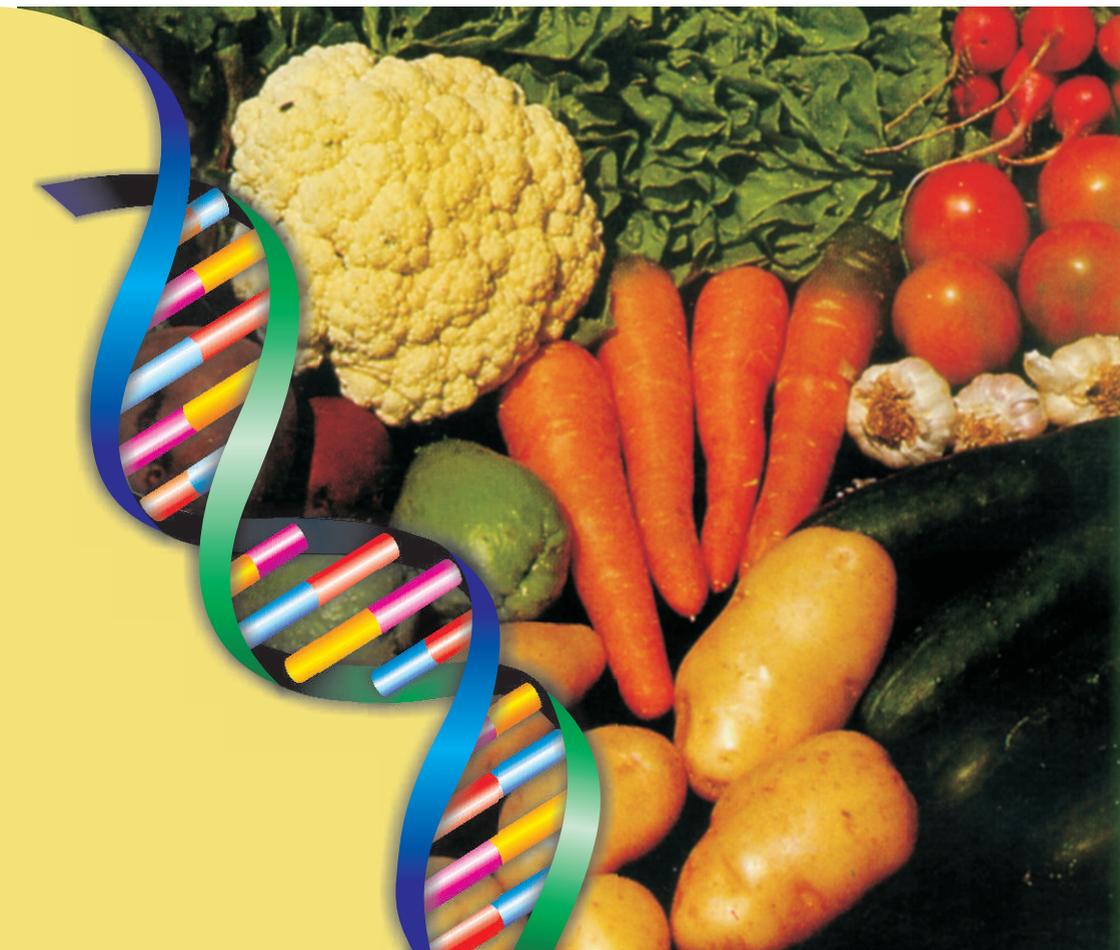


## Biossegurança de Alimentos Transgênicos





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Cerrados  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-5111

Outubro, 2004

## ***Documentos 130***

# **Biossegurança de Alimentos Transgênicos**

Solange Rocha Monteiro de Andrade

Planaltina, DF  
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

[sac@cpac.embrapa.br](mailto:sac@cpac.embrapa.br)

### **Comitê de Publicações**

Presidente: *Dimas Vital Siqueira Resck*

Editor Técnico: *Carlos Roberto Spehar*

Secretária-Executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Normalização bibliográfica: *Shirley da Luz Soares*

Capa: *Jussara Flores de Oliveira*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

*Jaime Arbués Carneiro*

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

### **1ª edição**

1ª impressão (2004): tiragem 100 exemplares

### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n.º 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.  
Embrapa Cerrados.

---

A55b Andrade, Solange Rocha Monteiro de.

Biossegurança de alimentos transgênicos / Solange Rocha Monteiro de Andrade – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2004.

22 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; n. 130).

1. Biossegurança - alimentos. 2. Transgênicos. I. Título. II. Série.

631.5233 - CDD 21

---

© Embrapa 2004

# **Autora**

**Solange Rocha Monteiro de Andrade**  
Biól., D.Sc.,  
Embrapa Cerrados,  
solange@cpac.embrapa.br

# Apresentação

A biotecnologia é a união da biologia com a tecnologia, ou seja, é um conjunto de técnicas que utiliza os seres vivos no desenvolvimento de processos e produtos que tenham função econômica e/ou social. A biotecnologia é conhecida desde os primórdios da humanidade, pois a fabricação de pães e de vinhos é um processo biotecnológico. A transformação genética e as demais ferramentas da engenharia genética são consideradas biotecnologia moderna.

O desenvolvimento de métodos de transformação, através da introdução de genes exógenos ao genoma do organismo, gera possibilidades de grandes avanços no melhoramento de plantas. O gene adicional pode ser proveniente de uma planta da mesma espécie ou do mesmo gênero, mas também pode ser procedente de outra espécie vegetal ou mesmo de um microrganismo ou de um animal. As células transformadas são regeneradas por métodos de cultura de tecidos, gerando plantas que contêm a nova informação gênica, ou seja, uma planta transgênica.

A obtenção de plantas transgênicas não só abre um novo caminho a ser explorado no melhoramento vegetal, mas também permite o estudo da fisiologia vegetal, metabolismo e bioquímica, regulação e a expressão de genes. Além disso, pode ser usada para extração de produtos medicinais, produção de anticorpos e metabólitos de interesse específico.

No entanto, os organismos transgênicos causam grande polêmica entre pesquisadores e consumidores. O principal motivo é a falta de informações

corretas, baseadas em trabalhos de pesquisas bem elaborados, e que respondam aos reais questionamentos da população. Aliado a isso, é uma nova tecnologia que surge, pouco compreendida, exigindo cuidados especiais para evitar potenciais riscos para a saúde e para o meio ambiente.

Existem diversas publicações sobre biossegurança alimentar de transgênicos, apontando as diferentes visões a respeito desse tema. Todavia, existe ainda, a necessidade de algumas publicações de caráter mais básico, visando atingir um público leigo, mas curioso sobre o assunto. Nesta publicação, são apresentados os diferentes aspectos da biossegurança alimentar de transgênicos, explicando cada conceito de forma clara e concisa, além de descrever cada etapa do processo de análise de risco de um organismo geneticamente modificado.

*Roberto Teixeira Alves*

Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

# Sumário

Introdução .....	9
Biossegurança Alimentar .....	12
Equivalência Substancial (ES) .....	13
Efeito do DNA recombinante (DNArec) .....	14
Transferência Horizontal .....	15
Alergenicidade .....	16
Análise de Risco .....	19
Considerações Finais .....	19
Referências .....	20
Abstract .....	22

# Biossegurança de Alimentos Transgênicos

---

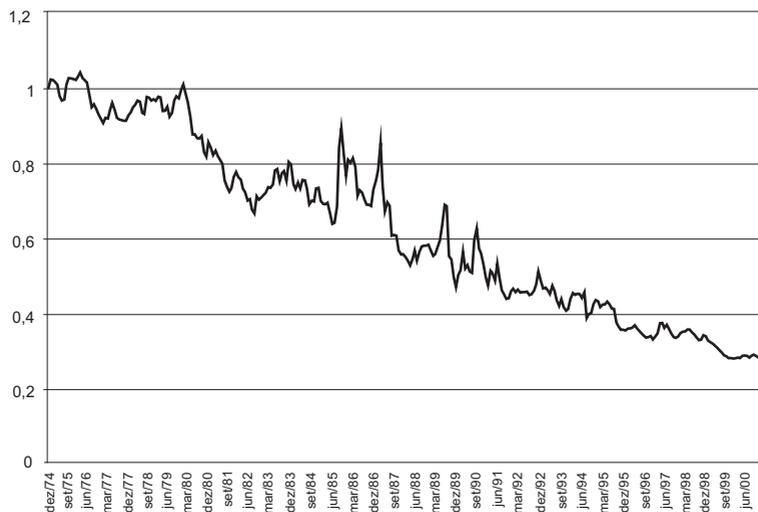
## Introdução

Durante o processo de evolução da humanidade, a espécie humana deixou seu comportamento nômade fixando-se em locais mais protegidos e com maior facilidade de coleta de alimentos. Com o tempo e a necessidade, o homem começou a coletar e a plantar espécies vegetais a partir da identificação e da seleção de indivíduos mais saborosos, saudáveis, produtivos, resistentes, úteis e que apresentassem uniformidade de dormência e de tempo de maturação de semente, procedendo-se à domesticação dessas espécies. Durante esse processo, grande parte das espécies úteis que apresentava características agrônômicas reproduzíveis, maior uniformidade e produtividade foi domesticada ([ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT - OECD, 1993](#)). Tudo isso ocorreu empiricamente, entretanto, no início do século 20, após a redescoberta das leis de Mendel, do desenvolvimento dos estudos básicos da hereditariedade e do uso de estatística para seleção e cruzamento de indivíduos, esses estudos passaram a ser realizados com base científica, aumentando a eficiência do melhoramento genético. Por meio das técnicas de melhoramento, foram obtidas todas as cultivares de milho, soja, algodão, canola, batata e demais espécies de importância econômica encontradas hoje.

O melhoramento genético vegetal visa à obtenção de plantas mais produtivas, adaptadas a diferentes agroecossistemas, resistentes a doenças e a pragas e com maior qualidade nutricional. O grande desafio atual é produzir alimentos em quantidade e qualidade e, ao mesmo tempo, minimizar o impacto ambiental e

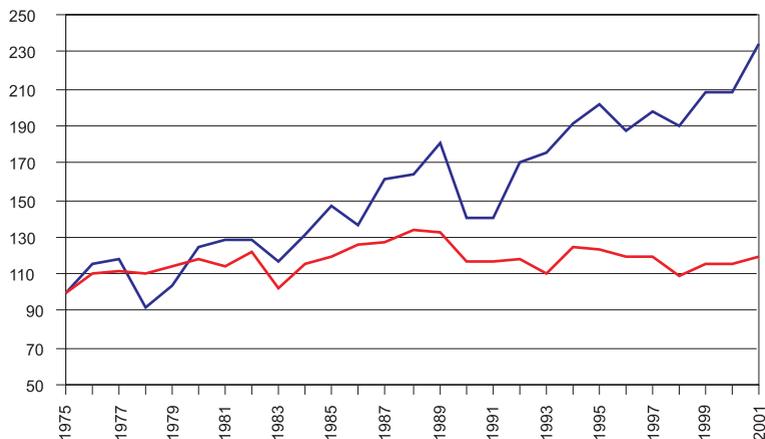
reduzir o uso de defensivos agrícolas. Grandes avanços foram obtidos pelo melhoramento genético com a finalidade de aumentar a produtividade das culturas e conseqüentemente diminuir o preço dos alimentos. Um estudo realizado com base nos dados mensais do Índice de Preços ao Consumidor da Fipec da cidade de São Paulo, no período de janeiro de 1975 a dezembro de 2000, demonstrou que houve queda de 5%, ao ano, do preço da cesta básica no Brasil nos últimos 25 anos (Figura 1). Esse índice faz sistemática revisão dos orçamentos familiares, e todos os produtos têm seus preços coletados toda semana. A cesta de produtos estudada era composta de leite, carne bovina, frango, arroz, feijão, laranja, tomate, cebola, batata, banana, açúcar, alface, café, cenoura, mamão, ovo, óleo de soja ([BARROS et al., 2001](#)).

No estudo realizado considerou-se, também, que a principal causa dessa queda foi a crescente elevação da produtividade no campo. A produção de grãos, nesses 25 anos, cresceu 165%, enquanto a área plantada cresceu apenas 37,5%. O aumento da produtividade média chegou a 92,6% ([Figura 2](#)). Esse cálculo da evolução da produção de grãos foi baseado na oferta agrícola global e demonstra que a agricultura brasileira se expande cada vez mais por incorporação de tecnologia ao invés da área cultivada ([BARROS et al., 2001](#)).



**Figura 1.** Índice de preços da cesta básica, coletado pela FIPEC, de dezembro de 1974 a julho de 2000.

Fonte: [Barros et al. \(2001\)](#).



**Figura 2.** Índice da evolução da área cultivada ( ) e da produção de grãos ( ) de 1975 a 2000.

Fonte: [Barros et al. \(2001\)](#).

Esses resultados de produtividade foram obtidos de pesquisa agrícola, nas áreas de melhoramento genético vegetal e ambiental, com o desenvolvimento de técnicas de manejo das culturas. No entanto, apesar dos grandes avanços já alcançados, o melhoramento convencional apresenta algumas limitações, como por exemplo, a ligação gênica e a incompatibilidade interespecífica. Para eliminar tais limitações, a transformação genética surgiu como ferramenta útil, pois permite a introdução de um único gene de interesse diretamente em cultivares-elite. O gene a ser introduzido pode ser oriundo da mesma espécie ou de outras espécies, permitindo, assim, a quebra das barreiras impostas pela incompatibilidade sexual entre as diferentes espécies, além de eliminar o efeito das ligações gênicas indesejadas ([ANDRADE, 2003](#)).

No entanto, a manipulação genética de organismos vivos pela introdução de genes provenientes da mesma espécie ou de outra gera desconfiança sobre a segurança alimentar do organismo transgênico, tanto para saúde humana quanto animal, bem como sobre o impacto que esses organismos terão no ambiente. Como resultado dessa preocupação, várias instituições ligadas à pesquisa, à saúde humana e ao ambiente buscaram métodos para avaliação de riscos de organismos geneticamente modificados (OGMs) ([FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1992](#); [INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 2005](#); [FAO, 1996, 2000, 2001](#); [INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE, 2001](#)). Com isso, desenvolveram-se os princípios de equivalência substancial e

de precaução e a análise de risco que são utilizados como base para os estudos de biossegurança ([LAJOLO; NUTTI, 2003](#)). Este trabalho irá ater-se aos estudos de biossegurança alimentar.

## Biossegurança Alimentar

O termo segurança alimentar surgiu na Europa, a partir da Primeira Guerra Mundial, com a conotação de Segurança Nacional, devido à necessidade de formar *estoques estratégicos de alimentos*, uma vez que a soberania de um país dependia, entre outros fatores, da sua capacidade de auto-suprimento ([PONTES et al., 2003](#)). Posteriormente, na Segunda Guerra Mundial, foi agregada a noção do direito humano à alimentação. Na década de 1970, houve um foco na qualidade, em especial, no que se referia à segurança dos aditivos alimentares. Nos anos 80, a preocupação era com os resíduos de agrotóxicos e a irradiação de alimentos e, a partir dos anos 90, a preocupação passou a ser com os produtos transgênicos. Entretanto, apesar de todos esses enfoques, não há registro de um processo de avaliação de segurança alimentar formalmente reconhecido por algum órgão federal de qualquer país ([ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 1993](#)). No entanto, com a possibilidade de se introduzir novas características em uma planta, o fator segurança alimentar passou a receber mais atenção ([ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 1993](#)).

O uso de estudos toxicológicos convencionais para avaliação de segurança alimentar tornou-se particularmente complicado quando se deparou com a dificuldade de estudar os efeitos dos alimentos irradiados na alimentação animal. Análises com animais eram um dos principais pontos de suporte aos estudos de compostos como pesticidas, fármacos, produtos químicos e aditivos alimentares. Esses elementos são bem caracterizados, de pureza conhecida, não possuem valor nutritivo e apresentam baixa exposição humana. Os estudos eram realizados com doses superiores que as esperadas para os níveis de exposição humana, visando identificar qualquer efeito adverso de importância para a saúde.

Todavia, a utilização desses estudos para avaliação de alimentos é limitada. Os alimentos são misturas complexas de compostos e caracterizados por grande variação na composição química e no valor nutricional. Assim, os estudos toxicológicos devem levar em conta a necessidade da manutenção do balanço nutricional, bem como evitar os efeitos não relacionados ao material analisado ([FAO, 2000](#)).

Segundo a [FAO \(1996\)](#), as considerações em relação à segurança alimentar de Alimentos Geneticamente Modificados (AGMs) incluem:

- 1) Conseqüências diretas de alteração nos níveis de expressão de genes existentes pela introdução do novo gene ou modificação genética causada por ele.
- 2) Conseqüências diretas (p.e., efeitos antinutricionais, tóxicos ou alergênicos) da presença da proteína codificada pelo gene introduzido nos alimentos.
- 3) Conseqüências indiretas dos efeitos de quaisquer novos produtos ou níveis alterados de produtos já existentes no metabolismo do organismo levando à presença de novos compostos ou níveis alterados de compostos já existentes.
- 4) Conseqüências das mutações causadas no processo de introdução genética no organismo, tais como a interrupção de seqüências codantes ou controle ou ativação de genes latentes, levando à presença de novos componentes ou níveis alterados de componentes existentes.
- 5) Conseqüências da transferência do gene para a flora gastrointestinal pela ingestão do alimento geneticamente modificado (AGM) e/ou alimentos derivados deles.
- 6) Potencial efeito adverso na saúde associado ao microrganismo geneticamente modificado pelo alimento.

## Equivalência Substancial (ES)

O princípio da equivalência substancial, cunhado em 1993 pela Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), Comunidade Européia, considera que os organismos existentes e seus produtos derivados podem ser utilizados como parâmetro comparativo na avaliação de segurança de AGMs, uma vez que esses alimentos possuem um histórico de uso seguro ([ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 1993](#)). Isto é, todo alimento utilizado é presumivelmente seguro a não ser que um perigo significativo tenha sido identificado. Baseado nesse conceito, avaliam-se similaridades e diferenças entre os AGMs em comparação a seus análogos considerados saudáveis ([FAO, 2000](#)). O objetivo é garantir que os alimentos transgênicos sejam tão seguros quanto os análogos convencionais.

Cenários possíveis:

- 1) AGM ou derivado é substancialmente equivalente ao análogo convencional quanto à composição, aspectos agronômicos e toxicológicos.
- 2) AGM ou derivado é equivalente ao análogo convencional, exceto por algumas poucas diferenças claramente definidas.
- 3) AGM ou derivado não é equivalente ao análogo convencional.

No primeiro cenário, não são necessários estudos adicionais. No segundo, a característica estaria relacionada ao gene inserido. Nesse caso, estudos adicionais sobre a proteína expressa são requeridos (p.e., alergenicidade, digestibilidade). No último cenário, são necessárias avaliações complementares utilizando técnicas mais sofisticadas como proteoma e metaboloma ([WATANABE; NUTTI, 2002](#); [LAJOLO; NUTTI, 2003](#)).

Entretanto, a ES é apenas uma análise preliminar que não garante a segurança, mas auxilia na identificação de similaridades e diferenças entre o alimento convencional e o AGM que, posteriormente, é submetido a análises toxicológicas adicionais ([FAO, 2000](#); [WATANABE; NUTTI, 2002](#)). Tais análises são importantes porque podem ocorrer efeitos não intencionais que alteram a composição e o valor nutricional do alimento ou também, efeitos antinutricionais ou tóxicos ([LAJOLO; NUTTI, 2003](#)). Assim, todo alimento transgênico é submetido a um processo de análise de risco antes de ser liberado para o consumo humano ou animal.

A liberação de um AGM ocorre caso a caso e, para isso, o AGM em questão precisa ser submetido a mais de uma avaliação preliminar de perigo, na qual se analisa, além da equivalência substancial (ES), o aspecto nutricional e toxicológico.

## **Efeito do DNA recombinante (DNArec)**

Antes de se estabelecer a discussão de cada etapa da análise de risco, é necessário compreensão dos conceitos de risco e perigo. A World Health Organization (WHO) juntamente com a Food and Agriculture Organization (FAO)

definiram perigo como a presença do agente causador de danos, isto é, o agente nocivo capaz de provocar algum efeito prejudicial e risco como a probabilidade de ocorrência do agente ([WATANABE; NUTTI, 2002](#); [LAJOLO; NUTTI, 2003](#)). Exemplificando: **perigo** - a presença de uma casca de banana jogada na calçada - e **risco** - a probabilidade de alguém pisar na casca e levar um tombo -. Em relação a AGMs, pode-se considerar que a introdução de uma seqüência estranha pode causar efeitos intencionais e não intencionais, previsíveis ou não, pois a incorporação do DNA no genoma pode interferir na expressão de outros genes, podendo alterar o metabolismo da planta. Além disso, o produto da expressão do DNA é uma proteína que pode ter efeito tóxico, alergênico, antinutricional ou mesmo alterar o valor nutricional do alimento.

Dentro desse contexto, deve-se identificar qual é o perigo de um alimento transgênico. Um dos primeiros pontos a ser discutido é a hipótese de haver perigo na ingestão do DNA introduzido e, também, a possibilidade de haver uma transferência horizontal de genes para bactérias intestinais ou mesmo para as células do intestino. Considerando que DNA é constituído de nucleotídeos que apresentam uma base nitrogenada (adenina, guanina, citosina e timina), um açúcar (pentose) e um radical fosfato e que o DNA recombinante inserido nos alimentos não difere quimicamente do DNA constituinte dos alimentos ingeridos diariamente, conclui-se que a degradação do DNA recombinante não difere do DNA normalmente ingerido por meio dos alimentos não transgênicos. Além disso, a quantidade de DNA ingerida é 20 mil vezes menor que a quantidade de DNA normalmente ingerido na dieta diária. Também, é bom lembrar que o processamento dos alimentos seja industrial, seja doméstico, costuma reduzir o DNA em fragmentos menores que 200 pares de base os quais são facilmente fagocitados e digeridos pelas células do intestino ([LAJOLO; NUTTI, 2003](#)). Assim, a FAO e a Organização Mundial de Saúde consideram que a simples ingestão do DNA recombinante não é perigosa, pois ingerimos DNA diariamente em nossa dieta (FAO, 1996).

## Transferência Horizontal

Em 1993, a Organização Mundial de Saúde realizou um *Workshop* sobre *Aspectos relacionados à saúde dos genes marcadores de plantas geneticamente modificadas*. Nesse encontro, com base nas considerações sobre a complexidade de etapas necessárias para a transferência horizontal, concluiu-se que não existiam evidências de transferência de genes de plantas para microrganismos no

trato gastrointestinal. Para suceder tal transferência, seria necessária a ocorrência concomitante das seguintes etapas:

- 1) O DNA vegetal teria de ser liberado da célula/tecido vegetal e não ser degradado (sobreviver) no ambiente gastrointestinal, exposto ao ácido gástrico e às nucleases.
- 2) O microrganismo receptor teria de estar competente para a transformação.
- 3) O microrganismo receptor teria de se ligar ao DNA a ser transferido.
- 4) O DNA teria de penetrar na parede celular e translocar-se através da membrana celular do microrganismo.
- 5) O DNA teria de continuar íntegro ao sistema de restrição/modificação desenvolvido pelo microrganismo para degradar o DNA estranho.
- 6) O DNA teria de ser integrado ao genoma ou plasmídios do hospedeiro, o que requereria a homologia de pelo menos 20 pares de base em ambas as extremidades do DNA a ser transferido possibilitando a recombinação genética.

O Conselho da [FAO \(1996\)](#) concordou com o decidido no *workshop*, anteriormente citado, considerando que, embora a transferência do DNA para as bactérias do trato intestinal fosse remota, em caso de genes que poderiam afetar a saúde humana ou animal, como é o caso da resistência a antibióticos, estes não deveriam ser utilizados em plantas geneticamente modificadas para o uso comercial. O conselho ponderou, também, que o princípio da equivalência substancial (ES) deveria ser considerado etapa-chave no processo de avaliação da segurança alimentar ([FAO, 1996](#)).

## Alergenicidade

A alergia a um alimento é uma reação adversa a algum componente dele que envolve uma resposta anormal do sistema imunológico do corpo. O tipo mais comum de alergia a alimentos é o mediado pela produção de anticorpos específicos, as imunoglobulinas E específicas (IgE). Em uma resposta alérgica mediada por IgE, os primeiros sintomas ocorrem alguns minutos ou horas depois da ingestão do alimento e da exposição do corpo ao agente alergênico. Algumas alergias comuns mediadas por IgE são as induzidas por pólen, esporos, pêlos de

animais, picadas de insetos e alguns tipos de alimentos. Existem, também, respostas alergênicas mediadas por reações celulares que, em geral, ocorrem cerca de oito horas depois da ingestão do alimento, por exemplo, a alergia ao glúten ([FAO, 2001](#)).

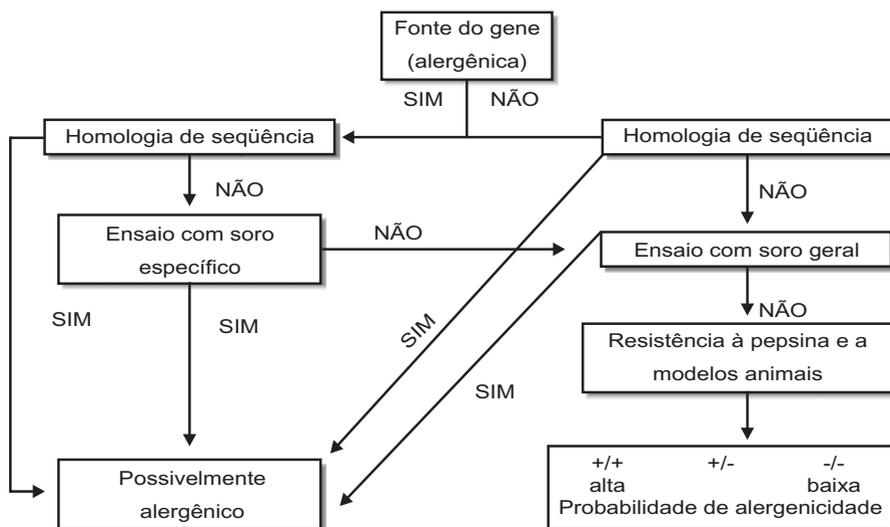
Respostas alergênicas mediadas por IgE afetam de 10% a 25% da população de países em desenvolvimento, embora as alergias causadas por alimentos acometem menos de 2,5% da população. As crianças são mais sensíveis que os adultos. Os dados demonstram que crianças abaixo de três anos respondem por cerca de 5% a 8% das reações alérgicas a alimentos ([FAO, 2000](#)).

Um ponto importante é que quase todos os alergênicos alimentares são proteínas que podem estar distribuídas em diferentes partes da planta e serem influenciadas por fatores ambientais. No entanto, não existe uma propriedade única que caracterize um alergênico potencial, embora a maioria possui uma série de características comuns. São elas: (1) resistência à digestão; (2) resistência ao processamento; (3) peso molecular de 10 a 70 kDa; (4) presença no alimento em concentrações acima de 1%; (5) seqüência de aminoácidos com homologia a outros alergênicos conhecidos ([ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 2002](#)).

Segundo o Codex Committee on Food Labelling, uma unidade do Codex Alimentarius, existe uma série de alimentos que pode causar alergias, sendo que amendoim, soja, leite, ovos, peixes, crustáceos, trigo e castanhas são responsáveis por 90% das reações alérgicas. Algumas espécies de vegetais e frutas frescas também apresentam reações alérgicas tipicamente na região da boca e da faringe, no entanto, as proteínas alergênicas desses alimentos são instáveis quando aquecidas ou digeridas ([FAO, 2001](#)).

A resposta alérgica, mediada por IgE, ocorre da seguinte maneira: depois da ingestão do alimento, a proteína alergênica induz a produção de um anticorpo específico IgE que tornará o indivíduo sensível à ingestão daquele alimento. Assim, o indivíduo passa por uma primeira exposição ao alimento antes de demonstrar reação alérgica a ele. A resposta alérgica varia de moderada a severa, pois, cada indivíduo responde de maneira diferente ao indutor da alergia. No entanto, indivíduos altamente sensíveis podem responder a quantidades pequenas como microgramas, e a resposta pode ocorrer em minutos. O tratamento para indivíduos alérgicos é feito por meio de dietas específicas com restrição do alimento alergênico ([FAO, 2001](#)).

Baseado no exposto, a preocupação com o potencial alergênico dos organismos geneticamente modificados é bastante alta. Por conta disso, diversas discussões internacionais têm sido realizadas. Em 1996, o Conselho Internacional de Biotecnologia de Alimentos e o Instituto de Alergia e Imunologia do International Life Science Institute (ILSI) desenvolveu uma árvore de decisões sobre o potencial alergênico (Figura 3), revisada posteriormente, em 2001, por um conselho da FAO e Organização Mundial de Saúde. Essa árvore de decisões, largamente adotada pela indústria de alimentos derivados da biotecnologia, considera a origem do gene, a homologia de seqüência com alergênicos conhecidos, a ligação imunoquímica da proteína produzida com IgE de soro sangüíneo de indivíduos conhecidamente alérgicos ao organismo doador do gene introduzido e as características físico-químicas dessa proteína (METCALFE et al., 1996; FAO, 2001).



**Figura 3.** Árvore de decisão sobre o potencial alergênico.

Fonte: adaptado de [FAO \(2001\)](#).

Essas características facilitam a identificação do potencial alergênico do produto transgênico, embora nenhum critério separadamente seja suficiente para confirmar a alergenicidade de uma proteína. Os critérios relevantes na utilização da árvore de decisão são:

- 1) Fonte do gene transferido: atenção particular no caso de a fonte do gene conter alergênicos conhecidos.
- 2) Homologia da seqüência: a seqüência de aminoácidos de muitas proteínas alergênicas é facilmente acessada.
- 3) Imunorreatividade da nova proteína: caso a proteína seja derivada de uma fonte alergênica conhecida ou tenha homologia de seqüência com algum alergênico, então, a reatividade ao IgE do soro sanguíneo de indivíduos alérgicos ao alimento é determinada.
- 4) Efeito do pH e/ou digestão: a maioria dos alergênicos é resistente ao suco gástrico e às protéases digestivas.
- 5) Estabilidade ao processamento ou aquecimento: alergênicos de alimentos suscetíveis ao calor ou processamento são considerados menos preocupantes ([FAO, 2000](#)).

## Análise de Risco

A análise de risco de OGMs é um procedimento com diferentes etapas componentes: (i) a avaliação do risco; (ii) o gerenciamento do risco; e (iii) a comunicação do risco ([LAJOLO; NUTTI, 2003](#)). Essa análise é baseada em metodologias científicas que buscam a sistematização das informações sobre determinado perigo e auxiliam o processo de avaliação de risco e a adoção de medidas para minimizá-lo ou eliminá-lo ([LAJOLO; NUTTI, 2003](#)).

Interessante notar que várias plantas utilizadas na alimentação humana são tóxicas quando ingeridas cruas, como por exemplo, a mandioca, a batata, a soja e outras leguminosas. No entanto, depois do processamento, o efeito tóxico é eliminado, assim, a mera presença de um componente tóxico numa variedade vegetal não impede sua utilização ([ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 1993](#)).

## Considerações Finais

Do ponto de vista alimentar, o nível de segurança de AGMs é muito alto, uma vez que esses alimentos são submetidos a uma bateria de testes, sendo exemplos: caracterização da proteína expressada, testes de digestibilidade in

vitro, avaliação de toxicidade aguda oral em camundongos, avaliação de homologia estrutural da proteína com toxinas protéicas conhecidas, avaliação do potencial alergênico e equivalência nutricional. Essa bateria de testes é bastante rigorosa e somente os organismos transgênicos estão sujeitos a ela. Com isso, é possível dizer que o risco oferecido por um alimento transgênico pode ser considerado menor que o de outro tipo de alimento liberado para consumo humano o qual não passa por uma bateria de testes tão rigorosa.

## Referências

ANDRADE, S. R. M. **Transformação de plantas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 27 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 102).

BARROS, J. R. M. de; RIZZIERI, J. A. B.; PICCHETTI, P. **Os efeitos da pesquisa agrícola para o consumidor**. Relatório final FIPE/Embrapa, agosto 2001. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/novidade/eventos/simpacto/simpacto.htm>>. Acesso em: 17 nov.2004.

FAO. **Biotechnology and food safety**: report of a Joint. Rome: FAO: WHO Consultation, 1996. 31 p. (FAO Food Nutrition Paper, 61). Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/biotechnology.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2005.

FAO. **Evaluation of allergenicity of genetically modified foods**. Rome: FAO: WHO Consultation, 2001. 27 p. Report of a joint FAO/WHO Expert Consultation on Allergenicity of Foods Derived from Biotechnology. Disponível em: <<http://www.fao.org/es/ESN/food/pdf/allergygm.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2005.

FAO. **Safety aspects of genetically modified foods of plant origin**. Geneva: FAO/WHO Consultation, 2000. 36 p. Report of a joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology. Disponível em: <<http://www.fao.org/es/ESN/food/pdf/gmreport.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2004.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Statement of policy: foods derived from new plant variety. **Notice Federal Register**, v. 57, n. 104, p. 22984-23005, 1992. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~acrobat/fr920529.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2005.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. **Expert report on biotechnology food**: Backgrounder, Safety Assessment of Biotech Foods. Disponível em: <<http://www.ift.org/pdfs/expert/biotech/iftbiotechsafety-b.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2005.

INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE. **Method development in the relationship to regulatory requirements for the detection of GMOs in the food chain**. Brussels, 2001. Disponível em: <<http://www.gmsciencedebate.org.uk/topics/forum/pdf/0080f.pdf>> Acesso em: 10 maio 2005.

LAJOLO, F. M.; NUTTI, M. R. **Transgênicos: bases científicas da sua segurança**. São Paulo: SBAN, 2003. 112 p.

METCALFE, D. D.; ASTWOOD, T. D.; TOWNSEND, R.; SAMPSON, H. A.; TAYLOR, S. L.; FUCHS, R. L. Assessment of the allergenic potential of foods derived from genetically engineered crop plants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 36, p. 165-186, 1996.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Safety assessment of new food: Results of an OECD survey of serum banks for allergenicity testing, and use of databases**. Paris, 2002. SG/ICGB(1997)1/FINAL. Disponível em: <[http://www.olis.oecd.org/olis/1997doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/656a6ffd5ec500d0c1256b6e00372ca1/\\$FILE/JT00121603.PDF](http://www.olis.oecd.org/olis/1997doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/656a6ffd5ec500d0c1256b6e00372ca1/$FILE/JT00121603.PDF)>. Acesso em: 31 maio 2005.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Safety evaluation of foods produced by modern biotechnology: Concepts and principles**. Paris, 1993. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/57/3/1946129.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2005.

PONTES, A.; SANTOS, P.; ALEIXO, L. F. Segurança de alimentos GM. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; COSTA, N. M. B. (Ed.). **Alimentos geneticamente modificados**. Viçosa, MG: UFV, 2003. p. 95-105.

TOMLINSON, N. **The concept of substantial equivalence, its historical development and current use**. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/Bio-03.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2004.

WATANABE, E.; NUTTI, M. R. Alimentos geneticamente modificados: avaliação de segurança e melhorias de qualidade em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2002.

## Biosafety of Transgenic foods

---

**Abstract** - *The use of transgenic plants on the human diet is a matter of great concern for the scientific community and the public in general. However, it is important to consider that before the release for human consumption, transgenic foods are submitted to an extensive series of rigorous tests. These tests includes the characterization of the expressed protein, in vitro digestibility and oral evaluation of acute toxicity in mice, studies of the structural homology of the protein with other known toxic proteins, allergenic potential and nutritional equivalence. Questions about the true risks of transgenic food for human health cannot be answered in general terms, but we can expect a lower potential risk when compared to another type of food that did not was submitted to such rigorous tests. In 2002, a document released by WHO affirms that transgenic foods sold in the international market had successfully passed several tests and do not present any risks for human health. In addition, no detectable effect was observed in the health of the population of the countries in which transgenic food are currently consumed. The present contribution describes the steps through which every transgenic plant aimed for used on the human diet needs to pass until it reaches the consumer table.*

*Index terms: transgenic foods, GMO, risk assessment and biosafety.*