moreira Maramaldo Costa, intitulada “Detecção de transgênicos em alimentos utilizando a técnica multiplex-PCR” publicada em 2008. Nela, o autor busca expor seu estudo e demonstrar a maior eficiência de uma determinada técnica de detecção de transgênicos em alimentos.

Durante a leitura, alguns parágrafos se destacaram, deixando transparecer a opinião do autor diante do tema. Estes foram separados em pontos positivos e pontos negativos, que serão apresentados e comentados a seguir.

### 3.1 ARGUMENTOS CONTRA

A dissertação de Costa (2008), além dos parágrafos anteriores, possui, do mesmo modo, outros que explicitam uma opinião contra a tecnologia do DNA recombinante, como em:

A inserção de novas construções no genoma de um organismo supõe a melhora de suas propriedades, úteis ao ser humano, e a redução de custos da produção. No entanto, junto com as novas características, os organismos adquirem um conjunto de novas qualidades devido às atividades pleiotrópicas da nova proteína e as propriedades da construção, incluindo instabilidade e seus efeitos regulatórios sobre os genes vizinhos (pg.28).

Portanto, é necessária uma avaliação de riscos alimentares com base científica para que os alimentos GM ou derivados possam ser utilizados como alimento convencional. Os perigos potenciais dos OGM podem estar associados com toxicidade, alergenicidade, alterações nutricionais e efeitos antinutrientes e a possibilidade remota de transferência horizontal de genes (pg.30).

O maior problema na análise de risco de OGM é que seus efeitos não podem ser previstos na sua totalidade. Os riscos à saúde humana incluem aqueles inesperados, alergias, toxicidade e intolerância. No ambiente, as consequências são a transferência lateral (horizontal) de genes, a poluição genética e os efeitos prejudiciais aos organismos não alvo (pg.30).

No 1º ponto, o autor aborda sobre os perigos e a possibilidade de efeitos imprevistos resultantes da produção e inserção de novas combinações genéticas. Estas ameaças são devido à particularidade instável e regulatória desses genes sobre outros.

No 2º e 3º ponto, ele defende uma avaliação de segurança para alimentos GM a fim de que estes sejam considerados isentos de riscos como os análogos convencionais. Alerta, ainda, sobre as ameaças relacionadas à transferência de genes, à alergenicidade, à intolerância e aos efeitos em organismos benéficos e não-alvos, que não podem ser previstas na análise de risco.

Quando os OGMs são desenvolvidos, algumas características existentes nos organismos podem ser alteradas não intencionalmente, afetando a expressão de componentes constitutivos. O transgene pode integrar dentro ou em regiões adjacentes dos genes da planta e perturbar sua expressão, seja pelo aumento ou pela diminuição dessa expressão. O transgene pode ser expresso de uma maneira tardia através da ação dos promotores em genes adjacentes da planta ou pela alteração das ORFs<sup>23</sup> do gene da planta. O rearranjo durante a integração pode criar ORFs alteradas que permitem ao transgene sintetizar produtos não intencionais (pg.35).

No 4º ponto, apresenta-se os possíveis efeitos não intencionais dos alimentos GM sobre a saúde humana. Os transgenes podem dificultar a expressão dos genes da planta na sua incorporação ao genoma do hospedeiro, acarretando a síntese de produtos não intencionais como a elevação dos níveis de constituintes antinutricionais ou tóxicos em alimentos.

Riscos alimentares podem surgir de efeitos pleiotrópicos de proteínas transgênicas e através dos efeitos regulatórios das construções inseridas. Por mais rigorosos que sejam os guias para validação das variedades transgênicas, não é fácil distinguir alterações não desejáveis no metabolismo e a atividade de várias proteínas, pois os pesquisadores não sabem exatamente quais características devem ser investigadas. Essas alterações podem ser quantitativas ao invés de qualitativas. Por exemplo, em algumas plantas tolerantes ao estresse ambiental são inseridos genes para a expressão da arginina descarboxilase. Devido à super-expressão desta enzima, o tabaco transgênico e algumas cultivares de arroz acumulam altos níveis de agmatina, um metabólito imediato da arginina, e em alguns casos, metabólitos secundários da arginina como a putrecina, espermidina e espermina. A agmatina e seus derivados são substâncias biologicamente ativas que podem interagir com receptores adrenérgicos, medazolínicos e de glutamato; desta forma funcionam como neuromediadores, ativando mitoses, e facilitando a formação de tumores. Como não são proteínas, esses compostos podem ser assimilados facilmente pelo organismo humano (pg.36).

---

<sup>23</sup>Sigla para "open reading frame" ou sequência de leitura aberta, corresponde à porção do genoma que contém a sequência de bases que pode potencialmente codificar uma proteína. Em um gene, ORFs se localizam entre o códon de iniciação e o códon de terminação.

No 5º ponto, ele fala sobre os perigos de efeitos pleiotrópicos de proteínas transgênicas, destacando a dificuldade de detectar tais efeitos nas análises de segurança e na construção de guias para a validação. Comenta, ainda, sobre o caso das plantas desenvolvidas para suportarem o estresse ambiental pela inclusão de genes para a síntese de arginina descarboxilase.

A probabilidade da inserção de construções transgênicas de plantas em genomas de mamíferos ou humanos é muito pequena, e os eucariotos superiores possuem muitas barreiras que evitam eficientemente a transferência horizontal de genes. Mesmo quando ocorre a transferência, a célula transformada, no estágio terminal de diferenciação, não se prolifera. A transferência da construção do transgênico para gametas é praticamente impossível devido a barreira hematotesticular impenetrável a grandes moléculas. No entanto, deve-se ter em mente que a microbiota intestinal é formada por bactérias endossimbiontes que podem adquirir genes através da transferência horizontal. De acordo com os protocolos de rotina, a seleção dos transgênicos é feita através da inserção de fragmentos de DNA contendo genes de resistência a antibióticos (genes marcadores). A transformação de uma bactéria simbiótica e patogênica pode resultar no desenvolvimento de uma microbiota resistente a antibióticos (pg.37).

A transferência horizontal de genes é bem conhecida entre as bactérias. No curso da evolução, as bactérias trocavam facilmente fragmentos de seu genoma com outras bactérias e com eucariotos, mantendo esta capacidade até os dias atuais. Essa propriedade da bactéria é relevante para o estudo de risco alimentar e ecológico utilizando OGM (pg.37).

No 6º e 7º ponto, comenta-se sobre a possibilidade de transferência horizontal de construções transgênicas à microbiota intestinal, proporcionando a esses microorganismos uma maior resistência a antibióticos. Estes são inseridos em genes marcadores para uma posterior seleção. No entanto, considera-se remota a possibilidade de transferência de genes transgênicos à células humanas.

Apesar de não haver evidências sobre esta ação direta do gene, não se deve descartar maiores estudos sobre os OGMs e os seus riscos diretos e indiretos sobre a saúde da população, já que a liberação destes para a comercialização e consumo provocou um grande aumento na produção mundial de OGMs, estando estes presentes como ingredientes em parte representativa dos alimentos disponíveis no mercado para consumo humano e animal. Deve-se lembrar que as avaliações de riscos de alimentos GM somente ocorreram depois de sua liberação comercial e que é necessário agir cautelosamente confrontando a necessidade das empresas multinacionais em expor seus produtos e o princípio da precaução, visando sempre proporcionar o bem estar social até que os impactos desta nova tecnologia sobre a saúde humana e o meio ambiente sejam devidamente avaliados (pg.38).

Por fim, no último ponto, o autor sugere maiores pesquisas sobre os OGMs a fim de se definir os riscos diretos e indiretos à saúde humana e ao meio ambiente. Enfatiza-se a necessidade de cautela antes da liberação para comercialização e produção de alimentos GM para as grandes corporações, priorizando a segurança alimentar da população e a proteção à biodiversidade.

Costa (2008), nesses parágrafos, demonstra a incerteza perante os efeitos indesejados que podem ser provocados por plantas transgênicas tanto na biodiversidade quanto em seres humanos, mencionado e ponderando sobre alguns deles e recomendando, por conseguinte, a adoção de cuidados e pesquisas mais aprofundadas sobre o assunto.

### 3.2 ARGUMENTOS A FAVOR

Na pesquisa básica, os organismos geneticamente modificados fornecem excelentes modelos para o estudo de processos celulares básicos, como a regulação da expressão gênica e a genética molecular do desenvolvimento e da diferenciação celular. Permitem também os estudos de defeitos (alterações ou mutações) genéticos que podem, por exemplo, originar câncer (pg.11).

Na biotecnologia aplicada, os OGMs como bactérias, fungos, plantas e animais podem funcionar como biorreatores para a produção de proteínas valiosas ou para propósitos industriais (pg.11).

Uma outra possibilidade é que algumas plantas transgênicas sirvam como fábricas de produtos farmacêuticos e industriais de modo a torná-los mais abundantes, mais diversificados e mais baratos. Exemplos de produtos farmacêuticos produzidos por essas plantas são a avidina (usada em diagnósticos médicos), a tripsina (enzima utilizada na produção de fármacos), a hiridina (uma proteína humana de ação anticoagulante), um anticorpo aplicado topicamente que previne a transmissão do herpes vírus e uma vacina em potencial contra o vírus da imunodeficiência humana (HIV). Os produtos industriais incluem enzimas para utilização em indústrias, cosméticos e plásticos, substituindo produtos derivados de petróleo (pg.25).

Nesses parágrafos, Costa (2008) destaca os potenciais benefícios dos organismos geneticamente modificados como, por exemplo, ao servir de modelos para estudo da regulação e expressão gênica. Além de enfatizar, também, a possibilidade da utilização de animais transgênicos como biorreatores para a produção de biofármacos e bioprodutos, que auxiliam na fabricação de ingredientes farmacêuticos, industriais e imunobiológicos, e no estudo de alterações genéticas para aplicações biomédicas.

Parágrafos como esses são vistos ao longo de toda dissertação como, também em:

Desta forma, foram desenvolvidos produtos para oferecerem melhores soluções aos problemas agrícolas tradicionais: facilitar a produção de alimentos; gerar alimentos com melhor qualidade nutricional; utilizar produtos agrícolas para fins não alimentícios (fibras, combustíveis e outros produtos) (pg.12).

No ponto acima, Costa (2008) realça a finalidade para a qual foram desenvolvidas as plantas transgênicas que objetivavam, inicialmente, proporcionar melhorias às dificuldades agrícolas tradicionais, enumerando-se pontos de elevado interesse e importância às grandes corporações agroindustriais.

Por fim, neste último:

A utilização de técnicas de modificação genética criou culturas que são, simultaneamente, tolerantes e resistentes a herbicidas. Esta tecnologia permite que os herbicidas sejam pulverizados sobre as culturas resistentes desde sua emergência até sua floração, tornando as aplicações mais eficazes (pg.20).

Neste ponto, ele defende as culturas que são, simultaneamente, tolerantes e resistentes a herbicidas avaliando a maior eficiência das aplicações neste caso. Esta é promovida pela modificação genética presente nas plantas derivadas deste tipo de tecnologia recombinante.

Os parágrafos da tese de Costa (2008) que são a favor, percebidos e destacados acima, defendem e enfatizam, sobretudo, as vantagens e benefícios provindos da alteração genética em organismos transgênicos. Aborda-se, especialmente, suas possíveis aplicações médicas e agrárias.

### 3.3 DISCUSSÃO

Nota-se, pela análise realizada anteriormente, que Costa (2008) toma uma atitude de neutralidade frente à questão, ressaltando os pontos positivos e os negativos de forma similar com a mesma profundidade e intensidade, o que evidencia sua posição imparcial na tese.

## 4 ANÁLISE DO SEGUNDO TRABALHO ACADÊMICO

O segundo trabalho a ser analisado é a tese de Maria Regina Branquinho, do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde intitulada “Estudo da quantificação de soja geneticamente modificada em alimentos pela técnica da reação em cadeia pela polimerase em tempo real: desenvolvimento de método evento específico” e publicada em 2010. Tem como um dos principais focos o estudo de métodos de quantificação de soja geneticamente modificada em alimentos.

Assim como a dissertação de Costa (2008), a tese de Branquinho (2010) também apresenta parágrafos destacando os prós e os contras da ferramenta que acabam por indicar a posição assumida pela autora.

#### 4.1 ARGUMENTOS CONTRA

O consumo de organismos geneticamente modificados pode, portanto, envolver riscos potenciais à saúde humana e ao ambiente uma vez que muitos genes usados na produção de um alimento geneticamente modificado não seriam encontrados na cadeia alimentar e ainda a introdução desses genes poderia causar mudanças na herança genética das culturas. Por isso, os possíveis efeitos do consumo de novos alimentos geneticamente modificados na saúde humana devem ser avaliados antes da comercialização e o monitoramento, a longo prazo, deve ser realizado a fim de confirmar as avaliações nutricionais e de alergenicidade feitas na fase de précomercialização e possibilitar a detecção antecipada de outros possíveis efeitos adversos (pg.14).

No único ponto contra, ela fala sucintamente do perigo que cerca o consumo de OGMs à saúde humana e ao meio ambiente, decorrente das novas combinações genéticas. Sugere, ainda, avaliações que precedam a comercialização e o monitoramento a longo prazo dos alimentos transformados para a prevenção de possíveis efeitos adversos.

#### 4.2 ARGUMENTOS A FAVOR

“O uso da biotecnologia produz resultados mais rápidos do que o melhoramento genético convencional como também possibilita alterações mais precisas já que permite a seleção e transferência de um gene específico. Entretanto, em muitos casos, pode ocasionar uma inserção aleatória no genoma hospedeiro com conseqüente aparecimento de efeitos fisiológicos não intencionais. Esses efeitos também podem ocorrer no melhoramento genético convencional e o processo de seleção é direcionado para eliminá-los e estabelecer uma característica estável e benéfica” (pg.2-3).

No 1º ponto a favor, Branquinho (2010) justifica o uso da biotecnologia afirmando que é mais eficiente que o melhoramento genético tradicional, pois possibilita uma maior precisão quanto ao gene transferido e à sua localização no genoma da planta. Defende tal instrumento sobre os efeitos não-intencionais, alegando que estes também podem ocorrer no melhoramento tradicional e que o processo de seleção da biotecnologia busca exatamente eleger variedades com características mais estáveis.

Tem sido demonstrado que as plantas também podem ser utilizadas como biorreatores para a produção em larga escala de proteínas recombinantes de interesse industrial e farmacêutico. As plantas transgênicas constituem um sistema de expressão capaz de produzir anticorpos completos funcionais além de apresentarem a possibilidade de produção em larga escala e custo mais reduzido. Isto foi demonstrado pela produção de um anticorpo monoclonal do tipo IgA em tabaco. As plantas transgênicas também estão sendo testadas para a produção de imunoterápicos, com relatos da expressão estável de antígenos vacinais em diferentes tecidos de plantas comestíveis ou não. Antígenos virais relacionados ao vírus Norwalk, vírus do papiloma humano, vírus da raiva, vírus da estomatite vesicular, entre outros, já foram expressos em tecidos de várias plantas. Em tabaco, a introdução do gene codificador da proteína de superfície do vírus da hepatite B (HBV), ligado a um promotor constitutivo, já possibilitou a indução de resposta imune *in vivo* pela proteína viral obtida nos extratos das folhas transformadas. A mesma estratégia foi utilizada na expressão de antígenos vacinais bacterianos como a toxina termolábil (LT) de *Escherichia coli* enteropatogênica em batata, milho e tomate e toxina colérica (CT) de *Vibrio cholerae* em batata, tomate, arroz e folhas de tabaco. Os resultados até agora publicados sobre os ensaios clínicos (fase I) de vários antígenos vacinais (bacterianos e virais) obtidos em plantas apontaram como sendo seguros e indutores de boa resposta imune, sugerindo o enorme potencial das plantas transgênicas na indústria farmacêutica (pg.4-5).

No 2º ponto, a autora salienta os benefícios que as plantas transgênicas podem vir a trazer como produtoras de substâncias protéicas e elementos de interesse industrial e farmacêutico em grandes quantidades e a um menor custo. Menciona, também, alguns ensaios bem sucedidos desses vegetais capazes de expressar antígenos virais e bacterianos, considerando os resultados seguros e de boa qualidade.

Vários estudos de avaliação de segurança de vegetais geneticamente modificados como milho, batata, arroz, soja e tomate, realizados através ingestão oral em ratos e camundongos por prolongados períodos, não indicaram efeitos clínicos ou anormalidades histopatológicas significativas em órgãos e tecidos desses animais. Em relação à avaliação nutricional, experiências em grupos de ratos alimentados com soja modificada e soja convencional mostraram que o ganho de peso entre os grupos de animais foi similar (pg.13).

No 3º ponto, Branquinho (2010) reforça, por meio da referência a uma pesquisa envolvendo ratos e camundongos, a segurança alimentar de vegetais geneticamente

modificados e a não detecção de irregularidades histopatológicas no organismo desses seres.

Dentre as tendências atuais e futuras de desenvolvimento de vegetais geneticamente modificados para uso na alimentação humana, podem ser citados o desenvolvimento de novas características agronômicas como a tolerância a outros herbicidas e combinação de vários herbicidas em milho, soja e canola; outros genes de resistência a insetos no milho Bt e resistência a vírus e nematódios em batata; e a alteração na composição e características nutricionais como o arroz contendo altos níveis de caroteno e ferro (*Golden rice*); tubérculos com alto teor de proteínas e aminoácidos essenciais; mandioca com menores teores de ácido cianídrico; soja e canola com alteração no teor de ácidos graxos para produção de óleo com redução de gorduras saturadas; redução do stress ambiental. É também esperado que os futuros híbridos a serem desenvolvidos venham a apresentar tanto características agronômicas como características nutricionais. Algumas variedades já estão disponíveis para comercialização como é o caso da soja com perfil modificado de ácidos graxos (Austrália, Canadá, Japão, Nova Zelândia), canola com esta mesma característica (Canadá, EUA), o milho com maior teor de lisina (Austrália, Canadá, Japão, Filipinas, EUA) (pg.4).

No 4º e último ponto, a autora apresenta alguns casos em que as alterações de características nutricionais elevam o nível e a concentração de proteínas e outras substâncias benéficas ao organismo humano. Dessa forma, cria expectativas acerca de híbridos futuros que poderão fundir melhores características agronômicas com melhores características nutricionais.

#### 4.3 DISCUSSÃO

Percebe-se que Branquinho (2010) adota uma posição favorável aos OGM's, que pode ser identificada durante a leitura da tese pelos argumentos e exemplos utilizados, sempre em defesa da questão e notadamente em maior peso que as idéias e pesquisas contrárias. Estas são, por sua vez, em geral, imediatamente refutadas e questionadas sobre sua validade.

## 5 ANÁLISE DO TERCEIRO TRABALHO ACADÊMICO

O último trabalho a ser analisado é a tese de Carmem Luiza Cabral Marinho da Escola Nacional de Saúde Pública intitulada “O discurso polissêmico sobre plantas transgênicas no Brasil: estado da arte” e publicada em 2003. Nele, a autora pretende realizar um levantamento e um exame do discurso sobre a questão das plantas geneticamente modificadas no Brasil.

### 5.1 ARGUMENTOS CONTRA

É inegável a contribuição que a biotecnologia tem oferecido na melhoria da qualidade de vida da população, sobretudo na área de medicamentos e vacinas. No entanto, os recentes avanços dessa área na agricultura, da mesma forma que outras transformações ocorridas nos processos de produção desse setor com vistas a aumentar a produtividade, não garantem a redução de ônus para o meio ambiente (pg.102).

“Uma das conclusões cabíveis, a partir da análise dos dados obtidos, é que, até hoje, os transgênicos existentes para comercialização seriam dispensáveis para agricultura brasileira. Outras práticas agrícolas de menor custo e, especialmente, mais afinadas com o conceito de sustentabilidade poderiam ser adotadas” (pg.102).

No 1º e 2º ponto, a autora destaca que apesar da biotecnologia oferecer avanços na agricultura e na melhoria da qualidade de vida, esta não assegura a ausência de riscos ao meio ambiente. Reforça, ainda, a idéia de que os transgênicos seriam desnecessários e que existem outras técnicas agrárias sustentáveis de custo mais reduzido.

A justificativa, apresentada por autoridades governamentais favoráveis à produção de alimentos transgênicos, de que com sua exportação se obteriam melhores resultados na balança comercial do País não parece convincente. Uma parcela considerável do mercado internacional, como parte dos países europeus, vem reiterando uma postura de rejeição aos transgênicos. Com o plantio da soja alterada geneticamente, o Brasil - segundo maior produtor mundial de soja, com fortes indícios de que rapidamente se tornará o primeiro - perderia essa importante fatia do mercado. O Governo, no entanto, parece ter desconsiderado tal possibilidade, uma vez que sequer normatizou a exigência de certificação das sementes, o que permitiria ao comprador assegurar-se da natureza do produto adquirido (pg.103).

O desenvolvimento desse tipo de tecnologia requer um alto grau de recursos financeiros, dos quais unicamente empresas de grande porte podem dispor, imbuídas da perspectiva otimista de retorno de seu investimento. Em conseqüência, o receio de que a produção agrícola, com a adoção dessa tecnologia, fique subordinada aos interesses das empresas de biotecnologia,

especialmente das grandes multinacionais que controlam o suprimento mundial de sementes tem fundamento. Uma vez que essas empresas desenvolvem transgeneses para que plantas apresentem resistência aos pesticidas que elas mesmas produzem, é lógico deduzir que os agricultores e os países em desenvolvimento vêm-se submetidos a uma situação permanente de dependência, ao ter que adquirir sementes e pesticidas da mesma empresa (pg.103).

No 3º e 4º ponto, discute-se a monopolização que já ocorre dessa tecnologia por parte de corporações multinacionais e a subordinação e dependência do pequeno produtor e de países em desenvolvimento. Critica, também, a explicação de autoridades que afirmam que a produção e comercialização de transgênicos possibilitariam melhoras na balança comercial do país, uma vez que diversos países europeus possuem uma postura contrária à eles.

Essa ausência de critérios explícitos para o deferimento de liberações experimentais no meio ambiente, bem como a omissão dos órgãos de vigilância e fiscalização, poderão constituir a gênese de eventuais danos ao meio ambiente. Se a dimensão e as possibilidades de reversão desses danos configuram desafios ao estabelecimento de previsões irrefutáveis, sua ocorrência certamente imporá a todos –críticos ou adeptos da decisão tomada – um imponderável ônus (pg.104).

Neste ponto, a autora condena a atuação de instituições e autoridades responsáveis, que, segundo ela, tomam uma atitude omissa frente às liberações. Reitera a possibilidade de danos ao meio ambiente que, por sua vez, impõe consequências a todos os membros da sociedade.

Um argumento freqüentemente utilizado é o de que, com a introdução dos alimentos transgênicos, se reduziria ou eliminaria o problema da fome. Parece-nos extremamente simplista restringir a solução da problemática da fome à incorporação de avanços tecnológicos para aumentar a quantidade de alimentos. A estratégia fundamental para enfrentá-la reside sobretudo na implementação de políticas capazes de reduzir as imensas desigualdades sociais e propiciar uma distribuição eqüitativa dos bens produzidos. Embora não se possa negar que a biotecnologia agrícola disponha de um instrumental que permita futuramente contribuir para equacionar problemas nesse âmbito, no estágio atual os produtos disponíveis para comercialização não atendem a esse propósito. A ênfase em defendê-los relega a um plano secundário a adoção de soluções locais, de outras técnicas de menor custo, baseadas na experiência histórica acumulada, muitas das quais propiciaram significativo aumento de produção. Como consequência, reforçam-se muitas vezes velhos problemas, como a intensificação da monocultura e do uso de agrotóxicos (pg.103).

No 7º ponto, Marinho critica a justificativa dada que vegetais geneticamente modificados resolveriam o problema da fome, que se deve mais às desiguais distribuições

de renda do que à carência de alimentos. Contudo, não despreza seu papel no futuro a fim de se solucionar tais problemas.

## 5.2 ARGUMENTOS A FAVOR

O desenvolvimento da engenharia genética, principal ferramenta da moderna biotecnologia, tem permitido eliminar barreiras do mundo natural com a manipulação do material genético de microorganismos, animais e plantas. Esse avanço tecnológico vem sendo apontado como uma solução para superar problemas atuais da humanidade, particularmente a insuficiência de alimentos e o enfrentamento de doenças endêmicas nos países da periferia do capitalismo. No mundo desenvolvido, em especial, é considerado um elemento propulsor do setor agro-industrial, já que a alteração genética das plantas pode torná-las resistentes a insetos e vírus, a herbicidas e a geadas. Além disso, propiciaria uma maturação retardada, facilitando o transporte e concorrendo para uma possível redução de custos (pg.5).

No 1º ponto, a autora apresenta o potencial da engenharia genética para solucionar problemas da humanidade como a insuficiência de alimentos e as doenças endêmicas em países periféricos. Considera tal instrumento um elemento fundamental para o progresso do setor agrário-industrial pelas modificações genéticas que tornam as plantas mais resistentes e mais produtivas.

Não se trata, portanto, de rejeitar a tecnologia dos transgênicos. Tal postura seria indefensável. Colocaria o País à margem do progresso científico e da possibilidade de resolver, no futuro, problemas que afetam à população. Ao contrário, é prioritária uma política de fomento às investigações de universidades e institutos tecnológicos que tenham por objetivo o melhor aproveitamento da expressiva biodiversidade brasileira, de modo que o conhecimento produzido redunde na geração de patentes e se evite a apropriação estrangeira dessa riqueza (pg.102).

No 2º ponto, Marinho (2003) adverte que a tecnologia do DNA recombinante não deve ser rejeitada, pois colocaria a nação à margem dos avanços científicos. Recomenda, igualmente, a adoção de uma política de estímulo às pesquisas científicas a fim de se evitar as patentes estrangeiras da biodiversidade brasileira.

Nota-se que nesses dois pontos a favor, ela ressalta o potencial dessa tecnologia de se apresentar como solução de diversos problemas que afligem a sociedade, como o da fome, e como auxílio ao desenvolvimento da biotecnologia agrícola e ao progresso do país.

### 5.3 DISCUSSÃO

Percebe-se que Marinho (2003) possui uma posição contrária aos transgênicos pelo enfoque dado majoritariamente aos pontos negativos que essa tecnologia traria à sociedade. Ela destaca, ainda, a todo o momento seus possíveis riscos tanto à saúde humana e ao meio ambiente quanto aos âmbitos social e econômico. Censura, do mesmo modo, a negligência e omissão de instâncias governamentais e as principais justificativas dadas para a implementação de vegetais geneticamente modificados.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A decodificação, assim como a manipulação do genoma, representam um dos avanços mais importantes da genética atual. Apesar do enfoque dado preferencialmente às plantas GM, a utilização dos organismos transgênicos é bem mais ampla, não se restringindo apenas à agricultura.

As plantas transgênicas são o resultado da aplicação de procedimentos biotecnológicos como a tecnologia do DNA recombinante sobre os vegetais, resultando em modificações genéticas a fim de torná-las mais economicamente vantajosas. Diversas técnicas têm sido utilizadas para tais transformações como pela intermediação de bactérias como a *Agrobacterium tumefaciens* e *Agrobacterium rhizogenes*, por bombardeamento de micropartículas ou por eletroporação.

Existe ao redor do mundo diversas políticas e legislações visando fiscalizar o uso dessa ferramenta. No Brasil, por exemplo, os produtos biotecnológicos são regulamentados pela lei nº 11.105, instituída em 24 de março de 2005, que estabelece dentre outros pontos uma Comissão Técnica Nacional de Biossegurança e a rotulagem obrigatória de mercadorias que contenham ingrediente transgênico (BRASIL, 2005).

Nos dias atuais, a contribuição gerada pelos transgênicos no campo biomédico é imensa e aparenta, ainda, ser um campo bastante promissor futuramente no estudo de complexos processos fisiológicos. No entanto, sua aplicação no campo alimentício é objeto de intensos debates e discussões em função da falta de provas científicas suficientes para confirmar sua segurança ou seu perigo para o ecossistema terrestre.

Pela análise anteriormente realizada, nota-se que também há discordâncias no meio científico, pois dos três trabalhos tomados como objeto de estudo, um assume uma posição contrária, outro, uma posição a favor e há, ainda, o que adota uma postura imparcial. Observa-se, além disso, que cada um deles enfatizou as questões e os estudos sobre a temática que estavam de acordo com suas opiniões, buscando, até mesmo, refutar as contrárias.

Neste novo século, o desenvolvimento da engenharia genética e da biotecnologia como resposta a revolução verde e sob a justificativa de solucionar a crise alimentar global, levanta questionamentos acerca dos reais beneficiários destas ferramentas. O aumento da

quantidade e da qualidade da produção de alimentos não assegura o acesso de todos, uma vez que o problema da fome não está na disponibilidade alimentar global, mas sim na pobreza de grande parte da população. Além disso, a monopolização do mercado agropecuário por empresas biotecnológicas multinacionais já é um problema atual e que pode vir a se agravar muito no futuro. A população, em geral, acompanha a polêmica de forma bastante restrita, pois não tem um conhecimento vasto sobre o assunto, daí a real necessidade da divulgação de informação para a sociedade.

## REFERÊNCIAS

- APOTEKER, Arnould. Ciência e democracia: o exemplo dos OGMs. In: ZANONI, Magda; FERMENT, Gilles (Orgs.). **Transgênicos para quem?** Brasília: MDA, 2011. p.82-92.
- AZEVEDO, João Lúcio de; FUNGARO, Maria Helena Pelegrinelli; VIEIRA, Maria Lúcia Carneiro. Transgênicos e evolução dirigida. **História, ciências, saúde – manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p.451-464, out. 2000.
- BARROS, L. M. G.; VIANA, A. A. B.; CARNEIRO, M. Aprendendo com as agrobactérias. **Biociência & Desenvolvimento**, n. 32, jan. -jun., 2004.
- BOBROWSKI, V. L. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p.843-850, set-out. 2003.
- BRANCO, Samuel Murgel. **Transgênicos: inventando seres vivos**. São Paulo: Moderna, 2004.
- BRANQUINHO, Maria Regina. **Estudo da quantificação de soja geneticamente modificada em alimentos pela técnica da reação em cadeia pela polimerase em tempo real: desenvolvimento de método evento específico**. 2010. 140 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010.
- BRASIL. Lei Nº 11.105, de 24 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/lei/L11105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/lei/L11105.htm)>. Acesso em 26/06/11.
- BRASIL. Lei Nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8974.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8974.htm)>. Acesso em 25/06/11.
- BRASIL. Decreto Nº4680, de 24 de abril de 2003. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/D4680.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4680.htm)>. Acesso em 26/06/11.
- CAMARA, Maria Clara Coelho et al. Transgênicos: avaliação da possível (in) segurança alimentar através da produção científica. **História, ciências, saúde – manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p.669-681, jul.- set. 2009.
- CAVALLI, Suzi Barletto. Segurança alimentar: a abordagem dos alimentos transgênicos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 14, p.41-46, 2011.

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA. **Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança**. Disponível em: <<http://www.cdb.gov.br/cartagena>>. Acesso em 25/06/11.

COSTA, Marco Antônio da; COSTA, Maria de Fátima Barrozo da. **Biossegurança de A a Z**. Rio de Janeiro: Publit, 2009.

\_\_\_\_\_. **Entendendo a biossegurança: epistemologia e competências para a área de saúde**. 2 ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2010.

COSTA, Thadeu Estevam Moreira Maramaldo. **Deteção de transgênicos em alimentos utilizando a técnica MULTIPLEX-PCR**. 2008. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008.

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

JAMES, C. **Situação Global da Comercialização das Lavouras GM: 2010**. Sumário Executivo 42 International Service for the Acquisition of Agro-Biotech Applications (ISAAA). 2010.

LEWGOY, F. A voz dos cientistas críticos. **História, ciências, saúde – manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p.503-508, jul.–out. 2000.

MARINHO, Carmem Luiza Cabral. **O discurso polissêmico sobre plantas transgênicas no Brasil: estado da arte**. 2003. 126 f. Tese (Doutorado), Curso de ciências na área de saúde pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2003.

MARINHO, Carmem L. C.; GOMEZ, Carlos Minayo. Decisões conflitivas na liberação dos transgênicos no Brasil. **São Paulo em perspectiva**, São Paulo, v. 18, n. 3, p.96-112, jul.- set. 2004.

NODARI, Rubens Onofre; GUERRA, Miguel Pedro. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 1, jan. 2003.

PAVARINO, Marco Aurélio. A Convenção sobre diversidade biológica da ONU: o cenário internacional e as agendas internas do Brasil. In: ZANONI, Magda; FERMENT, Gilles (Orgs.). **Transgênicos para quem?** Brasília: MDA, 2011. p.345-367.

SANTARÉM, E. R. Métodos eficientes para a transformação genética de plantas. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 15, p.81-90, jun. 2000.

SERAFINI, Luciana Atti; BARROS, Neiva Monteiro; AZEVEDO, João Lúcio de (Orgs.). **Biotechnologia: avanços na agricultura e na agroindústria**. Caxias do Sul: EDUCS, 2002.

TEIXEIRA, R. A.. **Evolução do Quadro Político e Jurídico para o Comércio dos Organismos Geneticamente Modificados** (Nota Técnica). 2004.

VALLE, Silvio. Transgênicos sem maniqueísmo. **História, ciências, saúde – manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, out. 2000.

ZANONI, Magda et al. O biorrisco e a comissão técnica nacional de biossegurança: lições de uma experiência. In: ZANONI, Magda; FERMENT, Gilles (Orgs.). **Transgênicos para quem?** Brasília: MDA, 2011. p. 244-276.

## BIBLIOGRAFIA

Alface transgênico pode ajudar no diagnóstico de dengue. Disponível em <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2011/outubro/2a-semana/alface-transgenico-pode-ajudar-no-diagnostico-de-dengue>>. Acesso em 02/11/11.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)>. Acesso em 25/07/11.

COSTA, Marco Antonio F. da; COSTA, Maria de Fátima Barrozo da (Orgs.). **Biossegurança de OGM: uma visão integrada**. Rio de Janeiro: Publit, 2009.

Críticos aos transgênicos estão mal informados, diz pesquisador. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/981533-criticos-aos-transgenicos-estao-mal-informados-diz-pesquisador.shtml>>. Acesso em 02/11/11.

CTNBio aprova feijão transgênico desenvolvido pela Embrapa. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/333614.html>>. Acesso em 02/11/11.

GÖRGEN, Frei Sérgio Antônio (Org.). **Riscos dos transgênicos**. Rio de Janeiro: Vozes, 2000.

GRUPO DE CIÊNCIA INDEPENDENTE. **Em defesa de um mundo sustentável: sem transgênicos**. São Paulo: Expressão Popular, 2004.

LACEY, Hugh. Há alternativas ao uso dos transgênicos? **Novos estudos - CEBRAP**, São Paulo, p.31-39, n. 78, jul. 2007.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA. **Ciência, tecnologia e inovação: qualidade de vida**. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0004/4755.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4755.pdf)>. Acesso em: 17/10/11.

MOLINARO, Etelcia; CAPUTO, Luzia; AMENDOEIRA, Regina (Orgs.). **Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde: volume 1**. Rio de Janeiro: EPSJV/IOC, 2009.

MVA-B Spanish HIV Vaccine Shows 90 Percent Immune Response in Humans. Disponível em <<http://www.sciencedaily.com/releases/2011/09/110928105722.htm>>. Acesso em 02/11/11.

PITA, Isabel Martinez. **Transgênicos: uma polêmica com interesses ocultos**. Disponível em: <<http://br.noticias.yahoo.com/-transg%C3%AAnicos--uma-pol%C3%AAmica-com-interesses-ocultos.html?page=2>>. Acesso em 6/11/11.

SILVEIRA, José Maria F. J. da; POZ, Maria Ester Dal; ASSAD, Ana Lúcia (orgs.). **Biotecnologia e recursos genéticos**: desafios e oportunidades para o Brasil. Campinas: Instituto de economia/ FINEP, 2004.

VALLE, Sílvio; TELLES, José Luiz (orgs.). **Bioética e Biorrisco**: Abordagem transdisciplinar. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

VENDÔMOIS, J. S. De et al. Debate on GMOs Health Risks after Statistical Findings in Regulatory Tests. **Int. J. Biol. Sci**, p.590-598, Oct. 2010. Disponível em <<http://www.biolsci.org/v06p0590.htm>>. Acesso em 27/11/10.

ZANONI, Magda; FERMENT, Gilles (Orgs.). **Transgênicos para quem?** Brasília: MDA, 2011.