

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
VII CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO INDUSTRIAL
CONHECIMENTO E INOVAÇÃO

ALINE JORGE

**CASO DO MILHO GENETICAMENTE MODIFICADO: QUESTÕES
DE PRODUÇÃO, SEGURANÇA E MÉTODOS DE DETECÇÃO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA

2011

ALINE JORGE

**CASO DO MILHO GENETICAMENTE MODIFICADO: QUESTÕES
DE PRODUÇÃO, SEGURANÇA E MÉTODOS DE DETECÇÃO**

Trabalho de Monografia apresentada
como requisito parcial à obtenção do
título de Especialista em Gestão
Industrial: Conhecimento e Inovação
da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Juliana Vitoria
Messias Bittencourt

PONTA GROSSA

2011



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

**O CASO DO MILHO GENETICAMENTE MODIFICADO: QUESTÕES DE PRODUÇÃO,
SEGURANÇA E MÉTODOS DE DETECÇÃO**

por

Aline Jorge

Esta monografia foi apresentada no dia 10 de dezembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM GESTÃO INDUSTRIAL: CONHECIMENTO E INOVAÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
(UTFPR)**

Prof. Dr. Ivanir Luiz de Oliveira (UTFPR)

**Prof^ª. Dr^ª. Juliana Vitoria Messias
Bittencourt (UTFPR)**
Orientador

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
Coordenador ESPGI-CI
UTFPR – Campus Ponta Grossa

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Secretaria

Dedicatória

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço a Dra. Juliana Vitoria Messias Bittencourt pela orientação desta pesquisa e pelos momentos de aprendizado. Agradeço, também, à Marjory Xavier, aluna do Mestrado em Engenharia de Produção pela sua atenção e as sugestões oferecidas em parte deste trabalho.

A todos os colegas do Curso de Especialização em Gestão Industrial gostaria de externar minha satisfação de poder conviver com eles durante a realização deste estudo.

Agradeço aos pesquisadores e professores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo. Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

“Se você quer ser bem sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si.” (Ayrton Senna)



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

**O CASO DO MILHO GENETICAMENTE MODIFICADO: QUESTÕES DE PRODUÇÃO,
SEGURANÇA E MÉTODOS DE DETECÇÃO**

por

Aline Jorge

Esta monografia foi apresentada no dia 10 de dezembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM GESTÃO INDUSTRIAL: CONHECIMENTO E INOVAÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
(UTFPR)**

Prof. Dr. Ivanir Luiz de Oliveira (UTFPR)

**Prof^a. Dr^a. Juliana Vitoria Messias
Bittencourt (UTFPR)**
Orientador

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
Coordenador ESPGI-CI
UTFPR – Campus Ponta Grossa

RESUMO

JORGE, Aline. O caso do milho geneticamente modificado: questões de produção, segurança e métodos de detecção. 2011. 51 f. Monografia (Especialização em Gestão Industrial: Conhecimento e Inovação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

Esta pesquisa apresenta uma abordagem teórico-conceitual das questões de desenvolvimento de novas linhagens de milho geneticamente modificadas, com foco em questões sobre as melhorias de produtividade, redução de custos para o produtor, biossegurança e métodos de detecção de OGMs (Organismos Geneticamente modificados). Apresenta dados estatísticos da quantidade de milho que é produzida mundialmente, no país e no estado do Paraná, e quanto do total dessa produção é composta por milho OGM. Discute as características que são fornecidas às novas plantas, que podem apresentar elevada produtividade, aspectos relacionados à sua segurança no meio ambiente, as linhagens que estão desenvolvidas e pesquisadas atualmente, bem como as que já foram liberadas para comercialização no país. O estudo compõe uma coleta de dados e informações sobre ao milho como OGM, e aponta o potencial de produção, pesquisa e desenvolvimento e novos produtos, os riscos que podem fornecer à saúde do consumidor e ao meio ambiente, bem como os métodos que são utilizados para detecção e quantificação de OGMs.

Palavras-chave: Milho. Organismos geneticamente Modificados. Formulações Agroalimentares. Biossegurança. Métodos de detecção de OGM.

ABSTRACT

JORGE, Aline. The case of genetically modified maize: production issues, security and detection methods. 2011. 51 f. Monografia (Especialização em Gestão Industrial: Conhecimento e Inovação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

This research presents theoretic and conceptual issues of developing new strains of genetically modified corn, focusing on issues of productivity improvements, cost savings for producer, biosafety and detection methods for GMOs (Genetically Modified Organisms). Presents statistical data of the amount of corn that is produced worldwide and in the country and the state of Paraná, and how much of total production consists of GM corn. Discusses the features that are provided to new plants that may have high productivity, issues related to their safety in the environment, strains that are currently developed and researched, as well as those already commercially released in the country. The study arranges collection of data and information about corn as GMO, and points out the potential for production, research and development and new products products, the risks that can be offered to consumer's health and the environment, as well as the methods that are used to detection and quantification of GMOs.

Keywords: Corn. Genetically Modified Organisms. Agri-food formulations. Biosafety. Methods for detection of GMOs.

Lista de Figuras

Figura 1- Fluxograma do processamento do milho por via seca	17
Figura 2- Fluxograma do processamento do milho por via úmida	17
Figura 3- Etapas de avaliação para liberação comercial de Vegetais Geneticamente Modificados	27
Figura 4- Símbolo indicativo de conteúdo transgênico em embalagens de alimentos.....	29
Figura 5- Efeitos diretos e indiretos de variedades transgênicas (OGM) e as interações complexas que fazem parte da avaliação de risco ambiental.....	36

Sumário

1. Introdução	11
2. Obejtivos	13
2.1. OBJETIVOS GERAIS	13
2.2. Objetivos Específicos.....	13
3. O milho como produto para formulações agroalimentares	14
3.1. Subprodutos do milho	16
3.2. Potencial do milho para desenvolvimento de novos produtos.	19
4. As transformações genéticas comumente realizadas no milho	20
4.1. Diferenças entre milho OGM e milho convencional	20
4.2. As transformações genéticas realizadas no milho.....	21
4.3. Equivalência Nutricional do milho OGM X milho convencional.....	24
4.4. Etapas para um milho OGM ser liberada para o plantio	25
4.5. Obrigatoriedades de rotulagem de produtos contendo milho OGM	28
4.6. Considerações sobre a liberação comercial e obrigatoriedade de rotulagem.....	29
5. Questões de biossegurança na produção de milho transgênico.....	30
5.1. Milho Transgênico X Milho Convencional	30
5.2. Riscos de Plantio Transgênico	33
5.3. Considerações sobre biossegurança	37
6. A gestão da tecnologia no caso do milho transgênico	38
6.1. Tecnologias para avaliação de produto transgênico.....	39
6.1.1. Identificação de plantas transgênicas por PCR	40
6.1.2. Integração da Técnica <i>Southern Blot</i>	41
6.1.3. Análise de RNA pela Técnica <i>Northern Blot</i>	42
6.1.4. Detecção e Análise de proteínas pela Técnica <i>Western Blot</i>	43
6.1.5. Detecção de Proteínas pela Técnica ELISA.....	43
6.2. Como avaliar o caso milho transgênico	44
7. Considerações Finais	46

1. Introdução

O milho é uma das culturas que apresenta um aumento expressivo de produtividade ao longo dos anos devido à utilização de novas tecnologias, aumento do ganho genético e técnicas de manejo adequadas. O consumo mundial de milho cresceu de forma expressiva nos últimos quinze anos, saltando de 475,83 milhões de toneladas, no ano agrícola de 1989/1990, para 680,24 milhões de toneladas na safra 2004/2005, o que representou um crescimento médio anual de 2,4% (BRASIL, 2007).

O milho (*Zea mays L.*) é uma espécie da família das gramíneas, sendo classificado como terceiro cereal mais cultivado no mundo, perdendo apenas para o trigo e o arroz de acordo com a FAO em 2008 (SILVA et al, 2009). O milho, uma das culturas mais antigas do mundo, é considerado hoje a terceira cultura mais importante no mundo, não só pelo seu valor nutritivo, mas também economicamente (VASCONCELOS; CARNEIRO, 2010). No Brasil, a produção de milho vem crescendo ano após ano, visto que alguns dados da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) em 2008 apontam que e na safra 2007/08 a colheita foi de cerca de 58,59 milhões de toneladas, 14% superior à safra 2006/07 (SILVA et al., 2009).

No Brasil, o milho é plantado em praticamente todo o território nacional, havendo registro de produção de milho em 97% dos municípios brasileiros entre 2004 e 2008 (IBGE, 2010). De acordo com a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) (2010), em 2009/2010 foram plantados 12,94 milhões de hectares, resultando numa produção estimada de 51,3 milhões de toneladas (LANDAU et al., 2010).

A safra 2009/10 consolidou a utilização de cultivares de milho transgênico (no caso do milho *Bt*) no Brasil. Cerca de 35% das sementes adquiridas de milho na safra de verão foram de cultivares com eventos transgênicos e, na safrinha do ano de 2010, este percentual atingiu cerca de 42% (VIANA, 2010). De acordo com os dados expostos por Stone (2010), o Brasil foi o segundo colocado no ranking mundial de plantações transgênicas no ano de 2009, atrás apenas do Estados Unidos. Neste ano a área ocupada por plantações transgênicas correspondeu a um total de 21,4 milhões de hectares e 23% desse total correspondente a milho geneticamente modificado.

De acordo com Monteiro et al. (2002) os estados de Minas Gerais e São Paulo ocupam o primeiro e o segundo lugar, respectivamente, em produção de milho verde destacam-se também

no volume produzido os estados de Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul e Bahia. Minas Gerais produz 61.721 toneladas e São Paulo produz 58.699 toneladas correspondendo a 21,12 % e 20,09 % do total da produção nacional em 2002. A produtividade média dos três estados maiores produtores, Minas Gerais, São Paulo e Goiás, é 4.812 kg/ha, 5.277 kg/ha e 5.364 kg/ha, respectivamente.

Em 1979, o Brasil produzia cerca de 39 milhões de toneladas de grãos. Na safra de 2006-2007, essa produção aumentou para 120 milhões de toneladas. O país triplicou a produção agrícola em 27 anos. Esse aumento ocorreu graças à elevação da produtividade e à expansão da fronteira agrícola (FALEIRO; FARIAS, 2008).

De acordo com o Jornal Eletrônico da Embrapa de Outubro/Novembro de 2010, para a safra 2010/11 foram disponibilizadas 362 cultivares de milho convencionais. Além das cultivares convencionais, as transgênicas passaram de 104 na safra anterior para 136 na safra atual, demonstrando um grande incremento. Na safra atual, novos eventos transgênicos foram liberados oficialmente e, como consequência, resultaram em 136 versões transgênicas (VIANA, 2010).

Desta forma, a biotecnologia moderna está gerando um grande número de genes passíveis de serem utilizados para a melhoria genética do milho e as técnicas de transformação genética de plantas poderão ser empregadas para alterar a funcionalidade *in vivo* destes genes (CARNEIRO et al., 2009).

A ampliação das mudanças genéticas em grãos permite a introdução de características específicas em determinados produtos. Estas transformações genéticas não os tornam menos seguros do que alimentos não geneticamente modificados. Mas, como toda tecnologia, deve ser avaliada caso a caso, e esse processo tem ocupado instituições científicas e organismos legislativos em todo mundo (VENZKE et al., 2004).

Os organismos geneticamente modificados (OGMs) são organismos vivos, sejam eles plantas, animais ou microorganismos, cujo material genético foi alterado por meio de engenharia genética, seja pela introdução de seqüências de DNA exógenas, que podem ser originárias de qualquer organismo vivo (CONCEIÇÃO et al., 2006).

Segundo especialistas do agronegócio, mais de 50% do milho plantado no Brasil na safra 2010 foi geneticamente modificado. Essa tecnologia para a cultura do milho foi aprovada no Brasil apenas 2 anos antes, e esse rápido avanço na adoção dessa tecnologia em todas as culturas

já coloca o Brasil como 2º país do mundo em área plantada com sementes transgênicas (ROMANO, 2010).

2. Objetivos

2.1. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral da pesquisa é abordar o potencial produtivo do milho OGM, suas aplicações em produtos e subprodutos para consumo humano. As perspectivas para novas transformações genéticas e os riscos que podem oferecer à saúde humana e ao meio ambiente onde é cultivado.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Discutir o uso de milho em formulações agroalimentares;
- b) Realizar uma análise comparativa entre as características do milho convencional com o milho GM, discorrer sobre quais as transformações genéticas que tem sido estudadas no milho e, quais já são comercializadas no Brasil e no mundo; Discutir os aspectos que precisam ser avaliados antes da liberação de um produto OGM ser liberado para comercialização e a importância da presença da informação sobre o conteúdo transgênico em produtos alimentares que estão a disposição do consumidor.
- c) Explicar sobre biossegurança no plantio de milho transgênico devido à falta de conhecimento que se tem sobre as consequências que esse tipo de organismo pode trazer à natureza, bem as modificações podem ser causadas em outros tipos de seres vivos. Fazer uma comparação milho transgênico *versus* milho convencional e riscos atrelados ao plantio transgênico.
- d) Gestão da tecnologia

3. O milho como produto para formulações agroalimentares

A inovação tecnológica, em produtos alimentares, tem sido amplamente reconhecida, não apenas como um poderoso instrumento para o desenvolvimento econômico de longo prazo, mas também como uma das principais fontes de vantagem competitiva para empresas de todos os segmentos econômicos (CABRAL, 2004).

As unidades de produção agrícola e as empresas agroindustriais do Brasil encontram-se numa posição de extrema necessidade por recursos tecnológicos para tornarem-se mais inovadoras e enfrentarem os desafios da competição internacional (CUNHA; MATIAS, 2006). Quando aplicada em plantas, a biotecnologia tem como seu principal objetivo o aumento e produtividade e redução de custos para o produtor.

A partir da tecnologia da Engenharia Genética é possível desenvolver uma semente com o gene de uma planta associado ao gene de outra, para que se agreguem características que gere uma nova planta, que pode ser altamente produtiva, resistente às pragas e ainda capaz de se adaptar a quase todo tipo de solo, já que o DNA determina, por exemplo, a altura de uma planta, cor, resistência às pragas, produtividade (CUNHA; MATIAS, 2006).

Até o ano de 1982, o mercado mundial de produtos dependentes de Biotecnologia concentrava-se em bebidas alcoólicas, queijos, antibióticos, etanol combustível, xaropes com alto conteúdo de frutose, aminoácidos, levedura de panificação, esteróides, vitaminas, ácido cítrico, enzimas, vacinas e gomas polissacarídicas. Dessa maneira, de um mercado total de cerca de 78 bilhões de dólares, 80% relacionavam-se à indústria de alimentos (PEREIRA; BON; FERRARA, 2008). Essa realidade ainda é a mesma, mas a aplicação da tecnologia de DNA recombinante é aplicada em novos métodos, e desenvolvimento de outros tipos de OGM.

A partir da Revolução Industrial de XVIII o homem buscou soluções tecnológicas e coletivas de produção a partir das máquinas fazendo uma relação estreita entre elementos, tais como novos produtos e novas máquinas que gerem aumento e rapidez da produção (CUNHA; MATIAS, 2006).

Castro (2010) apresenta algumas vantagens das modificações genéticas em plantas, que podem ser tais como: diminuição do custo de produção e uso de agrotóxicos; resistência à insetos, pragas e doenças; melhoria da qualidade dos alimentos; aumento de produtividade;

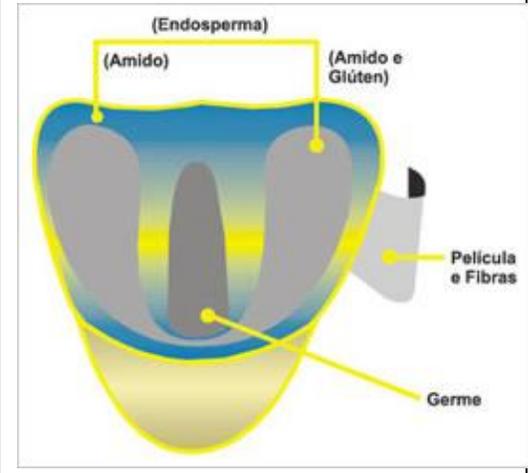
Uma das mais importantes fontes de alimento no mundo, o milho é insumo para a produção de uma ampla gama de gêneros alimentícios, rações e produtos industriais. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho, cujo cultivo é realizado praticamente em todo território nacional (BRASIL, 2011).

No Brasil, o cultivo do milho vem desde antes do descobrimento. Os índios, principalmente os guaranis, tinham o cereal como o principal ingrediente de sua dieta. Com a chegada dos portugueses, o consumo aumentou e novos produtos à base de milho foram incorporados aos hábitos alimentares dos brasileiros (ABIMILHO, 2006). Segundo Kowaski (2010), o Brasil na posição de terceiro maior produtor mundial do grão, pode atender com regularidade a mercados hoje operados de forma episódica na Europa, América Latina e África.

Cada 100 gramas do milho em grão contêm 360 kcal, quase 20% da necessidade calórica diária de um adulto. O cereal ainda é rico em vitaminas, sais minerais e a farinha tem valor protéico equivalente ao da farinha de trigo (KOWASKI, 2010).

O grão de milho, quando cortado na vertical, revela seus componentes básicos. Eles estão descritos conforme a descrição do Quadro 1:

Quadro 1- Componentes básicos do grão de milho

	<p>Endosperma - corresponde à maior parte do grão de milho e é composto basicamente de amido (quase 61%), além de outros 7% de glúten que envolve os granulos de amido e de pequena porcentagem de gordura e demais componentes.</p> <p>Película - é a parte que recobre o grão. Devidamente processada, ela é empregada como ingrediente em rações animais.</p> <p>Água - corresponde a aproximadamente 16% do grão de milho. A água também é utilizada no processo inicial de maceração. O liquor resultante da maceração é rico em vitaminas, especialmente do complexo B. Ele é normalmente usado em rações, além de ser aplicado na fabricação de antibióticos.</p> <p>Germe - é a parte vegetativa do grão e fonte de óleo do milho. O germe é um componente importante para alimentos, produtos farmacêuticos e aplicações industriais. As frações remanescentes do germe são processadas e podem ser utilizadas como ingredientes em rações animais.</p>
---	--

FONTE: Abimilho, 2006

A composição química do milho confere características nutricionais e tecnológicas aos seus derivados, sendo a manipulação desta composição direcionada a tornar ainda mais efetivas estas propriedades, tanto do ponto de vista da saúde humana, como no aspecto de funcionalidade e do valor econômico (AMARAL, 2010).

Tabela 2- Porcentagem do constituinte total indicado nas estruturas físicas específicas do grão de milho

Fração	% grão	Amido	Lipídeos	Proteínas	Minerais	Açúcares	Fibras
			% da parte (base seca)				
Endosperma	82	98	15,4	74	17,9	28,9	--
Gérmen	11	1,3	82,6	26	78,4	69,3	12
Pericarpo	5	0,6	1,3	2,6	2,9	1,2	54
Ponta	2	0,1	0,8	0,9	1	0,8	7

FONTE: Amaral, 2010.

3.1.Subprodutos do milho

Os ingredientes à base de milho estão presentes no dia-a-dia dos consumidores. Produtos lácteos, balas, confeitos, bebidas, pães e até mesmo insumos fornecidos para a indústria de papel e nutrição animal são exemplos de aplicações dos ingredientes fornecidos a partir do milho (OLIVEIRA, 2011).

A industrialização do grão do milho origina uma ampla série de ingredientes destinados aos mais variados segmentos industriais, desde a alimentação humana, o setor têxtil, farmacêutico, químico ou de alimentação animal (MENEGUETTI; DOMINGUES, 2008). Do milho, obtêm-se em torno de noventa derivados diferentes; entre esses, os principais são *grits*, fubá, canjica, óleo, amido, amilose, amilopectina, zeína e fibras (GONÇALVEZ et al., 2003). Esses produtos podem ser obtidos pelo processamento por via seca ou por via úmida, conforme o apresentado nas Figura 1 e Figura 2, respectivamente.

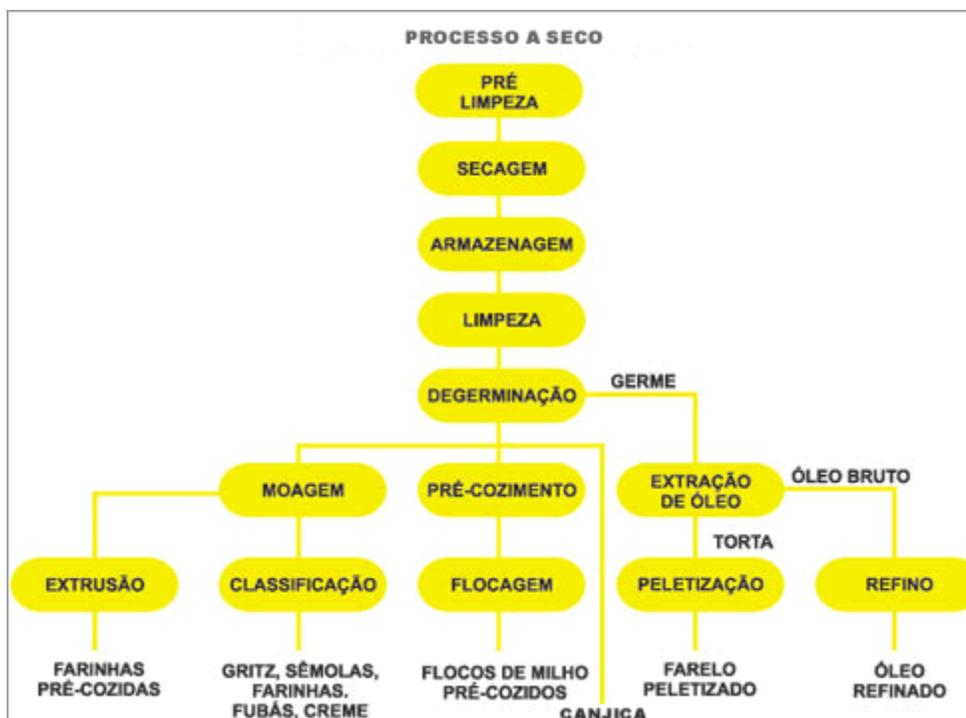


Figura 1- Fluxograma do processamento do milho por via seca
 FONTE: Abimilho, 2006.

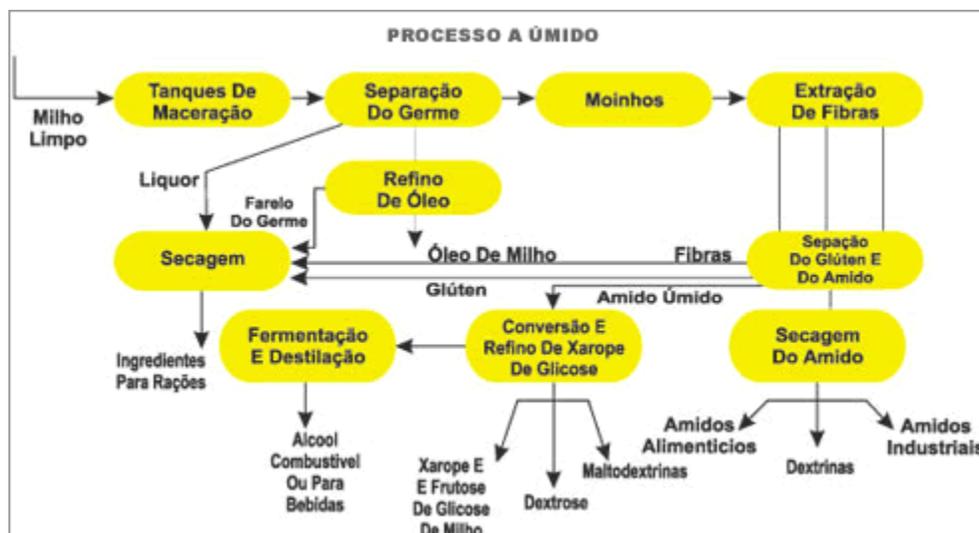


Figura 2- Fluxograma do processamento do milho por via úmida
 FONTE: Abimilho, 2006.

Quando se usa o produto final moído, no estado seco, é mais econômico moer a seco para evitar secagem posterior. Nesse caso, a classificação também poderia ser a seco (peneiramento a seco e classificação a ar, por exemplo) (SANTOS et al., 2010).

Entre as vantagens da moagem úmida do milho, uma das mais importantes é a máxima recuperação possível do amido, com alta qualidade para uso industrial geral (confecção de tecidos, processamento de couro, produção de papel e adesivos entre outros) e na indústria de alimentos, normalmente, se é usado como amido modificado, que é aplicado para melhorar as características de muitos outros produtos (SANTOS et al., 2010).

Santos et al. (2010) ressalta que há melhor qualidade geral do produto final via úmida, mas aponta a potencialidade do processo via seca quanto à sua economia de energia e até ganhos na resistência evidenciados pelos módulos de ruptura maiores que os obtidos pelo outro processo.

O óleo do milho é considerado de boa qualidade pelo consumidor, pois tem sabor agradável, levemente adocicado. Devido a sua estabilidade própria, tem longa vida de prateleira e é resistente a transformações quando submetido a altas temperaturas, como é o exemplo da fritura (RODRIGUES et al., 2003).

O farelo de milho é o principal subproduto da indústria do amido, usado para alimentação animal. Sua obtenção é feita através da separação e concentração do glúten extraído do milho pelo processo de moagem úmida. (MENEGETTI; DMINGUES, 2008). É composto basicamente pelas fibras digestíveis do grão de milho e parte do glúten, além de parte do amido e frações protéicas não extraídas no processo primário de separação, enriquecido com água de maceração concentrada. Segundo Amaral (2010), o mercado mundial de amido é proveniente de milho, trigo, mandioca, batata e batata doce. Sendo o milho a matéria prima de 75% da produção total.

Para Meneghetti e Domingues (2008), na indústria de produtos alimentícios, o amido e seus derivados são utilizados na produção de biscoitos, pães, pós para pudins, fermentos, macarrão, balas, gomas, doces em pasta, compotas, sorvetes, cervejas, refrigerantes, sopas, achocolatados, embutidos, produtos farmacêuticos, etc.

Enquanto o óleo de milho é o produto mais valioso, o amido e, por conseguinte, o bioetanol, é aquele produzido em maior volume, com rendimentos ao redor de 440 litros de bioetanol por tonelada seca de milho (JARDINE; DISPATO; PERES, 2009).

O milho pode ser matéria prima para produção de bioetanol. Trata-se de um subproduto obtido a partir de grãos amiláceos e pode substituir outros combustíveis mais poluentes, além da tendência ao esgotamento dos combustíveis fósseis.

Para Jardine, Dispatto e Peres (2009), o bioetanol pode ser produzido de milho adotando moagem úmida ou seca. A via úmida era a opção mais comum até os anos 1990, mas, hoje em dia, a via seca, uma opção com custos de investimento e operacionais mais baixos, reduzindo consideravelmente o custo final do bioetanol se consolidou como o processo mais utilizado para a produção do bioetanol (NOVOZYMES, 2002).

3.2. Potencial do milho para desenvolvimento de novos produtos.

O sistema agroalimentar brasileiro vem apresentando um bom desempenho desde o início da década de 90. Entre 1990 e 1993, beneficiou-se de um aumento de sua produção, conseguido essencialmente graças à melhoria de sua produtividade, e apresentou evidentes potencialidades de expansão (CUNHA; MATIAS, 2006).

O milho é um dos alimentos mais nutritivos que existem. Puro ou como ingredientes de outros produtos, é uma importante fonte de energética para o homem. Ao contrário do trigo e o arroz, que são refinados durante seus processos de industrialização, o milho conserva sua casca, que é rica em fibras, fundamental para a eliminação das toxinas do organismo humano (ABIMILHO, 2006).

Maior que as qualidades nutricionais do milho, só mesmo sua versatilidade para o aproveitamento na alimentação humana. Ele pode ser consumido diretamente ou como componente para a fabricação de balas, biscoitos, pães, chocolates, geléias, sorvetes, maionese e até cerveja (ABIMILHO, 2006).

No Brasil, alguns programas de produção de alimentos formulados têm surgido em que se procura substituir a proteína de origem animal da dieta por fontes de origem vegetal, uma vez que estas apresentam custos mais baixos (GUILHERME; JOKL, 2005). Como já conhecido o milho é um produto com elevada produtividade e com inúmeros subprodutos com aplicações distintas, o que aponta o seu grande potencial para o desenvolvimento de produtos e aplicações como ingrediente melhorando a qualidade nutricional de outros produtos alimentares.

Guilherme e Jokl (2005), desenvolveram uma pesquisa avaliando o emprego de uma farinha de milho com elevado teor protéico como substituta a farinha de trigo convencionalmente usada para produtos de panificação, e os resultados obtidos para os biscoitos contendo as farinhas mistas foram considerados satisfatórios quando comparados aos do biscoito contendo

apenas farinha de trigo. O emprego de fubá com qualidade protéica mais elevada na farinha mista estudada acarretou pequena melhoria na qualidade nutricional, quando comparada com a do fubá mimoso. Porém, o produto não foi bem aceito sensorialmente.

Este fato demonstra o grande potencial para pesquisa e desenvolvimento de produtos a base de milho, para melhorar características sensoriais e tecnológicas de suas aplicações em formulações alimentares. Visto que é apontado como economicamente viável, e simultaneamente um produto de elevada qualidade nutricional.

Paralelamente a esses aspectos, as transformações genéticas, que podem reduzir custos de produção de sementes, aumentarem a produtividade nas lavouras, e ainda melhorar a qualidade nutricional do milho, também são um grande potencial de desenvolvimento para novas formas de aplicações desse cereal. Ainda, pesquisas para a criação de novas variedades de milho podem influenciar no desenvolvimento econômico, e na qualidade da alimentação do país.

4. As transformações genéticas comumente realizadas no milho

As sementes de milho Geneticamente Modificadas (GM) mais comuns são a tolerante a herbicida e a semente *Bt*, porém existem outras transformações que são utilizadas e outras que estão sendo desenvolvidas. Para Carneiro et al. (2000), a maioria dos estudos de transformação de milho são focados em linhagens adaptadas ao clima temperado, muito pouca atenção têm sido dada às linhagens tropicais.

Com o crescente aumento da produção de milho GM vem se tornando cada vez mais necessário o desenvolvimento de estudos sobre os aspectos genéticos que precisam ser melhorados de acordo com necessidades regionais, nutritivas e de produtividade. O aumento da produção transgênica acarreta também no elevado número de produtos alimentícios que estão à disposição do consumidor.

4.1. Diferenças entre milho OGM e milho convencional

A agricultura tradicional dos dias atuais é mais eficiente que a do passado de acordo com os dados apresentados por Andrade et al. (2009) onde demonstra que o aumento da área usada na

agricultura de 1,85 vezes, e houve redução de mal-nutridos, o preço dos alimentos caiu de 100% para 47% e o rendimento dos cereais de 100% aumento para 196%. Esses dados demonstram que houve importância significativa na economia e também na alimentação da população mundial acarretadas pelas transformações genéticas, e ainda existem aspectos que precisam ser melhorados.

As técnicas de melhoramento genético chamadas clássicas incluem seleção, cruzamentos entre espécies distantes, fusão de protoplastos, variação somaclonal, manipulação de ploidia e outras (CUSTERS et al, 2001apud ANDRADE, 2009)

A transgenia apenas incorporou nas variedades superiores um ou poucos genes responsáveis por características específicas, que conferem certas vantagens adicionais, como resistência a insetos-pragas, herbicidas, entre outras (PATTERNIANI, 2002). Pode haver cruzamentos naturais entre organismos modificados e não modificados, que levem a mudanças ambientais. Segundo os autores Nodari e Guerra, os ecossistemas são complexos e nem todo risco associado com a liberação de um Organismo Geneticamente Modificado (OGM) pode ser identificado e considerado (NODARI; GUERRA, 2001).

Com mais de 60 anos de melhoramento de milho, o Brasil tem hoje mais de 300 diferentes genótipos comerciais de milho para atender ao agricultor que planta variedades melhoradas de polinização abertura de híbridos simples de última geração com potencial genético para produzir acima de 12 toneladas por hectare (ANDRADE et al., 2009).

A Resolução Normativa nº 4 da CNTBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança) que normatiza a distância de isolamento de lavouras de milho GM e milho não GM para que suas culturas possam conviver pacificamente de modo que não ocorra o fluxo gênico entre as espécies cultivadas em áreas próximas (ANDRADE et al., 2009). De acordo com a Resolução Normativa nº 4, a distância mínima entre plantações de cultivares GM e não GM deve ser de no mínimo 100 metros ou 20 metros desde que acrescida de bordadura com no mínimo 10 fileiras de plantas de milho convencional de porte e ciclo vegetativo similar ao milho geneticamente modificado (CTNBio, 2007).

4.2. As transformações genéticas realizadas no milho

Com desenvolvimento da biologia molecular, houve um grande avanço na compreensão dos mecanismos genéticos e bioquímicos básicos o que permitiu o desenvolvimento de novas

estratégias de melhoramento via transformação genética (CARNEIRO et al., 2000). Essas transformações podem ocorrer de várias maneiras com objetivos diferentes.

Segundo Andrade et al. (2009), é preciso achar e quantificar as características desejadas entre milhões de plantas e são necessárias várias gerações para isolar o cultivo melhorado, e trata-se de um processo trabalhoso e demorado.

A primeira geração de PGMs (Plantas Geneticamente Modificadas) tinha como objetivo maior reduzir perdas no campo e, como consequência aumentar a produtividade final. Essas plantas podem ser classificadas em três grupos principais, conforme a característica adquirida via transgenia: tolerância a herbicidas, resistência a insetos e acúmulo dessas duas funções (ANDRADE et al., 2009).

Apesar dos cereais serem um dos grupos mais difíceis de se transformar, as transformações genética deste grupo de plantas têm sido conseguidas utilizando estratégias tais como eletroporação, biobalística e *Agrobacterium tumefaciens*. A biobalística oferece vantagens tais como independência de genótipos específicos, simplicidade dos protocolos de transformação, uso de construções mais simplificadas (CARNEIRO et al., 2000). Existe ainda, o método do milho híbrido que se baseia na produção de linhagens obtidas após sucessivas autofecundações. As vantagens que se tem da utilização de híbridos de milho são a associação de características de distintos genitores, a exploração de interações gênicas e da heterose na geração híbrida e a produção de genótipos uniformes (PATERNIANI, 1974 apud SILVA et al., 2009).

A maior ou menor importância desses aspectos tem direcionado a escolha do tipo de modificação genética que será utilizada em determinada espécie de planta explorada comercialmente. No milho 26% da área plantada o são com cultivares com o gene Bt isoladamente, 17% da área com cultivares resistentes a glifosato e 9% com sementes que incorporam ambas as características (GARCIA; DUARTE, 2006).

Como exemplos de produtos com melhoria de qualidade nutricional em desenvolvimento nos Estados Unidos (USDA, 2001) foram citados por Watannabe e Nutti (2003): modificação no perfil lipídico, para a obtenção de óleo mais nutritivo; modificação no perfil de aminoácidos, com aumento dos teores de triptofano e lisina; implicando proteína de maior valor biológico; aumento do teor de carotenóides, para o aumento de vitamina A; alteração no metabolismo dos carboidratos; redução do nível de fitatos, otimizando o produto para ração animal.

Um dos tipos de modificação muito utilizada, no Brasil, é quanto à resistência a pragas, em particular insetos da ordem Lepidoptera (lagarta-do-cartucho, lagarta-da-espiga e lagarta-do-colmo). De acordo com dados da CTNBio (2007), estima-se que elas possam causar danos de até 34% na produção de grãos de milho. Com o aumento da área cultivada com o milho “safrinha”, fechando o ciclo de várias pragas e doenças, o problema se agravou. Em algumas áreas do Centro-Oeste brasileiro, são necessárias dezenas de pulverizações com inseticidas em um único ciclo da cultura. Esse tipo de modificação tem como objetivo melhorar os rendimentos da produção e reduzir o uso de agrotóxicos nas plantações.

Segundo Vasconcelos e Carneiro et al. (2010) períodos de seca podem causar problemas na cultura do milho. Trata-se de uma planta que absorve uma grande quantidade de água por dia, caso isso não ocorra de maneira adequada podem desenvolver espigas estéreis ou com poucos grãos. Com o objetivo de melhorar esses efeitos climáticos, a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) desenvolve estudos para tornar essa planta tolerante à seca. Essas sementes ainda encontram-se em estudos, com a finalidade de se encontrar o melhor método de aplicação e gene adequado para implementação da característica que torne a variedade tolerante a períodos de seca.

Em uma notícia publicada na Folha de São Paulo (2009) anunciou uma variedade de milho GM, desenvolvida por pesquisadores espanhóis, com níveis elevados de três nutrientes: betacaroteno (precursor da vitamina A), folato (vitamina B) e ascorbato (vitamina C). O genoma da planta foi modificado com três genes, uma para a síntese de cada molécula. O experimento foi feito com o milho branco, principal variedade consumida na África subsaariana, e a proposta dos cientistas é que ela seja usada para reduzir a desnutrição no continente, porém a planta ainda está sendo avaliada quando a sua segurança.

No Brasil, O primeiro Parecer Técnico para liberação comercial de milho geneticamente modificado foi aprovado em agosto de 2007. Trata-se do Milho Guardian, evento MON810, requerido pela Monsanto do Brasil Ltda., resistente a insetos da ordem Lepidoptera, tem seu uso proposto para uso em silagem, grãos para consumo humano e animal e seus derivados (CTNBio, 2007).

No total, são 17 variedades de milho GM liberados no Brasil, dos quais 11 são resistentes ao herbicida glifosato, sendo 3 deles simultaneamente resistentes ao glifosato e glufosinato de

amônio, e 1 é resistente ao glufosinato de amônio. Dos demais, 2 são resistentes à insetos da ordem Lepidoptera, e 4 são resistentes a herbicidas e a insetos (CTNBio, 2009).

4.3. Equivalência Nutricional do milho OGM X milho convencional

Para determinar a equivalência nutricional, se considera que este conceito é um ponto de início que permite a comparação entre um OGM com o seu par convencional, e também permite identificar as diferenças intencionais e não intencionais, nas quais se requer maior ênfase na avaliação do novo OGM (HERNÁNDEZ; ESQUIVEL, 2008).

O Princípio da Equivalência Substancial objetiva avaliação comparativa, visando concluir que um alimento geneticamente modificado (ou substâncias nele introduzidas) é tão seguro quanto seu análogo convencional, com histórico de uso seguro, identificando-se, assim, similaridades e diferenças (VIEIRA, 2007).

Para Hernández e Esquivel (2008), existem três possibilidades de aplicar o conceito de equivalência nutricional:

- Primeiro: há equivalência nutricional quando um OGM não apresenta diferenças relevantes com o conteúdo nutricional, toxicológico ou alergênico em relação ao seu par convencional.
- Segundo: podem ser equivalentes em tudo, exceto nas diferenças definidas pela modificação genética que foi submetido. Para isso se deve avaliar as implicações dessas diferenças.
- Terceiro: não há equivalência nutricional com relação ao par convencional, e o novo OGM deve ser avaliado mais detalhadamente.

Para tanto, se faz necessária a realização de testes experimentais para que sejam obtidos dados mais consistentes, esta avaliação é realizada através de estudos em que animais (como ratos, peixes, frangos, porcos e gado) são alimentados com rações produzidas a partir do organismo geneticamente modificado (WATANNABE; NUTTI, 2002).

Para a CTNBio (2002), a avaliação da equivalência nutricional de um produto geneticamente modificado, deve responder às questões:

- Há necessidade de algum processamento do VGM (Vegetal Geneticamente Modificado) anteriormente ao consumo?

- Há diferença significativa entre a composição química e nutricional do alimento oriundo do VGM e do vegetal não modificado "in natura" ou após processamento?
- A qualidade nutricional do alimento é alterada pela modificação genética introduzida?
- Alimentos derivados de animais alimentados com VGMs ou qualquer de suas partes, "in natura" ou após processamento, apresentam alterações relativas à sua composição química ou características nutricionais?
 - Houve alteração na estrutura, composição ou teor de carboidratos e suas partes?
 - Houve alteração que afete a digestibilidade ou a qualidade nutricional em um carboidrato macrocomponente da dieta?
 - Houve alteração na estrutura, composição ou teor de gorduras ou óleos no VGM e suas partes? As alterações foram em um óleo ou gordura que constitui um macrocomponente da dieta humana ou animal?

O objetivo é garantir que o alimento, e quaisquer substâncias que nele tenham sido introduzidas como resultado de modificação genética, sejam tão seguros quanto seus análogos convencionais (WHO, 2000 apud WATANNABE; NUTTI, 2003). O conceito de equivalência nutricional é associado quase que somente à avaliação de plantas geneticamente modificadas, mas também poderia ser expandido para outros organismos geneticamente modificados ou organismos modificados por outras biotécnicas ou melhoramento tradicional (PEDERSEN, 2000).

4.4. Etapas para um milho OGM ser liberada para o plantio

Muitas vezes, a introdução de regulamentação de segurança para tecnologias emergentes foi reativa e não proativa, ou seja, apenas após um acidente e não antes (ANDRADE et al., 2009). Para garantir que não hajam acidentes de escape gênico, e problemas ambientais e também à saúde do consumidor foram implementadas normas e regulamentações para a liberação comercial de um produto geneticamente modificado.

O impacto de uma transgenia no ambiente e na saúde humana deve ser criteriosamente avaliado via análise de risco. "Risco é tecnicamente a probabilidade de um evento danoso multiplicado pelo dano causado". Então, se o dano é grande, mesmo uma baixa probabilidade pode significar um risco inaceitável (NODARI; GUERRA, 2003).

Andrade et al. (2009) cita alguns exemplos importantes de entidades que afirmam a segurança dos alimentos GM, que são: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO, Organização Mundial da Saúde – OMS, e academias de ciências do Reino Unido, Academia Real de Medicina, da União Européia, Academia Nacional dos Estados Unidos, e a Do Vaticano. De acordo com a Instrução Normativa nº 20 (CTNBio, 2002), ficam isentas da avaliação quanto à segurança alimentar as plantas ou produtos derivados, provenientes de importações, desde que já tenham sido avaliadas por algum dos órgão citados mediante avaliação e aprovação prévia.

Em 1995, entrou em vigor no Brasil a Lei de Biossegurança (Lei nº 8.974/95). No mesmo ano, foi publicado o Decreto nº 1.752/95 que regulamentou a Lei e criou o órgão responsável pela biossegurança, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia, com o objetivo de controlar as atividades com organismos geneticamente modificados. Desde então, a CTNBio vem publicando instruções normativas que estabelecem as diretrizes técnicas para garantir a biossegurança (LEITE, 2003).

A CTNBio, “tem como finalidade prestar apoio técnico consultivo e assessoramento ao Governo Federal na formulação, atualização e implementação da Política Nacional de Biossegurança relativa a OGM, bem como no estabelecimento de normas técnicas de segurança e pareceres técnicos referentes à proteção da saúde humana, dos organismos vivos e do meio ambiente (CTNBio, 2006).”

As normas para a liberação planejada no meio ambiente de organismos geneticamente modificados têm por objetivo auxiliar os proponentes a seguirem os procedimentos requeridos pelas normas, de maneira geral seguem conforme o fluxograma apresentado na Figura 3 (BRASIL, 2002).

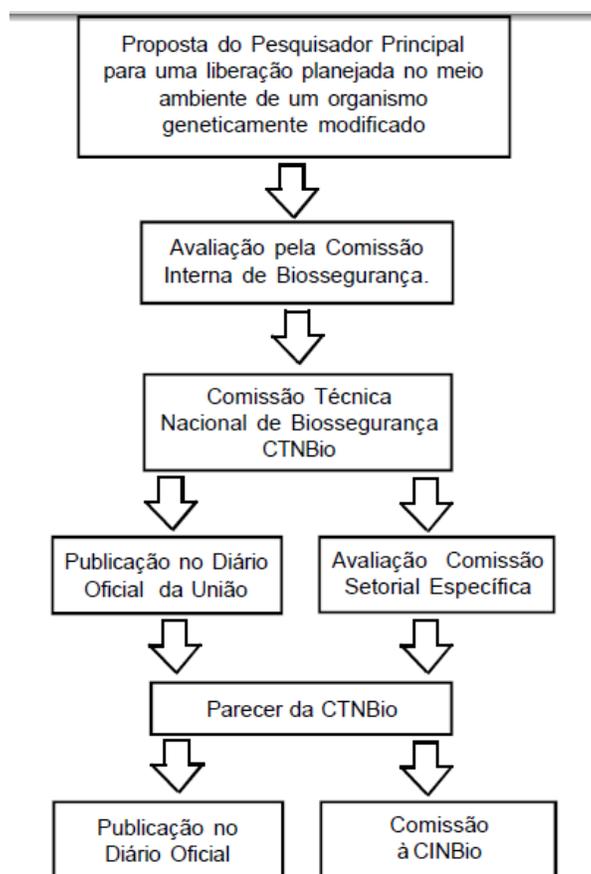


Figura 3- Etapas de avaliação para liberação comercial de Vegetais Geneticamente Modificados

A Comissão é composta por 36 integrantes, que se reúne regularmente para certificar a segurança de laboratórios, pesquisas em regime de contenção, liberação de organismos geneticamente modificados no meio ambiente e comercialização de produtos que contenham OGMs (LEITE, 2003).

De acordo com o que é relatado por Leite (2003) são exigidas pela CTNBio informações detalhadas sobre a genética do OGM, como o mapa genético da construção; a caracterização da modificação genética; os dados sobre a estabilidade; a identificação dos efeitos dos produtos de expressão do gene inserido sobre a saúde humana e animal e sobre o meio ambiente; os mecanismos de dispersão no ar, na água e no solo; a capacidade de transferência da característica inserida para outros organismos; o detalhamento dos procedimentos a serem usados para o controle de cada lote de OGM.

A abordagem de análise de risco pode, em termos gerais, ser aplicada a alimentos, incluindo alimentos derivados da biotecnologia moderna. No entanto, reconhece-se que esta abordagem deve ser modificada quando aplicados a um alimento completo, em vez de um perigo discretos que podem estar presentes nos alimentos (CTNBio, 2003).

Em relação à segurança alimentar, para que possa ser liberado comercialmente, um produto que sofreu alguma modificação genética deve responder a todas as propostas de produção, comercialização ou importação de plantas geneticamente modificadas e de suas partes, para consumo humano ou animal, assim como, no caso de importação, de derivados de plantas geneticamente modificadas ou de suas partes (CTNBio, 2002). Ainda, a Instrução Normativa nº 20 detalha as questões que devem ser respondidas para que uma planta possa ser avaliada quanto à segurança alimentar que devem esclarecer e detalhar questões sobre: o organismo doador; a planta receptora do gene; a proteína no OGM; qualidade nutricional; alergenicidade; outros efeitos adversos.

4.5. Obrigatoriedades de rotulagem de produtos contendo milho OGM

É de direito de o consumidor obter a educação, divulgação e liberdade de escolha na compra de produtos que contém produtos geneticamente modificados, conforme o que está determinado no Artigo 6º do Capítulo III da Lei nº 8.078 de 1990, que dispõe sobre a proteção ao consumidor (BRASIL, 1990). Complementa Nodari e Guerra (2003) que, além disso, a informação no rótulo possibilita a rastreabilidade, pois, em casos de efeitos na saúde humana, os produtos rotulados seriam facilmente identificados e recolhidos.

Um alimento só é liberado se for seguro, mas ainda assim deve constar no rótulo as informações que propiciem à população decidir sobre o consumo de acordo com seus valores culturais, políticos e/ou éticos. No Brasil, o Decreto 4.680, de 24 de abril de 2003, estabelece que tanto os produtos embalados como os vendidos a granel ou in natura, que contenham ou que sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados, com presença acima do limite de 1% do produto, deverão ser rotulados e o consumidor deverá ser informado sobre a espécie doadora do gene no local reservado para a identificação de ingredientes (BRASIL, 2003).

Para que o consumidor possa identificar o produto embalado que contém OGM em sua composição é exigido que contenha no rótulo da embalagem, em destaque, no painel principal e em conjunto com o triângulo com a letra “T”, conforme ilustrado na Figura 2. Faz-se necessária também uma das expressões: “(nome do produto) transgênico”, “Contém (nome do ingrediente) transgênico” ou “produto produzido a partir de (nome do produto) transgênico” (BRASIL, 2003).



Figura 4- Símbolo indicativo de conteúdo transgênico em embalagens de alimentos

Porém, é de senso comum que não é facilmente identificado nas prateleiras do supermercado um produto que contém OGM na sua formulação de ingredientes. Esse fato se dá pelo não conhecimento do consumidor dessa regulamentação e a falta de informação para que consiga identificar o símbolo, que por muitos ainda é despercebido.

De acordo com Andrade et al. (2009), em uma pesquisa feita pelo Instituto Brasileiro de Educação do Consumidor sobre Alimentos e Congêneres mostrou que o triângulo (Figura 4) foi associado por 72% dos consumidores a uma placa de trânsito e a perigo e atenção, em virtude da cor amarela. Em questionário aplicado a um grupo de 20 pessoas de maneira informal (via rede social) apresentou um resultado muito coerente com a afirmação anterior. Das 20 pessoas que responderam o questionário, 16 afirmaram não conhecer o símbolo e nunca o terem visto antes, dessas, 6 pessoas afirmaram que indica sinal de alerta ou perigo; Apenas 4 pessoas souberam responder qual a real função do símbolo e onde ele deve ser encontrado.

Os resultados de ambas as pesquisas mostram que as regulamentações sobre a rotulagem não atingiram o seu principal objetivo, o de oferecer informação e a oportunidade de escolha ao consumidor.

4.6. Considerações sobre a liberação comercial e obrigatoriedade de rotulagem

Existem várias maneiras de se obter um produto geneticamente modificado, bem como, diversas finalidades para o desenvolvimento desses produtos. O uso de tecnologia para o desenvolvimento de OGM exige conhecimento amplo, além da estrutura do DNA das células,

para que seja possível fazer essas modificações, é necessário também conhecer detalhadamente a função e todas as características do gene que será implantando e também do produto convencional.

Muitas tecnologias tem sido desenvolvidas nesse aspecto nos últimos anos, principalmente nos últimos 3 anos, a partir da liberação comercial de milho GM. Que pode favorecer a agricultura do país, de modo que ampliou a produtividade e tem como tendência passar a atender não só o desenvolvimento econômico, mas também a qualidade da alimentação de países que ainda apresentam elevado índice de pobreza e desnutrição. Para que essa perspectiva seja atingida, estão sendo desenvolvidos e avaliados diferentes tipos de modificações genéticas para melhoria do valor nutricional desse cereal.

É demonstrado que o processo de avaliação para a liberação comercial de sementes e produtos geneticamente modificados destinados a alimentação humana e animal é muito rigoroso, mas ainda assim existem contradições políticas, culturais e religiosas quanto ao uso e comercialização desses produtos. Existem riscos quanto a esse tipo de cultura, mas que também são analisados e para evitar maiores conseqüências alguns cuidados dever tomados conforme as legislações vigentes.

Para que o consumidor esteja ciente do produto que está consumindo, é defendido pelo Código de Defesa do Consumidor, que seja informado se o produto que deseja adquirir contém ou não produto GM. Foram comprovadas em algumas pesquisas, que somente a indicação na embalagem através da presença do símbolo indicativo não tem sido eficiente, visto que, aproximadamente 70% da população não sabem o significado do mesmo.

Com o avanço da ciência e da tecnologia, surgem muitas oportunidades de melhoria na agricultura mundial que enfrentam muitas controvérsias, essas que podem ser dadas pela falta de acesso às informações reais e completas da população em geral, apesar de elas estarem disponíveis para o livre acesso.

5. Questões de biossegurança na produção de milho transgênico

5.1. Milho Transgênico X Milho Convencional

Embora a engenharia genética transfira somente sequências curtas de DNA, comparativamente ao genoma de uma variedade, o fenótipo resultante que inclui a característica transgênica, é possivelmente acompanhado de mudanças nas características e pode produzir um organismo novo em termos de relações ecológicas (NODARI e GUERRA, 2001).

A transgenia apenas incorporou nas variedades superiores um ou poucos genes responsáveis por características específicas, que conferem certas vantagens adicionais, como resistência a insetos-pragas, herbicidas, entre outras (PATTERNIANI, 2002). Podem haver cruzamentos naturais entre organismos modificados e não modificados, que levem a mudanças ambientais. Segundo os autores Nodari e Guerra, os ecossistemas são complexos e nem todo risco associado com a liberação de um Organismo Geneticamente Modificado (OGM) pode ser identificado e considerado (NODARI; GUERRA, 2001).

O Brasil nunca adotou medidas que permitissem e assegurasse de fato a coexistência das variedades transgênicas com os cultivos convencionais, agroecológicos e orgânicos apesar de cultivar legalmente OGM em escala comercial desde 2003 (FERMENT et al., 2009).

Além disso, o avanço da agricultura no país ocasionou a substituição das variedades crioulas por híbridos, desta forma, há uma forte tendência de que os agricultores comprem sementes a cada safra, em vez de utilizarem sementes de variedades produzidas na propriedade. Tendo em vista a substituição de variedades crioulas por variedades melhoradas, cresce a importância da preservação *ex situ* da variabilidade genética do milho (ANDRADE, 2000).

Ainda em relação à preservação, a avaliação e o estabelecimento de métodos para o estudo de OGM são de grande importância, uma vez que as ações voltadas à segurança ambiental devem procurar promover a preservação da biodiversidade, a manutenção dos ecossistemas e os respectivos padrões de sustentabilidade requeridos (CASTRO, 2004).

A engenharia genética oferece algumas novas maneiras de combater as pragas. As bactérias produzem, às vezes, proteínas inseticidas. No intestino do inseto, elas danificam células usadas na absorção de nutrientes: os insetos param de se alimentar e morrem (CONWAY, 1997). Um exemplo a ser citado é o milho *Bt*, que é geneticamente modificado para produzir uma proteína encontrada no solo *Bacillus thuringiensis* (Bt). A proteína é tóxica ao inseto lepdópteros bem como a broca de milho Europeu (HURLEY et al., 2004).

Quanto ao risco das variedades *Bt* para insetos benéficos, como abelhas, as evidências apontam que a dose letal é muito superior a dose que os insetos estarão expostos em campos

plantados com essas variedades transgênicas. Embora a segurança das variedades *Bt* para a borboleta-monarca tenha sido inicialmente questionada, trabalhos conduzidos por diferentes grupos evidenciam sua segurança, inclusive para esses insetos (FALEIRO; FARIAS, 2008). Para Hurley et al. (2004), uma interessante conclusão é que o milho *Bt* pode ser de risco crescente mesmo quando o seu efeito sobre o risco de melhora do bem estar dos agricultores.

Em razão da proteína substituída no milho *Bt*, a Cry9C, não ter sido completamente digerida *in vitro* por uma simulação gástrica e fluidos intestinais, e poderia ser considerado uma substância alérgica para humanos, isso foi provado somente como material de semente e uso para produção de álcool nos Estados Unidos, e isso não foi provado pelas agências reguladoras no Japão para alimentos ou alimentação animal (YONEMOCHI, 2010).

Mas, a cultura não-transgênica também apresenta fatores amplamente discutidos, como o controle de plantas daninhas com uso de herbicidas que é prática comum na agricultura moderna. O uso de herbicidas deve-se, principalmente, ao fato de que o controle químico tem sido eficiente e apresenta custo competitivo (BORÉN, 1999). Porém, o uso inadequado de herbicidas tem proporcionado o aparecimento de resistência em algumas espécies. Este aspecto foi objeto de estudo em pesquisas de melhoramento genético, como já mencionado.

Outro fato relevante é a contaminação de sementes e de lavouras não-transgênicas que ocorre por vias biológicas (pólen e dispersão de sementes), físicas (mistura de sementes em máquinas, caminhões, vagões e troca de sementes entre agricultores) e por meio do mercado (dificuldades e falhas de identificação e segregação de cargas) (FERMENT et al., 2009).

Em relação a aspectos econômicos, Lance e Hayes (2005) analisaram uma discussão feita por Fulton e Keyowski, apontam que alguns fazendeiros são beneficiados pela tecnologia dos produtos Geneticamente Modificados (GM) e que essa tecnologia, coexiste com a tradicional. Os mesmos autores ressaltam ainda a importância da avaliação da frequência do ataque de pragas na área plantada, do preço da semente, do preço de venda dos grãos e da quantidade de perdas. Esses fatores podem favorecer ou não a produção do milho GM, considerando que o custo de produção pode ser mais alto para alguns produtores dependendo das condições ambientais em que se encontra.

As variedades de sementes são cada vez mais diferenciados por suas características em relação ao potencial para reduzir o uso de herbicidas ou inseticidas, reduzir as demandas de gerenciamento, o quanto interferem na saúde e segurança, aumentar rendimentos, e o impacto

ambiental. Os agricultores devem avaliar, pelas suas condições econômicas, situação e ambiente agrícola, a benefícios e custos associados à distintas combinações de traço de vários tipos de culturas GM. (USECHE et al., 2009). Entre essas sementes, 43 variedades de milho GM carregando resistência herbicida e inseticida, até agora, foram declaradas seguras e aprovadas pela Food and Drug Administration (FDA) para comercialização (YONEMOCHI et al., 2010).

No estudo realizado Yonemochi et al. (2010), é destacado o uso de milho *Bt* como sendo seguro para consumo em rações animais, porém afirma que não foram realizados estudos sobre a transferência do gene Cry9C para os animais alimentados com o mesmo. O estudo avaliou porcos que foram alimentados com milho Bt e não-Bt, e chegou-se a um resultado de um porco de aproximadamente 110 Kg por ter uma quantidade estimada de 4500 moléculas de DNA GM na sua carcaça (considerando sangue, fígado e músculos).

Com o surgimento dos OGM, uma nova ciência no século XX passou a ocupar papel de grande destaque: a biossegurança, voltada para o controle e a minimização de riscos advindos da prática de diferentes tecnologias, seja em laboratório ou quando aplicadas ao meio ambiente (PATTERNIANI, 2002).

5.2. Riscos de Plantio Transgênico

Os transgênicos, iniciados a partir da década de 70, foram, logo no início, bastante discutidos pelos geneticistas, quanto à segurança. Está cada vez mais evidente que os transgênicos são tão ou mais seguros do que os correspondentes não transgênicos, para a saúde humana e animal (PATTERNIANI, 2002). Porém ainda não há muitas comprovações de seus efeitos em longo prazo, e para se chegar a conclusões mais concretas sobre o seu comportamento no meio ambiente e na alimentação animal e humana, se faz necessário estudos que comprovem a segurança.

O milho é o resultado de uma espécie de polinização eólica, e as distâncias que o pólen pode percorrer dependem do padrão do vento, da umidade e da temperatura. Em geral, campos com variedades transgênicas devem ser isolados de outras variedades convencionais com uma distância de pelo menos 200 metros (FALEIRO; FARIAS, 2008).

Para Raybould (1999) o fluxo de transgenes para espécies selvagens pode causar impactos sobre a biodiversidade. Desse modo, existe o 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 ou processo de seleção natural de outras plantas, acarretando assim numa perda de biodiversidade.

Genes de resistência a doenças ou insetos poderiam causar uma “liberação ecológica” de espécies que tenham a sua dinâmica controlada por doenças ou herbivoria e desta forma alterar a estrutura de uma comunidade natural. A resistência a herbivoria pode também afetar adversamente insetos benéficos não-alvos, os quais se alimentam de presas (insetos que estão sendo controlados) (RAYBOULD, 1999).

Biossegurança, na visão da FAO, significa o uso sadio e sustentável em termos de meio ambiente de produtos biotecnológicos e aplicações para a saúde humana, biodiversidade e sustentabilidade ambiental, como suporte ao aumento da segurança (NODARI; GUERRA, 2001). Foi descrito por Patterniani (2002), que na transgenia, como se sabe, os genes são inseridos nos cromossomos ao acaso, resultando em certo número de eventos não previsíveis.

Além do risco de contaminação genética por fluxo de gene via pólen, é importante considerar muito seriamente as possibilidades de contaminação das colheitas convencionais pela presença fortuita de produtos de colheitas transgênicas (FERMENT et al., 2009). Alguns dos possíveis efeitos adversos produzidos por um OGM são os danos diretos e indiretos sobre organismos benéficos, não-alvos da comunidade local, de importância econômica, ecológica e/ou social (CASTRO, 2004).

Assim Conway (1998) aponta que o sucesso do avanço da biotecnologia está agora ameaçando a fonte de diversidade genética sobre a qual dependem futuros progressos. Fato que é observado pela tendência de os agricultores pensarem ser menos compensador manter a diversa mistura de espécies locais, do que adotar novas práticas agrícolas, embora estas possam vir a ser prejudicial à própria agricultura.

Do ponto de vista agrícola, a transferência de genes pode provocar o surgimento de plantas daninhas e pragas resistentes, bem como variantes genéticas, cujas características não se pode antecipar. Além disso, a agrobiodiversidade, que é a diversidade genética em cultivo mantida pelos agricultores, poderá ser afetada (NODARI; GUERRA, 2001). Em alguns casos, foi também verificado que OGMs são capazes de interferir em populações microbianas e seus processos fisiológicos no solo. A principal questão a ser discutida, é que se conhece muito pouco

sobre o comportamento desses organismos quando colocados no ambiente (BORZAN et al., 2001).

Já a saúde humana pode ser diretamente afetada, mediante a ingestão de alimentos, alteração de infectividade e patogenicidade de microorganismos engenheirados, ou indiretamente, por alterações ambientais e da cadeia alimentar, através de um desequilíbrio nas populações de um determinado ecossistema (CASTRO, 2004).

Conforme o descrito por Faleiro e Farias (2008), o escape gênico de plantas transgênicas pode ocorrer de três maneiras principais:

- a) Quando a planta transgênica torna-se uma espécie daninha;
- b) Quando o DNA transgênico é transferido, por cruzamento, para espécies silvestres ou outras cultivadas;
- c) Quando o DNA transgênico é transmitido assexuadamente para outras espécies e organismos.

O risco mais óbvio talvez seja a possibilidade de um gene transferido ser passado adiante por processos naturais para outro organismo, com efeitos danosos. Uma controvérsia que atraiu grande atenção da mídia surgiu com a importação pela Europa do milho Americano transformado geneticamente por apresentar resistência a brocas-de-talo (CONWAY, 1998). O perigo está menos no gene de resistência transferido e mais no gene marcador associado, resistente a um antibiótico, usado para identificar se o gene de resistência está presente.

De acordo com um levantamento de informações feitas por Ferment et al. (2009), o jornal *New York Times* do dia 26 de setembro de 2004 deu destaque para o tema, apontando apenas alguns casos de contaminação que ficaram mundialmente conhecidos:

“2000 – O milho transgênico StarLink, aprovado nos EUA somente para alimentação animal, foi encontrado em produtos alimentares humanos.

2001 – Pesquisadores encontraram milho transgênico em variedades nativas no México, onde o cultivo da planta modificada não é permitido.

2002 – Milho experimental modificado para produzir fármacos foi encontrado em cargas de soja no Nebraska.”

Através da identificação desses casos, pode-se notar que existe a necessidade de serem desenvolvidos estudos para que possa ser determinada uma distância mais segura das plantações de milho OGM. A distância mínima de isolamento estabelecida pela Comissão Técnica de

Biossegurança (CTNBio) na Resolução Normativa nº. 4 de 2007 é de 100 metros (BRASIL, 2007), porém os fatos comprovam que pode haver polinização não controlada do milho OGM em distâncias maiores que esta.

Um estudo-piloto da *Union of Concerned Scientist* nos Estados Unidos interpela a *United States Department of Agriculture* (USDA) sobre o risco de contaminação das sementes. Nos 18 lotes de sementes analisados (seis de milho, seis de soja e seis de colza), pelo menos a metade de cada lote de semente convencional estava contaminada por sementes geneticamente modificadas, com um índice de 0,05% a 1%. Além disso, certas sementes de milho continham dois diferentes transgenes, quando nenhum era esperado (FERMENT et al., 2009).

Para Nodari e Guerra (2001), a avaliação de risco ambiental é a avaliação sistemática dos riscos associados à saúde e à segurança humana e ambiental. Os procedimentos devem incluir a identificação dos perigos e a estimativa de suas magnitudes e freqüências de ocorrência, bem como das alternativas ao OGM. Na Figura 5, podem ser observados os efeitos de variedades OGM e interações que oferecem risco ambiental.

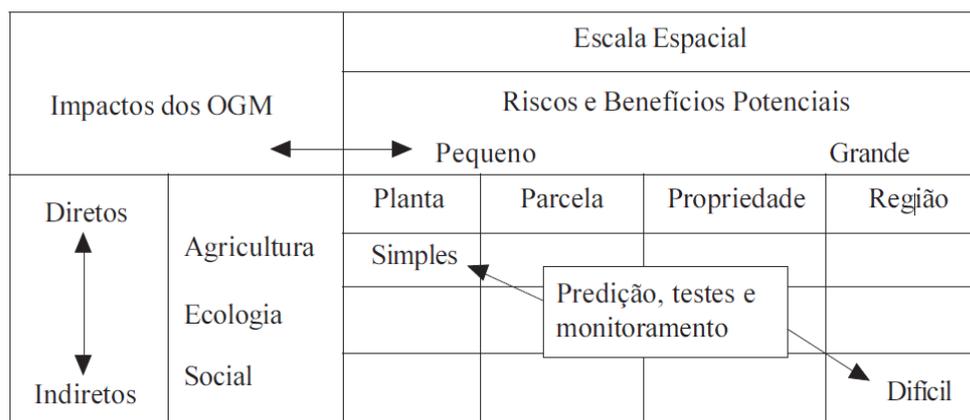


Figura 5- Efeitos diretos e indiretos de variedades transgênicas (OGM) e as interações complexas que fazem parte da avaliação de risco ambiental.

Fonte: (Adaptado de Peterson et al., 2000).

De acordo com o descrito por Faleiro e Farias (2008), a análise de riscos de plantas OGMs é realizada pela comparação dessas com as plantas não-OGM equivalentes, que são consideradas seguras pelo histórico de uso. Dessa maneira, em invés de identificar cada perigo associado à variedade OGM, procura-se identificar novos perigos que não estejam presentes na variedade tradicional.

A análise de risco do escape gênico deve ser realizada caso a caso, pois muitos fatores estão diretamente e indiretamente envolvidos neste processo. Entretanto, para a determinação das

distâncias do isolamento geográfico, devem ser considerados estudos de caracterização reprodutiva e fitogeografia (SILVA, et al., 2007).

A contaminação genética dos cultivos, no entanto, não depende unicamente de sua proximidade com campos transgênicos, mas também de diversos fatores, como o tamanho e formato do campo, sua disposição na propriedade, os ventos dominantes, o relevo do terreno e a superfície cultivada com variedades transgênicas na cidade ou região, entre outros (FERMENT et al., 2009).

O manejo dos riscos é um processo quem envolve a análise das alternativas decorrentes dos resultados alcançados com a avaliação destes. Quando requerido, o manejo seleciona e implementa opções apropriadas de controle, incluindo normas reguladoras (GLIDON, 1999 apud NODARI; GUERRA, 2001).

Ainda falta a comunidade científica brasileira um apoio institucional e financeiro para a execução de estudos paralelos, em universidades ou instituições de pesquisa independentes, sobre os reais impactos de cada transgênico, pelo menos no que diz respeito ao dano ambiental, que pode, em alguns casos, levar décadas para ser notado (FALEIRO; FARIAS, 2008).

5.3.Considerações sobre biossegurança

Ainda existem questionamentos de parte da população sobre a segurança dos conhecimentos sobre os OGMs comercialmente liberados, acredita-se que isso se deva à falta de pesquisa desse segmento sobre a forma criteriosa como todas as análises são conduzidas e que somente produtos considerados seguros são de fato liberados.

Na verdade a biossegurança deveria ser entendida como biorrisco associado aos produtos de novas tecnologias, em particular dos OGM. Sendo o biorrisco entendido como o risco de ocasionar modificações em outros organismos próximos às plantações OGM, podendo colocar em risco a genética de outros organismos vivos próximos dessas lavouras.

É conhecido que existe a falta de conhecimento e entendimento de todos sobre as transformações genéticas e quais as conseqüências que esses produtos podem trazer para a população. Dessa forma, a biossegurança deixa de ser uma questão só para os cientistas e o governo. Passa a ser também da sociedade, que agora pode participar mais ativamente do processo de compreensão, conscientização e tomada de decisão.

6. A gestão da tecnologia no caso do milho transgênico

A definição de gestão da tecnologia para Mattos e Guimarães (2005) é dada como a engenharia e o gerenciamento para planejar, desenvolver e implementar novas capacidades tecnológicas que possam impulsionar as estratégias corporativas e de operações da empresa. Complementado com o conceito de Reis (2004), onde diz que o processo de inovação tecnológica envolve: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento, engenharia, produção, marketing, venda, logística e pós venda.

Gestão da tecnologia é um campo relativamente novo de estudo, e, como tal, seu conceito ainda é bastante fluido e sujeito a mudanças. Gradualmente, vem emergindo uma visão consensual sobre a composição de seu “corpo de conhecimentos” (MATTOS; GUIMARÃES, 2005).

A tecnologia está associada a impactos socioeconômicos sobre uma comunidade, resultantes da aplicação de novos materiais, novos processos de fabricação, novos métodos e novos produtos nos meios de produção (REIS, 2004). Dosi (2000) argumenta que a tecnologia, pode também ser representada por um conjunto de “partes” de conhecimento, ou *know-how*, que é a junção de procedimentos, métodos, experiências de sucesso e fracasso e, de equipamentos e materiais (SILVA et al., 2010).

A difusão de novas tecnologias depende da complementariedade e compatibilidade com o processo de produção específico adotado. A estratégia tecnológica típica dos produtores de *commodities* é o aumento de escala produtiva, a otimização dos processos e a redução de impactos ambientais (TIGRE, 2006). Os interesses ambientais, políticos e econômicos tem dominado o debate em torno desta tecnologia e sua aplicação tem levado a questionamentos e dúvidas acerca dos impactos reais e potenciais para a sociedade (LOPES, 2002).

A engenharia genética faz o uso da gestão da tecnologia para o desenvolvimento de novas variedades de plantas, colocando um gene inédito num organismo, mas é impossível prever como esse gene irá se comportar na nova planta (COLIN, 2002). Enquanto os focos dominantes da biotecnologia comercial estão na transferência de genes para resistência a herbicidas e

proteção de plantas contra alguns poucos tipos de insetos, o desafio real dos países em desenvolvimento está em melhoria do rendimento e adaptação das culturas a condições ambientais limitantes, especialmente as que prevalecem nos trópicos (LOPES, 2002).

Para Colin (2002), muitas plantações contêm genes capazes de produzir toxinas (genes herdados de ancestrais selvagens, agora suprimidos). A nova plantação pode ser submetida a uma triagem para a identificação de tais perigos.

A segurança e um produto OGM é determinada por diversos fatores, discutidos no capítulo anterior, que podem vir a causar riscos na saúde do consumidor, e modificações genéticas no ambiente onde estão sendo produzidas, entre outros fatores.

A detecção de um produto para saber se há modificação genética não determina a sua segurança, visto que, o produto pode ter sido modificado sem que apresente riscos. Mas a detecção se faz necessária por três razões: a primeira razão é o direito básico do consumidor, assegurado pelo Código de Defesa do Consumidor (CDC) e pelo Princípio 10 da Declaração do Rio, segundo o qual todos os cidadãos têm o direito à informação adequada sobre produtos e serviços; a segunda razão é a imposição legal, isto é, assegurada por lei (BRASIL, 2003), e a terceira razão é a geração de confiança nos alimentos que contêm OGMs (CONCEIÇÃO; MOREIRA; BINSFELD, 2006).

6.1. Tecnologias para avaliação de produto transgênico

A combinação de técnicas de biologia molecular, cultura de tecidos e transferência de genes representa uma ferramenta poderosa para introduzir novas características em uma determinada planta. Genes oriundos de diferentes espécies vegetais, animais ou microorganismos podem ser introduzidos de forma controlada em um genoma vegetal receptor, de modo independente da fecundação (BRASILEIRO; CARNEIRO, 1998).

O conhecimento da estrutura básica de um OGM é importante para compreender o princípio de alguns métodos utilizados na detecção destes organismos.

De acordo com Conceição et al. (2006), um típico inserto de um OGM é composto por três elementos: o promotor, que regula a leitura do gene (transcrição); o gene de interesse, que determina a característica desejável; e o elemento terminador, é responsável pelo término da transcrição (CONCEIÇÃO et al., 2006).

A combinação de todos estes elementos caracteriza um evento, ou seja, a construção gênica característica de um OGM. Qualquer estratégia de detecção leva em consideração os elementos do inserto, seja diretamente para o desenho de iniciadores usados na detecção do DNA recombinante ou indiretamente para a detecção das proteínas ou produtos derivados dos OGMs (CONCEIÇÃO et al., 2006).

Os riscos que a engenharia genética pode trazer ao meio ambiente e diretamente ao homem tem sido muito debatidos. A maioria dos países que desenvolvem pesquisas com OGMs criou a legislação própria de biossegurança. No Brasil, foram aprovadas leis que estabelecem normas para uso de técnicas de engenharia genética, liberação, comercialização e importação de OGMs (BRASILEIRO; CARNEIRO, 2006).

Para Petit et al. (2003), os OGMs geralmente são caracterizados pela presença de um ou mais segmentos de DNA exógenos, que podem ou não proporcionar a expressão de novas proteínas. Sendo assim, a detecção destes organismos é focalizada na seqüência de DNA exógena ou na proteína transgênica. A análise de rotina de produtos alimentícios contendo OGMs compreende três etapas:

- a) Detecção;
- b) Identificação do OGM presente na amostra, para determinar se este é autorizado;
- c) Quantificação do OGM no produto, para checar a necessidade de rotulagem ou não, conforme a legislação.

Os estudos genéticos moleculares utilizam uma variedade de técnicas para analisar os ácidos nucléicos (DNA e RNA). Dentre estas técnicas destacam-se: técnica de hibridização do tipo blot, Southern, Northern e Western; técnicas de amplificação de alvos-específicos como a PCR; (MOLINA; TOBO, 2004); e a técnica ELISA.

6.1.1. Identificação de plantas transgênicas por PCR

A análise PCR (Reação da Polimerase em Cadeia) é um procedimento *in vitro* para a síntese e duplicação de seqüências de DNA. Esta tecnologia utiliza seqüências de oligonucleotídeos que iniciam a síntese de fragmentos de DNA de longitudes variáveis (DELGADO, 2006).

A PCR é uma tecnologia com inúmeras aplicações em ciências biológicas, tanto em pesquisa básica como aplicada. Por meio de PCR, pode-se, a partir de uma molécula de DNA, gerar 100 bilhões de moléculas similares em uma tarde (BRASILEIRO; CARNEIRO, 1998).

Esta técnica tem diversas vantagens sobre outros métodos de detecção, por utilizar uma pequena quantidade de amostras de tecido, permitir a detecção mesmo em baixas concentrações e em amostras guardadas por longos períodos e por permitir, além da detecção, a clonagem completa do genoma (KROTH et al., 2005).

Brasileiro e Carneiro (1998) afirmam que a técnica de PCR tem várias aplicações além da detecção de genes, alguns exemplos a serem citados: clonagem de DNA genômico; seqüenciamento; quantificação de sequencias específicas; análise de expressão gênica; análise da estrutura de genoma; identificação de mutações; diagnóstico de patógenos e doenças hereditárias; identificação de anormalidades cromossomais e mutações somáticas específicas.

6.1.2. Integração da Técnica *Southern Blot*

O *Southern blot* é uma técnica de biologia molecular utilizada para conferir se uma determinada sequência de DNA encontra-se ou não presente em uma amostra de DNA analisada. Isto é realizado por meio de um realce da eletroforese em gel de agarose.

A técnica *Southern Blot* permite detectar fragmentos do DNA específicos em amostras de composição complexa, como DNAs genômicos. O método foi primeiramente descrito por Edwin M. Southern, em 1975, e até hoje é usado sem alterações essenciais em relação a sua primeira descrição (BRASILEIRO; CARNEIRO, 1998).

A detecção de sequencias específicas entre fragmentos de DNA, separados pela eletroforese em gel de agarose, sendo o uso da técnica como ferramenta de diagnostico respaldado na literatura científica. Dessa forma, a PCR pode ter sua sensibilidade aumentada, se realizada em conjunto com técnica de Southern Blot do DNA amplificado (MACIEIRA et al., 2009).

De acordo Brasileiro e Carneiro, o método consiste em basicamente em 5 etapas:

a) O DNA vegetal é extraído das células e digerido com uma ou mais enzimas de restrição;

b) Os produtos obtidos pela digestão de DNA são separados de acordo com o tamanho, por eletroforese em gel de agarose;

c) O DNA, ainda no gel, é desnaturado e transferido para uma membrana de náilon ou nitrocelulose. As posições relativas do DNA no gel se mantem quando o DNA é transferido para a membrana;

d) O DNA é fixado na membrana por luz ultravioleta ou por alta temperatura (80 °C);

e) O DNA fixado à membrana é hibridizado contra uma sonda de DNA ou RNA que possui homologia com a sequência de interesse.

A posição dos fragmentos como homologia à sonda é visualizada por auto-radiografia ou colorimetria, dependendo do tipo de sonda e da forma de detecção utilizados.

A importância da técnica *Southern Blot* em experimentos de transformação genética de plantas está no fato de ela ser considerada uma prova molecular de integração de genes exógenos no genoma vegetal. Como vantagem em relação ao método PCR é que os indicadores utilizados no PCR normalmente amplificam regiões internas do transgene, o que dificulta a diferenciação do DNA exógeno integrado e potenciais contaminantes, pois ambos resultam na amplificação de fragmentos de tamanho idêntico (BRASILEIRO; CARNEIRO, 1998).

6.1.3. Análise de RNA pela Técnica *Northern Blot*

A técnica *Northern Blot* foi desenvolvida para análise de RNA, permite determinar a quantidade e o tamanho de RNAs específicos, presentes em preparações de RNA total, mensageiro ou polirribossômial (BRASILEIRO; CARNEIRO, 1998). É uma técnica análoga ao *Southern blot*, diferindo apenas no ácido nucleico em estudo, neste caso é o RNA. Este tipo de análise é importante para verificar a expressão de certo gene, o tecido ou tipo celular onde ocorre e os fatores que a regulam.

O princípio da técnica baseia-se na hibridização de sequências complementares de ácidos nucleicos fitas simples em condições controladas que determinem a especificidade do pareamento. Esta técnica permite estudar a expressão de sequências específicas de DNA e, posteriormente, correlacioná-las com características morfológicas e fisiológicas da planta (BRASILEIRO; CARNEIRO, 1998).

A análise de *Northern blot* emprega basicamente o mesmo processo descrito para *Southern blot*, exceto pelo fato de que DNA complementar é utilizado para sonda de RNA. A técnica de *Northern blotting* permite que moléculas individuais de RNA mensageiro (RNAm) sejam identificadas e medidas após a hibridação de suas sequências de DNA correspondentes. O RNA mensageiro é inicialmente separado por eletroforese em função de sua dimensão e então transferido para papel antes dos genes sondas que são utilizados para localizar o RNA de interesse. Com este método, as transcrições de genes específicos podem ser estudadas e avaliadas (ALMEIDA et al., 2010).

6.1.4. Detecção e Análise de proteínas pela Técnica *Western Blot*

Western Blot é uma técnica que permite a detecção de proteínas após sua separação através de eletroforese em gel de poliacrilamida e transferência para membranas de nitrocelulose ou náilon. A detecção é feita por anticorpos da proteína de interesse, seguida por reações colorimétricas ou radiográficas. A técnica combina a resolução de uma eletroforese com a especificidade da detecção imunológica (BRASILEIRO, CARNEIRO, 1998).

O *Western blotting* permite que proteínas específicas sejam identificadas com anticorpos específicos utilizados como sondas analíticas. Para realização da análise, são necessários os anticorpos específicos para a proteína em análise. As fontes destes anticorpos podem ser preparações de anticorpo policlonal purificada, ou os anticorpos monoclonais (ALMEIDA et al. 2010).

Esta técnica também é uma poderosa ferramenta para a análise de plantas transgênicas. É por ela que a transgene pode ser avaliada. Pode-se, por exemplo, determinar a presença e quantidade de uma determinada proteína e se ela mantém suas características de peso molecular e processamento, ou, ainda, identificar o local de expressão na planta transgênica (raiz, folha, semente, etc.) (BRASILEIRO; CARNEIRO, 1998).

6.1.5. Detecção de Proteínas pela Técnica ELISA

A técnica ELISA (Enzyme-Linked Immunoabsorbent Assay) está baseada na visualização da reação antígeno-anticorpo por meio de uma reação colorimétrica. O anticorpo é conjugado a uma enzima, formando um complexo protéico, em que a porção do anticorpo se liga

a um antígeno e a porção da enzima possibilita a transformação de uma substrato em cor mensurável por espectrometria (REIS et al., 2003).

A técnica permite identificar uma proteína presente em uma população de outras proteínas, utilizando-se preparações cruas ou semipurificadas. Assim, é possível a detecção de uma proteína codificada por um gene exógeno em uma planta transgênica. Essa técnica que tem a vantagem de ser rápida e permitir a análise de um grande número de amostras, o que possibilita a análise de populações de plantas transgênicas (BRASILEIRO; CARNEIRO, 1998).

Existem vários tipos de ELISA, no entanto os métodos ELISA-direta, ELISA-indireta e ELISA-sanduíche são mais utilizados para detecção de proteínas em plantas transgênicas.

6.2. Como avaliar o caso milho transgênico

A Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) em Tempo Real vem sendo muito empregada para detectar OGM, mesmo quem em baixas concentrações, pois é uma técnica de alta sensibilidade e especificidade.

Já existem várias cultivares de milho GM que estão liberadas para comercialização. A identificação destas cultivares geneticamente modificados, pode ser realizada pela técnica da PCR. Na detecção de grãos de soja geneticamente modificados, a técnica da PCR mostrou-se altamente sensível, ela permite identificar um grão de soja geneticamente modificada dentre um milhão de grãos normais. O tempo necessário para a análise pela técnica da PCR gira em torno de 1,5 dias. Hoje, a análise pelo método da PCR, é a única capaz de discriminar um organismo geneticamente modificado de um grão não transgênico (CREDE et al., 2005).

Crede et al. (2005) ressalta que a identificação de alimentos originários de grãos transgênicos, como soja e milho, através da técnica PCR ainda é polêmica. Sendo que o resultado do teste é mais confiável quando este é positivo. Ou seja, a ausência de detecção não significa que o produto não contenha, de fato, ingredientes transgênicos. Em seu estudo concluiu que processos industriais relacionados à manufatura dos alimentos realmente podem interferir na detecção de seus ingredientes pela técnica de PCR. O que pode ser comprovado neste estudo com os alimentos oriundos de milho (Cremogema) e que o possuem como ingrediente (Missoshiro) não podendo ser detectado pela técnica de PCR.

A cultura do milho é muito vulnerável à ocorrência de pragas e de doenças em grãos recém-colhidos e armazenados. Estudos realizados no Brasil e no exterior constataram um número significativo de amostras com elevada incidência de grãos ardidos e micotoxinas em milho e produtos derivados (QUEIROZ et al., 2009). As micotoxinas são toxinas produzidas por fungos filamentosos. Este termo, por um consenso geral, é utilizado quase que exclusivamente para fungos de alimentos e de rações, excluindo aquelas toxinas produzidas por cogumelos (FREIRE et al., 2007), elas apresentam efeitos carcinogênicos e alergênicos no ser humano.

Os fungos estão sempre presentes nos grãos armazenados, constituindo, juntamente com os insetos, as principais causas de deterioração e de perdas constatadas durante o armazenamento (QUEIROZ et al., 2009).

As aflatoxinas são metabólitos secundários altamente tóxicos e carcinogênicos para os animais e seres humanos. O impacto na saúde e na economia causados pela presença de aflatoxinas em produtos agrícolas tem promovido um aumento no número de estudos relacionados com a genética e com a via de biossíntese dessas micotoxinas (OLIVEIRA; SILVA, 2005).

O crescimento fúngico e a formação de micotoxinas são dependentes de uma série de fatores, como umidade, temperatura, presença de oxigênio, tempo para o crescimento fúngico, constituição do substrato, características genéticas, lesões à integridade dos grãos causadas por insetos ou dano mecânico/térmico, quantidade de inóculo fúngico e interação/competição entre as linhagens fúngicas (QUEIROZ et al., 2009). Dessa maneira, é notado que o desenvolvimento de fungos, e a consequente presença de aflatoxina no milho que foi geneticamente modificado pode apresentar comportamento diferente do milho convencional, por apresentar características genéticas e composição química diferentes.

Tanto a habilidade genética para a formação de aflatoxinas, quanto a capacidade para a contaminação dos alimentos com essas toxinas, são altamente variáveis entre os fungos (OLIVEIRA; SILVA, 2007).

Existem, atualmente, conjuntos de ELISA, produzidos em escala comercial, para a execução de análise de Aflatoxinas em alimentos. Esses sistemas são de execução simples, e podem ser empregados diretamente nas amostras, uma vez que não requerem etapas de purificação devido às altas especificidade e sensibilidade dos anticorpos. Esta característica representa uma vantagem considerável do método especialmente em relação à análise de

Aflatoxina, pois permite a sua aplicação em grande número de amostras, em intervalo de tempo relativamente pequeno, o que não ocorre com os métodos cromatográficos (OLIVEIRA; GERMANO, 1996).

Diversos trabalhos têm sido realizados no sentido de desenvolver metodologias sensíveis e específicas para detecção de fungos produtores de aflatoxinas. Nesses estudos, tem sido verificada a utilização de *primers* específicos para a amplificação por PCR (*Polymerase Chain Reaction*) de genes codificadores de proteínas-chave da via de biossíntese, detectando especificamente fungos produtores de aflatoxina (OLIVEIRA; SILVA, 2005).

7. Considerações Finais

É afirmado que o milho é um produto muito importante para a economia do país e da região do Paraná, visto que a o Brasil é o terceiro maior produtor do cereal no ranking mundial. Trata-se de um produto rico em nutrientes, e tem inúmeras aplicações na indústria, fazendo parte da alimentação animal e humana.

Em se tratando de formulações alimentares é um produto que pode apresentar alto valor agregado quando transformado em subprodutos que podem ser utilizados para melhorar a qualidade final de outros produtos, como é o caso do amido por exemplo. Muitos subprodutos podem ser obtidos a partir do milho, além dos produtos que estão a nossa disposição, tais como: farinhas, fubá, amido, e outros, o milho apresenta um grande potencial para desenvolvimento de outros produtos devido ao seu valor nutricional, custo de produção e elevada produtividade.

Trabalhos em pesquisas e desenvolvimento genético têm evoluído rapidamente, desenvolvendo linhagens com maior produtividade, resistência a pragas e insetos, tolerância à seca, e melhoria das características nutricionais, são exemplos de linhagens que foram e estão sendo desenvolvidas em todo o mundo. São características que estão sendo adicionadas as sementes que prometem aumentar a produtividade, reduzir o seu custo de produção e ainda, com potencial para reduzir a taxa de desnutrição em países subdesenvolvidos, onde a fome ainda é um dos maiores problemas sociais.

Essas novas linhagens de plantas OGM que estão entrando no mercado mundial podem causar problemas e impactos ambientais devido ao escape gênico, podendo haver transferência de genes modificados para outros organismos como animais, plantas e insetos que estejam

presentes na lavoura contendo milho transgênico. Para evitar tais riscos, é importante que seja feita uma avaliação rigorosa quanto à biossegurança antes da liberação comercial. Apesar de estar em vigor a norma que determina a distância mínima das plantações de milho, ainda existem controvérsias sobre o assunto, e hipóteses de que o escape gênico do milho possa ocorrer em distâncias maiores do que o descrito pela legislação da CTNBio, já que a sua reprodução ocorre pelo vento.

Referências Bibliográficas

- ABIMILHO. **O cereal que enriquece a alimentação humana.** Associação Brasileira das Indústrias de Milho, 2006. Disponível em < <http://www.abimilho.com.br/ocereal.htm>>. Acesso em 11 de novembro de 2011.
- ALMEIDA, A. P.; CELESTINO, J. J. H.; SARAIVA, J. R. V.; SILVA, J. R. V.; FIGUEIREDO, J. R. **Aplicabilidade das técnicas de biologia molecular para a compreensão da foliculogênese inicial em mamíferos.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, v.34, n.3, p.133-148, jul./set. 2010.
- AMARAL, R. G. **Estimativa de custos para implantação do processo de extração de amido de milho.** Programa Institucional de Iniciação Tecnológica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira. Agosto de 2010.
- ANDRADE, R.V. Importância e uso de Banco de Germoplasma de Milho para o Melhoramento Genético Vegetal – Milho. In: UDRY, C. V.; DUARTE, W. (Eds.) **Uma História Brasileira do Milho – o Valor dos Recursos Genéticos.** Brasília: Paralelo 15, 2000. p. 79-84.
- BORÉN, A. **Escape gênico.** Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento - Encarte Especial. p. 101-102. 1999. Disponível em < http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio10/encarte_10.pdf>. Acesso em 27 de setembro de 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva do milho.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Coordenador Luiz Antonio Pinazza. – Brasília: IICA : MAPA/SPA, 2007.
- BRASIL. **Cadernos de Biossegurança e legislação.** Assessoria de Comunicação - Ministério da Ciência e Tecnologia - setembro/2002. Disponível em <http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0000/8.pdf>. Acesso em 28 de outubro de 2011.
- BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. 2011. Milho total (1ª e 2ª safra) Brasil - Série histórica de área plantada: safra 1976-77 a 2009-10. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_06_10_09_54_24_milhototalseriehist.\(1\).xls](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_06_10_09_54_24_milhototalseriehist.(1).xls)>. Acesso em 01 de novembro de 2011.
- BRASIL. **DECRETO N 4.680 2003** - Regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei no 8.078, de 11 de setembro de 1990. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4680.htm>. Acesso em 28 de outubro de 2011.
- CABRAL, J. E. O. **A inovação tecnológica na indústria de alimentos.** Artigos Técnicos, Empresa Brasileira de Agropecuária – Agroindústria Tropical, 2004. Disponível em <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2000/artigo.2004-12-07.2406531424/>>. Acesso em 11 de novembro de 2011.
- CARNEIRO, A. A.; CARVALHO, C. H. S.; CARNEIRO, N. P.; VASCONCELOS, M. J. V.; LOPES, M. A.; PAIVA, E. **Produção de plantas transgênicas de milho tropical via biobalística.** Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. Disponível em <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/484011/1/ProducaoPlantas.pdf>>. Acesso em 11 de outubro de 2011.
- CARNEIRO, A.A.; GUIMARÃES, C.T.; VALICENTE, F.H.; WAQUIL, J.M.; VASCONCELOS, M.J.V.; CARNEIRO, N.P.; MENDES, S.M. **Milho Bt: Teoria e Prática da Produção de Plantas Transgênicas Resistentes a Insetos-Praga.** Circular Técnica, 135. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG – 2009. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2010/22708/1/Circ-135.pdf>>. Acesso em 30 de agosto de 2011.
- CASTRO, A.M.G. **Estratégia de P&D para o Melhoramento Genéticos em Uma Época de Turbulência.** Anais do XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. Salvados, Bahia, 2002.

CASTRO, B. **Manipulação genética**. Escola Secundária de Fafe, 2010. Disponível em <http://www.notapositiva.com/pt/trbestbs/filosofia/11_manipulacao_genetica.htm>. Acesso em 23 de novembro de 2011.

CASTRO, V.L.S. **As plantas transgênicas e o meio ambiente**. Artigos técnico-científicos publicados por pesquisadores e analistas da Embrapa. Empresa Brasileira de Agropecuária, 2004. Disponível em <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2000/artigo.2004-12-07.2453723742/>>. Acesso em 27 de setembro de 2011.

COLIN, T. **Os alimentos do futuro**. Série Mais Ciência. Publifolha. São Paulo, 2002.

CONCEIÇÃO, F.R.; MOREIRA, A.N.; BINSFELD, P.C. **Deteção e quantificação de organismos geneticamente modificados em alimentos e ingredientes alimentares**. Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.1, p.315-324, jan-fev, 2006.

CONWAY, G. **Produção de alimentos no século XXI: biotecnologia e meio ambiente**. São Paulo, SP: Estacao Liberdade, 1997.

CREDE, R.G.; FANARO, G. B.; GUEDES, R. L.; SABUNDJIAN, I. T.; RUIZ, M. O; VILLAVICENCIO, A. L. C. **H. Viabilidade no uso do PCR na deteção de OGMs em alimentos irradiados contendo milho**. International Nuclear Atlantic Conference. August 20 to September 2. Associação Brasileira de Energia Nuclear. Santos, SP, 2005.

CTNBio. **Liberações comerciais de milho geneticamente modificados**. 2009 Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Disponível em <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/14784.html>>. Acesso em 28 de outubro de 2011.

CTNBio. **Instrução Normativa n 20**. Dispõe sobre as normas para avaliação da segurança alimentar de plantas geneticamente modificadas ou de suas partes e dá outras providências. Publicada no DOU de 17 de janeiro de 2002. Disponível em <<http://www.anbio.org.br/legis/instrucao20.htm>>. Acesso em 28 de outubro de 2011.

CTNBio. **Parecer Técnico nº 1.100/2007**. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Disponível em <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/10931.html>>. Acesso em 28 de outubro de 2011.

CTNBio. **Resolução Normativa Nº 4, de 16 de agosto de 2007**. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Disponível em <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/4687.html>> . Acesso em 27 de Outubro de 2011.

CTNBio. **Guideline for the conduct of food safety assessment of foods derived from recombinant-DNA plants**. Comissão Nacional Técnica de Biossegurança, 2003. Disponível em <http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0000/487.pdf>. Acesso em 27 de outubro de 2011.

CUNHA, R. D.; MATIAS, F. **Apresentando um sistema de inovação em biotecnologia caso: syngenta. Apresentando um sistema de inovação em biotecnologia caso: syngenta**. Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em <http://www.ead.fea.usp.br/semead/9semead/resultado_semead/trabalhosPDF/167.pdf>. Acesso em 23 de novembro de 2011.

DELGADO, A. A. **Uso de marcadores moleculares en plantas; Aplicaciones em frutales Del trópico**. Agronomía Mesoamericana, Vol. 17, número 002. Universidad de Costa Rica. p. 221-241. Julio-Diciembre, 2006.

FALEIRO, F.G. & FARIAS NETO, A. L. DE. **Savanas: Desafios E Estratégias Para O Equilíbrio Entre Sociedade, Agronegócio E Recursos Naturais** – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados 2008. 1198 P.

FERMENT, G.; ZANONI, M.; BRACK, P.; KAGEYAMA, P.; NODARI, R.O. **Coexistência: o caso do milho**. Proposta de Revisão da Normativa nº4 da CTNBio. Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2009. Disponível em <http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/Publicacoes/Attachments/96/Coexistencia_milho.pdf>. Acesso em 27 de setembro de 2011.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Cientistas criam milho modificado com três genes**. Agência Estado, 2009. Disponível em <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,cientistas-criam-milho-modificado-com-tres-genes,361723,0.htm>>. Acesso em 27 de outubro de 2011.

FREIRE, F. C. O.; GUEDES, M. I. F.; MENDES, F. N. P. **Micotoxinas: importância na alimentação e na saúde humana e animal.** Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 110. 48 p. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.

GARCIA, J. J.; DUARTE, J. O. **Perspectivas do uso de sementes transgênicas na produção de milho no Brasil.** XLIV Congresso da SOBER. Sete Lagoas – Minas Gerais. Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2006. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/5/179.pdf>>. Acesso em 11 de outubro de 2011.

GONÇALVES, R. A.; SANTOS, J. P.; TOMÉ, P. H. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; ASCHERI, J. L. R.; ABREU, C. M. P. **Rendimento e composição química de cultivares de milho em moagem a seco e produção de grits.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras. V.27, n.3, p.643-650, maio/jun, 2003.

GUILHERME, F. F. P.; JOKL, L. **Emprego de fubá de melhor qualidade protéica em farinhas mistas para produção de biscoitos.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 25(1): 63-71, Jan.-Mar. 2005.

HERNÁNDEZ, M. E. V.; ESQUIVEL, A. M. E. **Applied to foodstuffs derived from genetically-modified crops.** Revista Costarricense de Salud Pública vol. 17 no. 32 p. 52-57. 2008. Disponível em <<http://www.scielo.sa.cr/pdf/rcsp/v17n32/3759.pdf>>. Acesso em 28 de outubro de 2011.

HURLEY, T.M.; MITCHELL, P.D.; RICE, M.E. **Risk and the value of Bt Corn.** American Journal of Agricultural Economics n. 86, p. 345-358. May, 2004.

JARDINE, J. G.; DISPATO, I.; PERES, M. R. **Indicações de aspecto tecnológico sobre o bioetanol de matéria-prima amilácea.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Documentos n. 94. Novembro, 2009.

KOWASKI, N. **Horizontes para o milho.** Associação Brasileira das Indústrias de Milho – ABIMilho, 2010. Disponível em <<http://www.abimilho.com.br/noticias/noticias06.htm>>. Acesso em 11 de novembro de 2011.

KROTH, L. L.; DANIELS, J.; PIEROBOM, C. R. **Utilização de um método simplificado de RT-PCR para detecção do *Sweet potato feathery mottle virus*.** Revista Brasileira de Agrociência, V. 11, n. 1, p. 109-111. Jan-Mar, 2005.

LANCE, S.H.; HAYES, D.J. **Genitically Modified Crops: Theirs Market and Welfare Impacts.** American Journal of Agricultural Economics n.87. p. 931-950. November, 2005.

LANDAU, E.C.; GARAGORRY, L.F.; CHAIB Filho, H.; GARCIA, J.C.; DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C. **Áreas de Concentração da Produção Nacional de Milho no Brasil.** XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-Rom.

LEITE, M. C. **A necessidade de identificação e rotulagem de alimentos geneticamente modificados.** Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável.114p. 2003.

MACIEIRA, D. B.; MENEZES, R. C. A. A.; DAMICO, C. B.; ALMOSNY, N. R. P.; MESSICK, J. B. **Uso da técnica de Southern Blot/Hibridização associada à reação em cadeia da polimerase para aumentar a sensibilidade no diagnóstico das infecções por hemoplasmas em gatos domésticos.** Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, Jaboticabal, v. 18, supl. 1, p. 1-6, dez. 2009.

MATTOS, J. R. L.; GUIMARÃES, L. S. **Gestão da tecnologia e da inovação: uma abordagem prática.** São Paulo, SP: Saraiva, 2005.

MENEGUETTI, C. C.; DOMINGUES, J. L. **Características nutricionais e uso de subprodutos na agroindústria na alimentação de bovinos.** Artigo número 52. Revista Eletrônica Nutritime, v.5, nº 2, p. 512-536. Março/ Abril 2008.

MOLINA, A. L.; TOBO, P. R. **Uso das técnicas de biologia molecular para diagnóstico.** Biologia Molecular. Einstein, 2004.

MONTEIRO, M.A.; PEREIRA Filho, I.A.; GAMA, E.E.G.; KARAM, D.; CRUZ, J.C. **Avaliação Preliminar de Híbridos Triplos de Milho Visando Consumo Verde.** XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 01 a 05 de setembro de 2002 - Florianópolis – SC.Pereira Jr., Nei. (editor-autor)

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P. **Avaliação dos riscos ambientais de plantas transgênicas**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, V. 18, n.1, p.81-116, jan./abr. 2001.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. **Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas)**. Revista de Nutrição Vol.16, nº 1. Campinas Jan/Mar. 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732003000100011>. Acesso em 28 de outubro de 2011.

NOVOZYMES. **Fuel ethanol production: technological and environmental improvements: Novozymes & BBI International**, 2002.

OLIVEIRA, V. **Cargill construirá fábrica para processamento de milho em Castro – PR**. Cargill, 2011. Disponível em <<http://www.cargill.com.br/brazil/pt/noticias/NA3047887.jsp>>. Acesso em 11 de novembro de 2011.

OLIVEIRA, C. A. F.; GERMANO, P. M. L. **Avaliação do desempenho do método do ensaio por enzimas imuno-adsorvidas (ELISA) em leite em pó reconstituído contaminado experimentalmente com aflatoxina M₁**. Revista de Saúde Pública. vol. 30, no.6. São Paulo. Dezembro, 1996.

OLIVEIRA, E. M. M.; SILVA, O. F. **Deteção de fungos filamentosos produtores de aflatoxinas utilizando a reação em cadeia DNA polimerase (PCR)**. Documentos: 68 - Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2005.

PATTERNIANI, E. **Uma Percepção crítica sobre técnicas de manipulação genética**. Revista Brasileira de Milho e SORGO, V. 1, n.1, p.77-84, 2002. Disponível em <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/12/12>> . Acesso em 05 de Outubro de 2011.

PEDERSEN, J. **Application of substantial equivalence data collection and analysis**. Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology. Topic 2, 2000. Disponível em <<ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/Bio-04.pdf>>. Acesso em 28 de outubro de 2011.

PEREIRA, N. Jr.; BOM, E. P.S.; FERRARA, M.A. **Tecnologia de bioprocessos**. Séries em biotecnologia, 62p. Rio de Janeiro: Escola de Química / UFRK, 2008.

PETIT, L. et al. Screening of genetically modified organisms and specific detection of Bt176 maize in flours and starches by PCR-enzyme linked immunosorbent assay. **European Food Research and Technology**, v.217, p.83-89, 2003.

QUEIROZ, V. A. V.; SANTOS, J. P.; QUEIROZ, L. R. **Boas práticas e sistema APPCC na fase de pós-colheita de milho**. Circular técnica: 122. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas – MG, 2009.

RAYBOULD, A. F. **Transgenes and agriculture – going with the flow**. Trends in Plant Science, v. 4, n. 7, p. 247-248, 1999.

REIS, D.R. **Gestão da inovação tecnológica**. Manole, 2ª Edição. Barueri, São Paulo, 2008.

REIS Junior, F. B.; TEIXEIRA, K. R. S.; REIS, V. M. **Utilização das técnicas de ELISA e BIOLOG para estudos de diversidade intra-específica em isolados de *azospirillum amazonense* associados a diferentes espécies de *Bracharia***. Documentos 84. Embrapa Cerrados. Planaltina, 2003.

RODRIGUES, J. N.; GIOIELLI, L. A.; ANTON, C. **Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos de misturas de gordura do leite e óleo de milho**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, 23(2): 226-233. Maio-Agosto 2003.

ROMANO, B. J. **Aumenta a utilização de milho transgênico na produção de silagem**. Portal Dia de Campo, 2010. Disponível em <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23011&secao=Agrotemas>>. Acesso em 05 de outubro de 2011.

SANTOS, D. T.; SARROUGH, B.T.; SILVA, S. S. **Moagem úmida: vantagens e potencialidades**. VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos – São Paulo, 2010.

- SILVA, G. J.; GUIMARÃES, C. T.; PARENTONI, S. N.; RABEL, M.; LANA, U. G. P.; PAIVA, E. **Produção de Aplóides andronegéticos em milho**. Documentos n. 81. Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas, Minas Gerais, 2009.
- SILVA, A.L.L.; WALTER, J.M.; HORBACH, M.A.; QUOIRIN, M. **Contenção do fluxo gênico de plantas geneticamente modificadas**. Caderno de Pesquisa, série Biologia, Vol. 19, No. 1, 2007, p.19-26. Disponível em <<http://www.bioline.org.br/request?cp07003>>. Acesso em 27 de setembro de 2011.
- STONE, G.D. **The Anthropology of Genetically Modified Crops**. Annual Review of Anthropology, V.39, p.381-400. June 2010.
- TIGRE, P.B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia do Brasil**. Elsevier. Rio de Janeiro, 2006.
- USECHE, P.; BRHAM, B.L.; FOLTZ, J.D. **Integrating Technology Traits and Producer Heterogeneity: A mixed-Multinomial Model of Genetically Modified Corn Adoption**. American Journal of Agricultural Economics n.91. p.444 – 461. May 2009.
- VASCONCELOS, V. D. B.; CARNEIRO, N. P. **Transformação genética de milho com construções gênicas contendo o gene AtDREB2A visando tolerância à seca**. Biblioteca Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas, Minas Gerais, 2010. Disponível em <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/855255/1/Transformacaoogenetica.pdf>>. Acesso em 11 de outubro de 2011.
- VENZKE, J.G.; ROCHA, A.R.; BONOW, J.; BINSFELD, P.C. **Biossegurança de alimentos: Proteínas de PGMs encontradas em alimentos comerciais**. XIII Congresso de Iniciação Científica – Universidade Federal de Pelotas – RS, 2004.
- VIANA, G. **Na espreita das águas para plantar o milho**. Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas – MG). Ano 04 – Edição 27 – Outubro/Novembro de 2010. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/grao/27_edicao/grao_em_grao_materia_02.htm>. Acesso em 03 de Outubro de 2011.
- VIEIRA, D. L. **Princípios da Precaução Versus Princípio da Equivalência Substancial e a Polêmica em Torno da Liberação dos Transgênicos no Brasil**. Consulta pública, 2007. Disponível em <http://www.pge.ac.gov.br/site/arquivos/bibliotecavirtual/revistas/revista05/Principio_daPrecaucao.pdf>. Acesso em 28 de outubro de 2011
- WATANNABE, E.; NUTTI, M. R. **Alimentos Geneticamente Modificados: Avaliação de segurança e melhorias de Qualidade em desenvolvimento**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, n.1, p.1-14, 2002. Disponível em <http://www.cib.org.br/estudos/estudos_alimentares23.pdf>. Acesso em 28 de outubro de 2011.
- YONEMOCHI, C.; SUGA, K.; HARADA, C.; HANAZUMI, M. **Tevaluation of transgenic event CBH 351(StarLink) corn in pig**. Animal Science Journal n.81, p.94-101, 2010.