

200

Circular  
TécnicaSete Lagoas, MG  
Dezembro, 2013**Autores****Maria José Vilaça de Vasconcelos**Farmaceutica PhD e  
Pesquisadora Embrapa Milho  
e Sorgo, Cx. Postal 151  
CEP 35701-970 Sete  
Lagoas, MG  
mariajose.vasconcelos@  
embrapa.br**Andrea Almeida Carneiro**Bióloga, PhD e Pesquisadora  
Embrapa Milho e Sorgo, Cx.  
Postal 151  
CEP 35701-970 Sete  
Lagoas, MG  
andrea.carneiro@embrapa.br

## Biossegurança de Plantas Geneticamente Modificadas

### Introdução

Biossegurança refere-se ao conjunto de ações voltadas para a prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, visando à saúde do homem, dos animais, à preservação do meio ambiente e à qualidade dos resultados (TEIXEIRA; VALLE, 1996). Sempre que procedimentos específicos para evitar ou minimizar os riscos de atividades potencialmente perigosas que envolvem organismos vivos forem adotados, a biossegurança estará sendo praticada. Segundo Almeida e Albuquerque (2002), a biossegurança designa não propriamente uma disciplina, mas um campo de conhecimentos e um conjunto de práticas e ações técnicas, com preocupações sociais e ambientais, destinados a conhecer e controlar os riscos que o trabalho científico pode oferecer ao ambiente e à vida. O termo biossegurança também tem sido aplicado no Brasil como sinônimo de aspectos relacionados à manipulação em regime de contenção e liberação de organismos geneticamente modificados (OGMs).

Segundo a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (1993), a segurança em biotecnologia é alcançada através da aplicação adequada de análise de risco/segurança e da gestão do risco. A avaliação de risco de plantas geneticamente modificadas deve ser baseada em dados científicos sólidos e deve ser aplicada caso a caso.

### Análise de Risco

Nos últimos anos, organizações governamentais e intergovernamentais têm planejado estratégias e protocolos para o estudo da segurança de alimentos derivados de cultivos geneticamente modificados (GM). Os testes de segurança são conduzidos caso a caso e modelados para as características específicas das culturas modificadas.

Segundo Lajolo e Nutti (2003), a análise de risco é um procedimento científico que auxilia na busca sistematizada de informações sobre determinado perigo, de forma a permitir a avaliação do risco envolvido e a adoção de medidas para eliminar ou controlar o perigo detectado. O perigo pode ser definido como um agente nocivo físico, químico ou biológico, capaz de causar efeitos adversos, como a inserção de um fragmento de DNA no genoma de uma planta. Já o risco seria a função da probabilidade de ocorrência daquele perigo em certas circunstâncias, como ter efeitos adversos causados por este DNA exógeno.

Avaliação de risco, portanto, é definida como sendo o processo com base científica que consiste na identificação e caracterização do perigo, da avaliação da exposição e da caracterização dos efeitos do risco. Num primeiro estágio, busca-se identificar o perigo de uma substância, pelo estabelecimento de uma relação causa-efeito entre o perigo e o produto ou processo, usando-se experimentos, modelos toxicológicos e/ou métodos epidemiológicos.

A caracterização do perigo tem como objetivo avaliar em termos qualitativo e/ou quantitativo a natureza do perigo intrínseco identificado, tendo como propósito estabelecer a maior dose possível na qual os efeitos adversos não são observados.

As medições e estimativas da exposição de seres humanos em contato com substâncias químicas, associadas com as apropriadas suposições acerca dos efeitos à saúde, constituem método padrão utilizado para determinar os níveis de exposições de determinadas populações sob determinadas condições. A exposição é definida como o contato que uma pessoa tem com o(s) agente(s) (químicos, físicos ou biológicos) nos limites exteriores do seu organismo durante determinado período de tempo. A avaliação da exposição envolve a determinação ou estimativa da magnitude, da frequência, da duração, da quantidade de pessoas expostas e a identificação das vias de exposição. Seu objetivo é fornecer subsídios para a proteção e a promoção da saúde pública.

Para disponibilizar à sociedade produtos seguros obtidos pela biotecnologia, uma avaliação de biossegurança dos produtos gerados deve ser rigorosamente estruturada e executada. Tal avaliação dimensiona riscos potenciais e suas probabilidades de ocorrência. Os riscos potenciais incluem aspectos ambientais e efeitos sobre a saúde humana e animal. O conhecimento desses riscos mostra-

se uma etapa indispensável das questões de biossegurança, pois possibilita a elaboração de planos de seu gerenciamento.

O objetivo da avaliação de biossegurança de plantas geneticamente modificadas é identificar e avaliar os riscos associados com a liberação e o cultivo dessas plantas em comparação com uma cultivar isogênica não transgênica, que tem uma história de uso seguro. Além das informações sobre o organismo hospedeiro e sobre os organismos doadores dos genes de interesse, as preocupações das análises de biossegurança incluem:

1. Caracterização molecular e estabilidade da modificação genética;
2. Demonstração da inexistência de alterações não intencionais nos níveis de nutrientes essenciais, substâncias tóxicas ou antinutrientes naturais ou a biodisponibilidade de nutrientes;
3. Avaliação toxicológica;
4. Avaliação do potencial alergênico da nova cultivar;
5. Avaliação do potencial de transferência horizontal e vertical dos transgenes;
6. Avaliação do potencial de o evento transgênico comportar-se como uma planta voluntária;
7. Avaliação dos possíveis efeitos adversos em organismos não alvo.

### **Análises Moleculares**

Uma planta geneticamente modificada (GM), além do gene de interesse, recebe sequências regulatórias: promotores, terminadores, além de genes marcadores e outros elementos úteis para o desenvolvimento do processo. Tais componentes são frequentemente provenientes de diferentes espécies. Assim, a caracterização molecular do transgene após a inserção na planta é um importante componente da análise de risco (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2004). Entre os itens avaliados inclui-se a verificação da integridade da estrutura do DNA exógeno,

as sequências franqueadoras do gene, a localização subcelular, o número de cópias, a interferência em genes da planta receptora, o nível de expressão da nova proteína ao longo do tempo e em diferentes tecidos. A caracterização molecular do evento transgênico pode fornecer informações sobre as possíveis consequências diretas e indiretas da modificação genética. Portanto, uma descrição detalhada das características moleculares da planta transgênica produzida é necessária a fim de demonstrar que todos os genes inseridos e proteínas expressas foram analisados criticamente.

As técnicas moleculares normalmente utilizadas nessas caracterizações são a reação em cadeia pela polimerase (PCR), a hibridização (Southern blot) e o sequenciamento de DNA, normalmente avaliadas por várias gerações da planta para verificação da estabilidade do gene.

Entretanto, potenciais efeitos da transgenia podem não ser evidentes apenas pela análise pontual do transgene. Dessa forma, análises de transcriptoma, proteoma e metaboloma são importantes ferramentas para entendimento dos mecanismos relacionados ao novo gene. As análises normalmente são realizadas por meio da comparação de uma planta convencional com outra geneticamente modificada, normalmente avaliada em diferentes locais, fases de desenvolvimento e tecidos por meio de repetidas amostragens. Análises dos transcritos podem ser realizadas por técnicas de macro e microarranjos, Northern blot, sequenciamento em larga escala e estratégias de bioinformática. As proteínas podem ser estudadas por SDS-PAGE, eletroforese bidimensional, Western blot, sequenciamento de peptídeos e espectrometria de massas. Já na análise dos metabólitos, as técnicas frequentemente adotadas são a espectrometria de massas e espectroscopia de ressonância magnética nuclear. Apesar do elevado custo e da complexidade de algumas dessas análises, apresentam-se como

poderosas ferramentas para as análises de biossegurança. A caracterização molecular do transgênico é fundamental tanto nos estudos de segurança alimentar como ambiental.

### **Análise de Risco Alimentar**

A segurança alimentar está vinculada aos efeitos colaterais sobre os consumidores. Os estudos de segurança alimentar abordam principalmente os casos agudos, pois os efeitos crônicos demandam maior tempo de observação. Entretanto, nenhum efeito relevante, em razão da utilização de plantas geneticamente modificadas, tem sido registrado na literatura.

### **Equivalência Substancial**

Em 1993, a *Organization for Economic Co-operation and Development* – OECD, formulou o conceito de equivalência substancial como uma ferramenta a ser utilizada para direcionar a avaliação de segurança de alimentos GM, a qual tem sido aperfeiçoada ao longo dos anos (FAO, 1996). O conceito de equivalência substancial faz parte de uma estrutura de avaliação de segurança que se baseia na ideia de que alimentos já existentes podem servir como base para comparação do alimento GM como o análogo convencional apropriado (KUIPER et al., 2001).

O estabelecimento da equivalência substancial pode resultar em três possíveis cenários: 1) o alimento ou ingrediente alimentar GM é substancialmente equivalente ao análogo convencional, quanto a sua composição e aos seus aspectos agrônômicos e toxicológicos; 2) o alimento ou ingrediente alimentar geneticamente modificado é substancialmente equivalente ao análogo convencional, exceto por umas poucas diferenças claramente definidas; 3) o alimento ou ingrediente alimentar geneticamente modificado não é substancialmente equivalente, porque diferenças não podem ser definidas ou porque análogo convencional não existe (DONALDSON; MAY, 1999).

O fato de o alimento geneticamente modificado ser substancialmente equivalente ao seu análogo convencional não significa que ele seja seguro, nem elimina a necessidade de se conduzir uma avaliação rigorosa para garantir a segurança dele antes que sua comercialização seja permitida. Por outro lado, a não constatação de equivalência substancial não significa que o alimento geneticamente modificado não seja seguro, mas que há necessidade de se proverem dados de maneira extensiva, que demonstrem sua segurança (DONALDSON; MAY, 1999).

Para determinação da equivalência substancial, a composição do OGM deverá ser comparada com a composição de seu análogo convencional, preferencialmente a linhagem parental direta. Análises de composição também devem ser realizadas em plantas geneticamente modificadas e seus respectivos análogos convencionais, desenvolvidos sob condições ambientais similares, minimizando diferenças na composição não relacionadas à composição genética. Ao mesmo tempo, é necessário avaliar a nova variedade geneticamente modificada em diferentes locais (diferentes condições ambientais) e durante temporadas subsequentes (diferentes condições de clima), com a finalidade de verificar se não houve alteração de rotas metabólicas, com possíveis efeitos adversos na composição da planta (KUIPER et al., 2001).

### **Toxicidade e Alergenicidade**

A alergenidade constitui-se risco muito importante a ser avaliado, levando-se em conta que os alergênicos alimentares são proteínas que podem ser oriundas de genes endógenos ou exógenos. Uma árvore de decisões para a avaliação do potencial de alergenidade de novas proteínas em alimentos geneticamente modificados foi desenvolvida, em 1996, pelo Conselho Internacional de Biotecnologia de Alimentos e pelo Instituto de Alergia e Imunologia do ILSI (*International Life Sciences Institute*). Esse processo de decisão foi

posteriormente revisado, em 2001, na consulta conjunta da FAO/WHO sobre alimentos derivados da biotecnologia (*World Health Organization*) (WATANABE; NUTTI, 2002). Qualquer resultado positivo define o produto como sendo alergênico, levando à interrupção do desenvolvimento do produto. Um resultado negativo implica a realização de testes in vitro adicionais, realizados com soro de pacientes hipersensibilizados a certos grupos de alérgenos relacionados à fonte original do gene. Implica também os testes de resistência da proteína expressa à digestão pela pepsina ("digestive fate") e a determinação da imunogenicidade em modelos animais, que podem indicar a alta ou baixa probabilidade do potencial alergênico da nova proteína (MUNIZ et al., 2003). Testes in vivo com humanos podem ser considerados em alguns casos, porém não são obrigatórios (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2001).

Lajolo e Nutti (2003) afirmam que proteínas expressas como consequência da modificação genética, em produtos apresentados para comercialização, não evidenciaram efeitos adversos relevantes em ensaios químicos e toxicológicos. Além disso, em sua maioria, não se mostraram potencialmente alergênicos. Até o momento, não se tem conhecimento de nenhum produto agrícola ou alimento GM aprovado que tenha causado alergias (PEREIRA et al., 2008).

### **Estudos com Animais**

Estudos com animais são necessários para se avaliar o risco de uso de alimentos GM. Para se avaliar a segurança de longo prazo é considerado necessário o consumo de alimentos na dieta de animais de laboratório durante um período de 90 dias. Deve-se expor o animal às doses mais elevadas possíveis do alimento sem causar desequilíbrio nutricional e doses baixas comparáveis ao previsto para o consumo humano. A margem de segurança pode ser calculada com base na ausência de efeitos. Estudos de longo prazo para testar

possíveis efeitos da exposição humana devem ser considerados caso a caso, tendo em conta a necessidade de testes toxicológicos adicionais.

Alterações nos tecidos dos animais durante o estudo de 90 dias podem indicar a necessidade de estudos de toxicidade de longo prazo. Outro tipo de estudo consiste na verificação da segurança de carne, leite, ovos e derivados de animais que consomem alimentos geneticamente modificados. A equivalência nutricional pode ainda ser estabelecida através de análise de composição de nutrientes, desempenho de crescimento e indicadores de saúde do animal.

Estudos com ratos sugerem que os alimentos geneticamente modificados não possuem efeitos adversos sobre a capacidade reprodutiva e de desenvolvimento durante diversas gerações (RHEE et al., 2005). Um estudo com vacas foi utilizado para avaliar os efeitos da dieta com alimentos GM sobre o desempenho da alimentação animal (IPHARRAGUERRE et al., 2003). Tanto a planta inteira como a silagem de grãos de uma variedade de milho transgênicos foram comparados. A silagem de grãos e os quatro milhos híbridos foram produzidos utilizando os mesmos procedimentos. A composição química de grãos e silagens produzidos a partir dos diferentes alimentos foi substancialmente equivalente. Uma série de trabalhos com frangos alimentados com rações contendo milho GM em comparação com as rações contendo milho equivalente não transgênico indicou que os animais tiveram rendimentos similares de carcaça e composição da carne (TAYLOR et al., 2003a,b; 2005a,b).

Com suínos, os animais alimentados com soja GM e aqueles nutridos com soja equivalente convencional não diferiram quanto ao crescimento e terminação (CROMWELL et al., 2002). Resultados similares foram obtidos com suínos alimentados com arroz GM e com milho

GM (CROMWELL et al., 2005; HYUN et al., 2005).

Até o momento, as avaliações de mais de 50 cultivos GM aprovados em diversos países permitem concluir que alimentos e rações derivados destes cultivos são tão seguros e nutritivos como aqueles derivados de cultivos tradicionais. A ausência de qualquer problema de segurança alimentar resultante do consumo de alimentos produzidos a partir de mais de 114 milhões de hectares de plantas GM cultivadas em 12 anos de adoção da tecnologia dão suporte para esta conclusão (JAMES, 2012).

### **Análises de Risco Ambiental**

O objetivo da avaliação de risco ambiental de plantas geneticamente modificadas é identificar e avaliar os riscos ambientais associados com a liberação e o cultivo dessas plantas em comparação com um análogo convencional que tem uma história de uso seguro. A análise de risco ambiental inclui além de estudos de caracterização molecular e estabilidade da modificação genética, estudos sobre a transferência de genes para plantas relacionadas e para organismos não relacionados, sobre o potencial de aparecimento de plantas voluntárias, e sobre os efeitos adversos em organismos não alvos.

Para a avaliação de segurança ambiental de uma planta geneticamente modificada, os analistas devem estar familiarizados com a biologia da planta, bem como as práticas agrícolas ou silviculturais empregadas no seu cultivo. Familiaridade considera a biologia da planta, a característica introduzida e as práticas agrícolas utilizadas na produção da cultura.

A OECD tem publicado documentos, conhecidos como "*Consensus Documents*", para auxiliar na compilação de informações sobre diversos organismos hospedeiros e características de interesse que são utilizadas nas cultivares transgênicas.

Estes documentos apresentam informações sobre o organismo hospedeiro e a proteína codificada pelo gene de interesse, consideradas importantes para a análise de biossegurança, e podem ser encontrados no site [http://www.oecd.org/searchResult/0,3400,en\\_2649\\_201185\\_1\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/searchResult/0,3400,en_2649_201185_1_1_1_1_1,00.html).

### **Fluxo de Genes**

Uma das principais preocupações da análise de risco ambiental está relacionada com o fluxo de genes tanto para organismos relacionados como para os não relacionados. O fluxo gênico consiste na transferência de genes de uma população para outra, sendo um processo migratório de alelos entre populações. O efeito da migração de alelos entre populações da mesma espécie depende da proporção de indivíduos migrantes e da diferença nas frequências dos alelos nas duas populações. A seleção natural poderá atuar a favor de elevar a frequência de alelos introduzidos, caso eles confirmem alguma vantagem seletiva aos indivíduos portadores deles. O fluxo gênico pode ocorrer por meio da dispersão de semente ou de pólen, podendo ser vertical, quando envolve cultivares e/ou populações da mesma espécie, ou horizontal, quando envolve a hibridação entre espécies diferentes. Entretanto, existem mecanismos para a mitigação do fluxo gênico, pois, por exemplo, métodos de controle da polinização cruzada em milho, em campos isolados, já são conhecidos desde o início do século passado, quando se iniciou a produção de milho híbrido.

### **Coexistência**

A coexistência de plantas transgênicas e não transgênicas é possível desde que sejam utilizadas estratégias de isolamento espacial e temporal. É assim que têm sido produzidas e preservadas as variedades com pureza genética. Para facilitar essa coexistência podem ser criadas zonas de exclusão onde predominem produtores interessados em não utilizar os milhos transgênicos.

Para o plantio comercial de milho geneticamente modificado no Brasil, em conformidade com a Resolução Normativa 4 e com o Parecer Técnico nº 1.100/07 da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), é obrigatório que o produtor siga as normas de coexistência que estabelece que o agricultor deve manter as lavouras comerciais de milho geneticamente modificado a uma distância mínima de cem metros das lavouras de milho convencional localizadas em áreas vizinhas ou, alternativamente, de 20 (vinte) metros, desde que acrescida de bordadura com, no mínimo, 10 (dez) fileiras de plantas de milho convencional (não geneticamente modificado) de porte e ciclo vegetativo similares aos do milho geneticamente modificado.

Trabalhos de monitoramento podem indicar as áreas contaminadas acidentalmente, para que novas sementes puras sejam reintroduzidas.

### **Impacto das Plantas Transgênicas no Meio Ambiente**

A liberação do uso de plantas transgênicas tem sido intensivamente discutida. Existem vários aspectos da eficiência e biossegurança destas plantas que necessitam ser estudados antes da liberação do evento no campo. Utilizando-se indicadores biológicos, genes marcadores e toxinas puras é possível antecipar alguns potenciais impactos do uso das plantas transgênicas no meio ambiente. Tendo algumas classes de plantas transgênicas grande potencial para reduzir as perdas provocadas pelas principais espécies-praga no mundo, a antecipação de possíveis impactos socioeconômicos e ambientais torna-se imperativa para abalizar essas discussões e antecipar possíveis estratégias defensivas para a sua utilização. Por outro lado, o esclarecimento de algumas questões ligadas a biossegurança pode viabilizar a introdução dessa tecnologia e beneficiar tanto o sistema produtivo pelo aumento da produtividade

como o meio ambiente pela redução do uso de defensivos agrícolas.

### **Impacto Sobre a Microbiota do Solo**

Alterações na composição das populações da biota do solo resultam em alterações nos processos de decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, o que têm sido frequentemente associadas à perda de sustentabilidade. A macrofauna do solo é uma parte importante da cadeia alimentar, especialmente como fonte de alimento para os predadores. Insetos e vermes também são importantes na conversão de resíduos culturais em matéria orgânica, a qual é rica em nutrientes. Além da fauna do solo, os microrganismos são componentes fundamentais nos processos reativos do solo, através da ciclagem de nutrientes, atuando em vários níveis da cadeia trófica, principalmente como decompositores e simbiotes, ocupando todos os nichos onde a vida é termodinamicamente possível (O'DONNELL; GÖRRES, 1999).

Na rizosfera, a biomassa microbiana, a atividade e a estrutura da comunidade microbiana são altamente influenciadas pelas características do habitat e, frequentemente, ocorre a manutenção de um número maior de microrganismos do que o presente em amostras de solo não rizosférico. Além disso, a composição da comunidade de plantas pode influenciar na diversidade da comunidade microbiana devido à variabilidade na composição química dos exsudatos liberados (CHRISTENSEN, 1989).

Na filosfera, os exsudatos foliares, assim como materiais depositados sobre as folhas e liberados pelos próprios microrganismos do filoplano, são fontes de nutrientes para os microrganismos epifíticos e saprofitos do filoplano. O tipo, idade da planta, fatores como luz, temperatura, água de chuva, danos, adubação, interferem nos exsudatos foliares. Da mesma forma, a transgenese pode causar

alterações nos exsudatos (GRIGOLETTI et al., 2000).

Torna-se assim importante o conhecimento do ambiente de solo e filosfera, dos microrganismos associados à cultura transgênica, bem como estudar o destino das toxinas exsudadas, sua permanência ou degradação pelos organismos presentes.

### **Legislação no Brasil**

No Brasil a legislação vigente é regida pela Lei Biossegurança nº 11.105 de março de 2005, regulada pelo Decreto nº 5.591, de 24 de novembro de 2005 que estabelece normas de biossegurança e mecanismos de fiscalização sobre a construção, o cultivo, a produção, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a pesquisa, a comercialização, o consumo, a liberação no meio ambiente e o descarte de organismos geneticamente modificados e seus derivados. Esta lei adota diretrizes que estimulam o avanço da ciência na área de biossegurança e biotecnologia, proteção à vida e a saúde humana, animal e vegetal dentro dos princípios da precaução para proteção do meio ambiente previsto no protocolo de Cartagena.

A Lei de Biossegurança cria o Conselho Nacional de Biossegurança - CNBS, vinculado à Presidência da República, com o objetivo de formular e implementar a Política Nacional de Biossegurança e de fixar os princípios e diretrizes para a ação administrativa dos órgãos e entidades federais com competência sobre a matéria. Este conselho também tem competência para analisar e decidir sob aspectos de interesse nacional sobre a liberação comercial de organismos transgênicos e seus derivados, quando solicitada.

A Lei nº 11.105 recriou a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio, órgão responsável pela realização das análises de risco prévias relativas às atividades e projetos

que envolvam OGMs e seus derivados. A pesquisa com organismos GM é regulada passo a passo, desde a clonagem do gene até a obtenção da nova cultivar, havendo todo um arcabouço legal que regulamenta a matéria, incluindo questões relacionadas à segurança ambiental e alimentar. A CTNBio é uma instância colegiada multidisciplinar formada por especialistas e representantes ministeriais e de secretarias do Governo Federal, criada com a finalidade de prestar apoio técnico consultivo e de assessoramento ao Governo Federal na formulação, atualização e implementação da Política Nacional de Biossegurança (PNB) relativa a OGMs. Estabelece ainda normas técnicas de segurança e pareceres técnicos conclusivos referentes à proteção da saúde humana, dos organismos vivos e do meio ambiente, para atividades que envolvam construção, experimentação, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, armazenamento, liberação e descarte de OGM e derivados. Esta comissão também é responsável pela emissão do Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB) para o desenvolvimento de atividades com OGMs no país. O capítulo III da Lei de Biossegurança estabelece composição, competência e funcionamento da CTNBio.

Para se trabalhar com OGMs e seus derivados é preciso ter o Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB), que é o credenciamento que a CTNBio concede para instituições de pesquisa, empresas privadas e outras pessoas jurídicas que executam atividades com OGMs e seus derivados em contenção ou para liberações planejadas no ambiente. A Resolução Normativa nº 1, de 20 de Junho de 2006, trata no capítulo IV sobre os estabelecimentos dos critérios para solicitação, revisão, extensão e suspensão do CQB e os procedimentos para o credenciamento dos requerentes, fiscalização e cancelamento. As entidades que utilizam técnicas e métodos de DNA recombinante deverão ter uma CIBio (Comissão Interna de Biossegurança) e deverão

solicitar o CQB antes de iniciar as atividades com OGMs.

A Comissão Interna de Biossegurança é a instância colegiada, sediada em cada unidade de CQB concedida pela CTNBio, responsável pelo registro, autorização de trabalhos em contenção que envolvam OGMs de nível de Biossegurança 1 (NB-1), acompanhamento, auditoria e transferência de informações e consultas entre a CTNBio e as entidades com CQB. A esta comissão deverão ser informados todos os trabalhos de pesquisas básicas, aplicadas e testes de liberações no ambiente que se pretende realizar e estão em andamento no âmbito da instituição. Tal exigência torna-se necessária em todas aquelas atividades relacionadas à engenharia genética, manipulação, produção e transporte de OGMs no país e exterior.

Normas adequadas de biossegurança, análises de risco de produtos biotecnológicos, mecanismos e instrumentos de monitoramento e de rastreabilidade são necessários para assegurar que não haja danos à saúde humana e efeitos danosos ao meio ambiente. No Brasil, a avaliação de risco de OGMs deve focar o fenótipo ou produto, ao invés do processo em que é desenvolvido o transgênico, considerando-se suas características específicas. Nas análises de risco devem ser usadas as bases de comparação apropriadas. As questões relacionadas à análise de risco ambiental de OGMs devem focar no fluxo gênico, coexistência, biota do solo, efeitos potenciais sobre as cadeias tróficas e à biodiversidade. Outros pontos relevantes referem-se à segurança alimentar e ao monitoramento pós-comercial das plantas geneticamente modificadas.

## Referências

ALMEIDA, C. F. C. B.; ALBUQUERQUE, U. P. Uso e conservação de plantas e animais medicinais no estado de Pernambuco: um



estudo de caso no Agreste. **Interciência**, Caracas, v. 26, p. 276-285, 2002.

CROMWELL, G. L.; LINDEMANN, M. D.; RANDOLPH, J. H.; PARKER, G. R.; COFFEY, R. D.; LAURENT, K. M.; ARMSTRONG, C. L.; MIKEL, W. B.; STANISIEWSKI, E. P.; HARTNELL, G. F. Soybean meal from roundup ready or conventional soybeans in diets for growing finishing swine. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 708-715, 2002.

CROMWELL, G. L.; HENRY, B. J.; SCOTT, A. L.; GERNGROSS, M. F.; DUSEK, D. L.; FLETCHER, D. W. Glufosinate herbicide-tolerant (LibertyLink) rice vs. conventional rice in diets for growing-finishing swine. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 1068-1074, 2005.

CHRISTENSEN, T. H. Cadmium soil sorption at low concentrations. **Water, Air and Soil Pollution**, Dordrecht, v. 44, p. 71-82, 1989.

DONALDSON, L.; MAY, R. **Health implications of genetically modified foods**. London: Department of Health, 1999.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. **Guidance document of the scientific panel on genetically modified organisms for the risk assessment of genetically modified plants and derived food and feed**. Parma, 2004. 100 p.

FAO. **Biotechnology and food safety**. Rome, 1996. 61 p. (FAO. Food Nutrition Paper, 61).

GRIGOLETTI, A.; SANTOS, F. A.; AUER, C. G. Perspectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 30, p. 155-165, 2000.

HYUN, Y.; BRESSNER, G. E.; FISCHER, R. L.; MILLER, P. S.; ELLIS, M.; PETERSON, B. A.; STANISIEWSKI, E. P.; HARTNELL, G. F. Performance of growing-finishing pigs fed diets containing YieldGard Rootworm corn (MON

863), a nontransgenic genetically similar corn, or conventional corn hybrids. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 1581-1590, 2005.

JAMES, C. **Preview: global status of commercialized Biotech/GM crops**. Ithaca: ISAAA, 2012. (ISAAA. Briefs, 44).

IPHARRAGUERRE, I. R.; YOUNKER, R. S.; CLARK, J. H.; STANISIEWSKI, E. P.; HARTNELL, G. F. Performance of lactating dairy cows fed corn as whole plant silage and grain produced from a glyphosate-tolerant hybrid (event NK603). **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 1734-1741, 2003.

KUIPER, H. A.; KLETER, G. A.; NOTEBORN, H. P. J. M.; KOKI, E. J. Assessment of the food safety issues related to genetically modified foods. **Plant Journal**, v. 27, p. 503-528, 2001.

LAJOLO, F. M.; NUTTI, M. R. **Transgênicos: bases científicas da sua segurança**. São Paulo: SBAN, 2003. 110 p.

MUNIZ, C. R.; FREITAS, C. A. S.; CAMPÊLO, W. F.; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M. Alimentos transgênicos: segurança, riscos alimentares e regulamentações. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 209-222, 2003.

O'DONNELL, A. G.; GORRES, H. 16S rDNA methods in soil microbiology. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 10, p. 225-229, 1999.

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

RHEE, G. S.; CHO, D. H.; WON, Y. H.; SEOK, J. H.; KIM, S. S.; KWACK, S. J.; LEE, R. D.; CHAE, S. Y.; KIM, J. W.; LEE, B. M.; PARK, K. L.; CHOI, K. S. Multigeneration reproductive

and developmental toxicity study of bar gene inserted into genetically modified potato on rats. **Journal of Toxicology and Environment Health**, Washington, v. 10, p. 2263-2276, 2005.

TAYLOR, M. L.; HARTNELL, G.; NEMETH, M.; KARUNANANDAA, K.; GEORGE, B. Comparison of broiler performance when fed diets containing corn grain with insect-protected (corn rootworm and European corn borer) and herbicide tolerant (glyphosate) traits, control corn, or commercial reference corn. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 1893-1899, 2005a.

TAYLOR, M. L.; HARTNELL, G.; NEMETH, M.; KARUNANANDAA, K.; GEORGE, B. Comparison of broiler performance when fed diets containing corn grain with insect-protected (corn rootworm and European corn borer) and herbicide tolerant (glyphosate) traits, control corn, or commercial reference corn-revisited. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 587-593, 2005b.

TAYLOR, M. L.; HARTNELL, G. F.; RIORDAN, S. G.; NEMETH, M. A.; KARUNANANDAA, K.; GEORGE, B.; ASTWOOD, J. D. Comparison of broiler performance when fed diets containing grain from roundup ready (NK603), YieldGard x Roundup Ready (MON810 x NK603), non-transgenic control, or commercial corn. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 443-453, 2003a.

TAYLOR, M. L.; HARTNELL, G. F.; RIORDAN, S. G.; NEMETH, M. A.; KARUNANANDAA, K.; GEORGE, B.; ASTWOOD, J. D. Comparison of broiler performance when fed diets containing grain from YieldGard (MON810), YieldGard x Roundup Ready (GA21), nontransgenic control, or commercial corn. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 823-830, 2003b.

TEIXEIRA, P.; VALLE, S. **Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1996.

TRANSGÊNICOS para produção de biofármacos. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The world health report**. Geneva, 2001.

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, p. 1-14, 2002.

#### Circular Técnica, 199

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Milho e Sorgo**  
**Endereço:** Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
**Fone:** (31) 3027 1100  
**Fax:** (31) 3027 1188  
**E-mail:** cnpms.sac@embrapa.br  
**1ª edição**  
1ª impressão (2013): on line

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



#### Comitê de publicações

**Presidente:** Presidente: Sidney Netto Parentoni.  
**Secretário-Executivo:** *Elena Charlotte Landau.*  
**Membros:** *Dagma Dionísia da Silva, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro, Monica Matoso Campanha, Maria Marta Pastina, Rosângela Lacerda de Castro e Antonio Claudio da Silva Barros.*

#### Expediente

**Revisão de texto:** *Antonio Claudio da Silva Barros.*  
**Normalização bibliográfica:** *Rosângela Lacerda de Castro.*  
**Tratamento das ilustrações:** *Tânia Mara A. Barbosa.*  
**Editoração eletrônica:** *Tânia Mara A. Barbosa.*