

Estado da arte em estudos de biossegurança ambiental de organismos geneticamente modificados e a prática da Embrapa

Deise Maria Fontana Capalbo

¹Embrapa Meio Ambiente, CP 69, Jaguariúna / SP, CEP 13820-000.
deise@cnpma.embrapa.br

14

Introdução

Os melhoristas de plantas cultivadas, em todo o mundo, são merecedores de grande reconhecimento, pois, graças ao seu esforço contínuo, a produção de alimentos não perdeu para o aumento maciço da população mundial. Por outro lado, atualmente o consumidor exige que os alimentos ofereçam mais garantias do que em outras épocas da história. Estas mudanças se refletem busca contínua de melhoria genética das plantas cultivadas.

No cenário brasileiro, a segurança alimentar é uma questão estratégica para que toda a população disponha de alimento de boa qualidade, com garantias de conservação, isento de microrganismos patogênicos e de componentes ou contaminantes que venham a causar danos ao consumidor.

No âmbito nacional como no internacional, o problema alimentar se verá agravado pela distribuição desigual do solo agrícola. A China, por exemplo, possui 25% da população mundial, porém só representa 7% do solo cultivável do planeta.

Durante o último período em que a população mundial se duplicou, de 3 bilhões em 1960 para 6 bilhões em 2000, a produção de alimentos aumentou em paralelo (ALIMENTACIÓN, s.d.). Isso foi possível pelo uso de variedades melhoradas geneticamente, como já mencionado, pela otimização de técnicas de cultivo e outras inovações em irrigação e manejo de culturas, além de outras causas como geração de pesticidas mais eficazes, novos fertilizantes, entre outros.

Estes sucessivos saltos da produção de grãos e das exportações, que acontecem no Brasil e no cenário mundial, vêm suscitando reações de otimismo em vários segmentos da sociedade, que entendem que tais saltos reforçam a competitividade de várias cadeias produtivas. Entretanto, parte dessa vantagem acaba perdida ao longo de estradas, portos, armazenamento e burocracia (BUAINAIN & SILVEIRA, 2003).

A proposta dos transgênicos

Para o caso da agricultura, sempre é apresentada a questão: “*Se o País, com tantas restrições, já é tão competitivo na agricultura, por que os transgênicos são necessários?*”. A resposta, certamente, no âmbito deste Congresso de Melhoramento de Plantas é: bem conhecida, e queremos apenas lembrar que participar de tal mercado exige custos compatíveis e capacidade de inovação, assim como o domínio da moderna biotecnologia, da qual a transgenia constitui apenas um instrumento. Um país da dimensão do Brasil não pode aceitar um papel menor nesse segmento.

Em contraponto, observam-se críticas às plantas e organismos geneticamente modificados (OGM), sendo as mais comuns aquelas que envolvem riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Neste sentido, o Protocolo de Biossegurança em Biotecnologia (Protocolo de Cartagena¹), parte da Convenção de Biodiversidade, prevê que os membros signatários serão responsáveis por assegurar que as atividades envolvendo OGM, inclusive a movimentação entre países, serão conduzidas de forma a não apresentar riscos à biodiversidade ou ao meio ambiente. O impacto esperado da entrada em vigor do Protocolo deverá ser sentido na comercialização das *commodities* agrícolas, em especial nas exportações. O Protocolo pretende aumentar a transparência das informações sobre a natureza dos produtos e prevê uma análise de risco científica para o caso dos OGM.

Ainda que atentos à avaliação de risco dos OGM, deve-se lembrar que tais riscos não diferem profundamente dos associados à introdução de inovações em outros setores da economia.

Meio Ambiente – Riscos e Benefícios dos Avanços

Podemos atestar que a agricultura tem modificado a paisagem há uns 5.000 anos, derrubando bosques e arando solos os mais variados, modificando as plantas inicialmente existentes, domesticando-as. Também temos consciência de que a diversidade de plantas e animais que existiram em outra época, foi perdida. Isso aconteceu pela necessidade de alimentar e disponibilizar espaço para a vida de uma

¹ <http://www.biodiv.org/biosafety/>

população cada vez mais numerosa, e pela nossa incapacidade de aumentar rapidamente a produtividade (rendimento / hectare).

Como resultado, temos hoje alimento suficiente para 100 % da população – se pudéssemos distribuí-lo de forma equitativa – e uma gama imensa de problemas, como a perda de biodiversidade, a erosão do solo (que leva à perda de preciosos solos e algumas vezes ao assoreamento de rios), o aumento da salinidade do solo, a dispersão de patógenos e plantas daninhas, a aparição de novas pragas, a drenagem de terras alagadas e sensíveis para uso no plantio, o desmatamento na busca por novas áreas para plantação.

Assim, observando riscos e benefícios que as modificações genéticas também podem trazer, e dada a preocupação ambiental e alimentar, tão fortes nos dias de hoje, há que se proceder a avaliações corretas e fundamentadas.

Biossegurança

O desenvolvimento de OGM em laboratório não apresenta dificuldades, e existem métodos e procedimentos estabelecidos que asseguram adequadamente a segurança do operador e de seu entorno. A produção realizada em ambientes físicos bem isolados, seja em pequena ou grande escala, tem as condições mínimas de segurança garantidas. Os códigos de práticas adequadas de produção, europeus ou dos Estados Unidos, são suficientemente explícitos e contundentes no que se referem à biossegurança pessoal e **ambiental**, e têm sido seguidos inclusive por outros países.

A experiência desses países tem demonstrado que a utilização de normas e regulamentações por parte dos Governos constitui um elemento indispensável para a segurança e para o bom funcionamento de uma economia moderna. As normativas de alguns países são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Normativas em uso em alguns países.

A normativa na Europa - Na União Européia (UE) não se pode comercializar nenhum produto transgênico sem que haja aprovação expressa segundo a normativa da Comunidade. Nos estados membros há também leis específicas de âmbito nacional. A legislação da UE estabelece que, com caráter geral, os produtos transgênicos não devem representar nenhum risco para a saúde dos consumidores. Deve-se facilitar, além disso, informação sobre as características dos OGM, seu processo de obtenção dos mesmos e métodos de supervisão do cultivo. Os estudos em campo devem seguir protocolos experimentais validados pela UE. Qualquer estado membro pode formular objeções à introdução de OGM que venham a ser solicitadas, cabendo a decisão de introdução ou não ao Comitê de experts representantes de todos os países, por decisão majoritária (ALIMENTACION, s.d.).

A normativa nos EUA - O Departamento de Agricultura Americano (USDA) regula o cultivo, transporte e propagação de plantas em general. Os OGMs têm uma regulação especial. Como no caso europeu, são submetidos a uma série de controles, dando-se importância especial para a possibilidade de fluxos de genes de uma espécie cultivada para uma espécie silvestre aparentada. Compete ao USDA a supervisão da característica nutricional que deve ser informada em rótulos. Em caso de produtos novos (em alimentos contendo OGM ou não), se considerados perigosos, a regulação deve ser atendida segundo normas da Agência Ambiental Americana (EPA). Quanto à segurança alimentar, a regulação americana não discrimina os alimentos segundo o método de obtenção, porque não considera os alimentos transgênicos diferentes dos convencionais (ALIMENTACION, s.d.).

A normativa no Egito - No Egito, a regulamentação instituída em 1995, estabeleceu o Comitê Nacional de Biossegurança, que analisa e decide sobre solicitações para importação, exportação e produção local de OGM. Este Comitê, composto por 30 membros, possui sub-comitês especializados em agricultura (grãos), meio ambiente (biopesticidas, biofertilizantes, agentes para biorremediação) e saúde (produtos farmacêuticos e vacinas para uso humano e veterinário). O sistema prevê que novos requisitos de informação e dados serão acrescentados se e quando houver necessidade, permitindo assim a atualização da norma com a evolução do conhecimento. Existe a necessidade de Comitês Institucionais de Biossegurança para todas as instituições que conduzirem pesquisa com DNA-recombinante. (Madkour et al. 2000).

A normativa no México - No México o órgão regulador é a Comissão Intersecretarial de Biossegurança e Organismos Geneticamente Modificados (CIBIOGEM), integrada por secretarias de Estado como a da Agricultura, do Meio Ambiente e Saúde, entre outras. Ela conta com um Conselho Consultivo composto por doze experts e um Comitê técnico que aplica e implementa as medidas e resoluções tomadas. Os critérios para análise se apegam, em termos gerais, a recomendações internacionais da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), da UE, do Protocolo de Cartagena e de Tratados como o de Livre Comercio. Um dos principais pontos de análise se refere à possível interação do OGM com seus parentes silvestres ou com as variedades "crioulas", sexualmente compatíveis (ALIMENTACION, s.d.).

A normativa na Argentina - A regulação para organismos animais e vegetais obtidos por Engenharia Genética², na Argentina, está a cargo da Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Alimentación, que recebe assessoria técnica da Comissão Nacional de Biotecnologia Agropecuaria. A normativa Argentina está baseada nas características de riscos identificados. A biossegurança está determinada por características do organismo e características agroecológicas de local de uso. Estão previstos ensaios de monitoramento que evitem efeitos adversos sobre o ambiente. Para obter permissão de comercialização, os produtos devem atender também requisitos adequados para uso alimentar, humano e animal (Burachik & Traynor, 2002; Traynor, 1999).

² <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/0-0/index/programas/conabia/reglamentaciones.htm>

Todos concordam que existem perigos em potencial e que há necessidade de regulamentação para que tais perigos sejam medidos de forma comparativa e adequada, visando decidir sobre seu risco. Entretanto não se pode esquecer que as decisões sobre Biossegurança terão que ser tomadas na ausência de um conhecimento completo sobre TODOS os efeitos benéficos e adversos que envolvem os OGM. E se houver algum risco, as medidas regulatórias devem permitir a decisão de como manejá-lo ou contê-lo.

Biossegurança ambiental – a teoria

Com relação à biossegurança, a regulamentação contempla normas para reduzir riscos de uso nos processos produtivos, na saúde, alimentação e meio ambiente. Como já abordado, as regulamentações estabelecem práticas que tendem a diminuir a probabilidade de incidentes e devem prever as etapas de avaliação e de manejo do risco.

A *avaliação do risco* costuma ser um exercício teórico baseado em dados empíricos. As etapas de avaliação do risco, para os OGM, compreendem a descrição prévia do OGM e do propósito da liberação, a identificação do perigo e a previsão de dano. A qualidade de toda avaliação dependerá do grau de conhecimento que existe sobre o que será realizado e sobre os efeitos esperados.

Avaliação do risco – sistematização de informações disponíveis sobre riscos potenciais, visando identificar o *perigo* e avaliar o efeito (dose-resposta) à *exposição*.

Manejo do risco - processo de seleção de políticas e ação regulatória adequadas, integrando os resultados da avaliação de risco com decisões sociais, econômicas e políticas.

Para os OGM, podem ser apresentadas as seguintes situações de risco:

- Potencial de transferência de material genético (fluxo gênico);
- Instabilidade (fenotípica e genética)
- Patogenicidade, toxicidade, alergenicidade;
- Potencial de sobrevivência, estabelecimento e disseminação;
- Outros efeitos negativos sobre organismos não alvo da modificação genética.

O fato de identificar uma característica particular como um perigo, não implica diretamente na existência de risco. A situação específica da liberação – como, onde, escala em que será realizada – identificará a existência de risco. Para isso, além da situação específica, também serão consideradas outras possibilidades, diretas ou indiretas, como deslocamento ou erradicação de populações de organismos e alteração do tamanho das populações das espécies ou da composição da comunidade.

A abordagem sistêmica do ambiente possibilita definir as características essenciais estruturais, o funcionamento e a dinâmica destes sistemas, permitindo realizar *estudos de impactos ambientais* avaliando-se as consequências dos projetos e atividades antropogênicas e, sob perspectiva complementar, analisar os riscos das alterações ambientais (CHRISTOFOLETTI, 2002).

Biossegurança ambiental para os órgãos reguladores – a prática da Embrapa

A avaliação do impacto ambiental (AIA) das culturas geneticamente modificadas é uma parte fundamental do processo regulamentar internacional que foi conduzido, anteriormente ao cultivo das plantas geneticamente modificadas, em campos experimentais e comercialmente (PIRES et. al., 2003). Dentre as possibilidades de aplicação de AIA, estão a avaliação de tecnologias, das suas potencialidades e implicações - positivas ou negativas - para a conservação da qualidade ambiental e dos recursos naturais, facilitando a seleção de alternativas de manejo, planejamento e tomada de decisão em relação ao desenvolvimento sustentável.

Com a finalidade de apresentar dados substanciados sobre impactos ambientais das plantas transgênicas desenvolvidas pela Embrapa, que requerem autorização dos órgãos reguladores brasileiros para passarem à experimentação em campo³, foram aplicadas as seguintes metodologias:

- Matriz de Leopold;
- Avaliação *ex ante* de impactos ambientais aplicada ao projeto de pesquisa e a tecnologia empregando-se o sistema AMBITEC-AGRO.

Os casos utilizados foram o do mamão geneticamente modificado para resistência ao vírus da mancha anelar, do feijão geneticamente modificado para resistência ao vírus

³ Estudos exigidos na época da proposta dos trabalhos da Rede de Biossegurança (2002/2003): Lei nº 9874 de 1995; Lei dos agrotóxicos nº 7802 de 1989; Decreto nº 4074/2002 (www.planalto.gov.br); Resolução CONAMA nº 305 de junho 2002 (www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm).

do mosaico dourado e a batata geneticamente modificada para resistência ao vírus Y da batata (PVY). Uma equipe multidisciplinar de pesquisadores da Embrapa, foi formada, e as informações específicas para cada metodologia e para caso foram respondidas.

Os resultados esclareceram algumas dúvidas levantadas pela sociedade, favorecendo assim a chegada ao mercado das tecnologias que têm sido identificadas mas encontram-se ainda reprimidas pela percepção pública e pela legislação.

Apresentamos alguns aspectos importantes da prática realizada e das conclusões a que este exercício, multi-disciplinar, conduziu. Ressaltamos que todo o esforço só foi possível pela existência de um corpo técnico especializado e competente, composto por diferentes formações profissionais, organizado numa Rede multidisciplinar de pesquisa (Rede de Biossegurança de OGM da Embrapa - **BioSeg**), e apoiado e executado com aporte de recursos da Embrapa / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e da Financiadora de Pesquisas (FINEP) / Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

Matriz de Leopold

Operacionalmente, a "matriz de Leopold" (LEOPOLD et al., 1971) tem sido uma das mais utilizadas nos estudos de impacto ambiental realizados no Brasil, sendo freqüentemente tomada como o método padrão para a elaboração desses estudos (IBAMA, 1995). Ela consiste da união de duas listas de verificação:

- lista de ações ou atividades, mostrada horizontalmente
- lista de componentes ambientais, mostrada verticalmente.

O formato de matriz contendo as duas listas ajuda a identificar os impactos, uma vez que os itens das listas podem ser sistematicamente relacionados entre si. O preenchimento das células da matriz é feito por meio de roteiros para caracterizar os impactos em termos de magnitude e importância em uma escala de 1 a 10 (de menor a maior magnitude ou importância).

A magnitude de um impacto é tomada como a expressão de sua escala de ação, por exemplo, a área geográfica do impacto.

A importância refere-se à significância do impacto.

Assim, por exemplo, se um impacto visual ocorre em uma área com baixa qualidade de paisagem, então um valor de 2 ou 3 pode ser dado à importância, ao invés de 8 ou 9, que corresponde a uma área com alta qualidade de paisagem.

Embora a matriz de Leopold contenha 8.800 células, estima-se que o preenchimento de 25-50 células já representa, significativamente, os impactos causados por um empreendimento. Entretanto, deve-se considerar a natureza subjetiva da informação que subsidia a avaliação.

Avaliação ex ante aplicada ao projeto de pesquisa e à tecnologia

A avaliação *ex ante* aplicada aos três casos em estudo foi realizada com o apoio do Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações tecnológicas Agropecuárias (AMBITEC-AGRO), desenvolvido por RODRIGUES et al., 2003. O Sistema compõe-se de uma matriz de ponderação em formato eletrônico, contemplando trinta e seis componentes que caracterizam o impacto ambiental segundo aspectos ecológicos (alcance da tecnologia, eficiência ambiental da tecnologia, conservação ambiental, e recuperação ambiental), mas não analisa adequadamente aspectos sociais e econômicos da proposta em estudo.

Devemos destacar que o método aplica-se à avaliação *ex ante* de tecnologias agropecuárias, com base em dados técnicos do projeto de pesquisa e desenvolvimento; bem como a avaliação *ex post*, subsidiada por levantamento em campo, junto ao produtor adotante da inovação tecnológica. Nos casos aqui apresentados, apenas a avaliação *ex ante* foi realizada.

O conjunto dos aspectos, indicadores e componentes, incluídos no sistema AMBITEC-AGRO são apresentados na Figura 1.

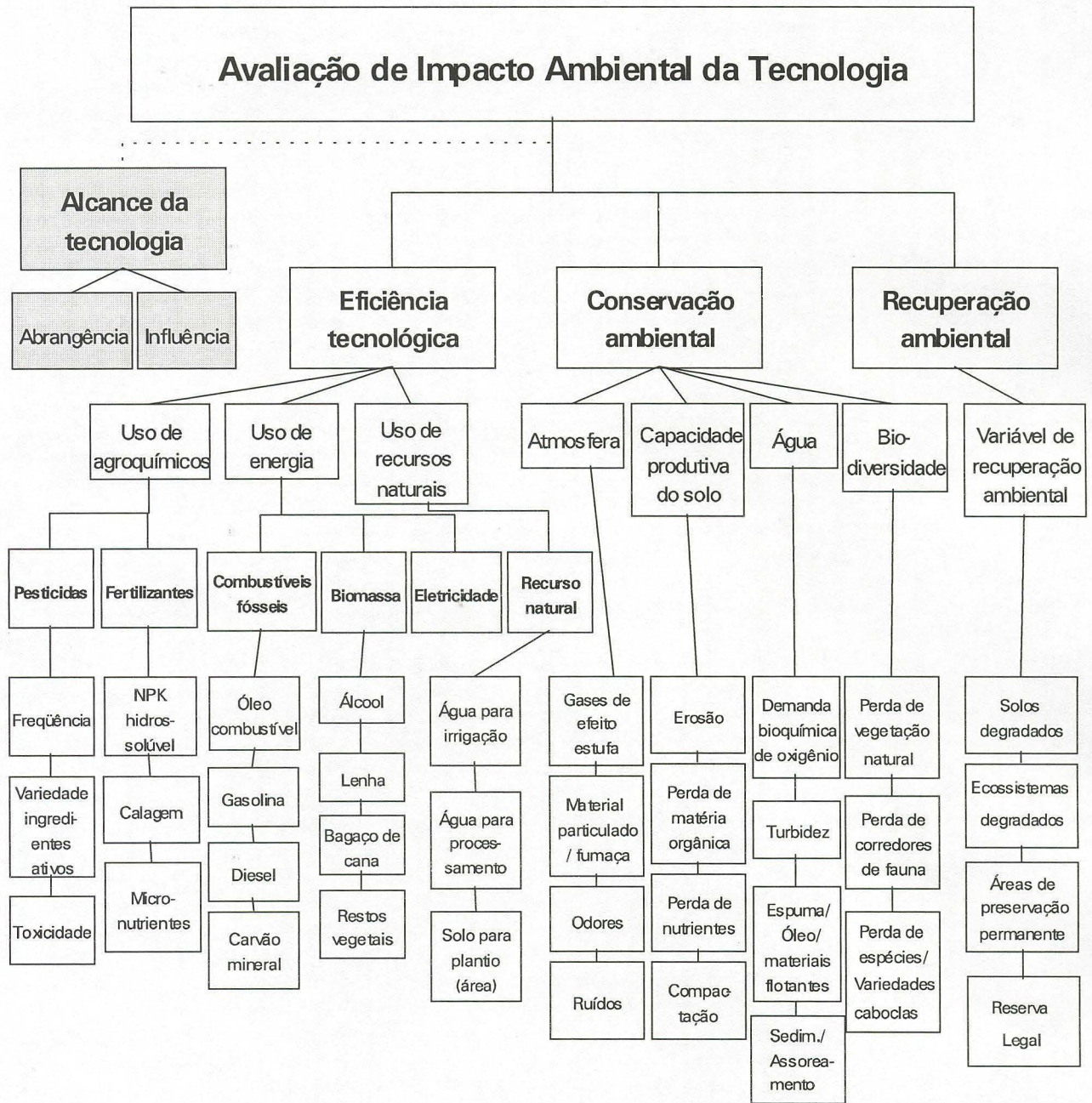


Figura 1. AMBITEC-AGRO: Estrutura de impactos para avaliação de inovações tecnológicas agropecuárias - aspectos, indicadores e componentes

Para exemplificar o tipo de dados informados na planilha, podemos dizer que o *alcance da tecnologia* expressa a escala geográfica na qual esta influencia a atividade ou produto ao qual se aplica, e é função da *abrangência* (a área total cultivada com o produto ou dedicada à atividade - em hectares) e da *influência* (porcentagem desta área à qual a tecnologia se aplica). Assim os dados técnicos incluídos no AMBITEC-AGRO resultam na expressão do impacto previsto para inovação tecnológica.

O balanço final da avaliação *ex ante*, por exemplo, para o caso de mamão geneticamente modificado para resistência ao vírus da mancha anelar, foi positivo, indicando que o projeto tem potencial para desenvolvimento e obtenção de resultados favoráveis para a tecnologia em termos de desempenho ambiental e contribuição para a sustentabilidade da atividade produtiva.

Os dados sempre se referem ao *coeficiente de alteração do componente* para cada indicador, em razão da aplicação da inovação tecnológica (no caso do BioSeg, a inovação foram as variedades geneticamente modificadas em estudo), à atividade e nas condições de manejo específicas do caso sob avaliação. Tais coeficientes são ponderados segundo a *escala da ocorrência* e o *peso do componente*.

Escala da ocorrência - espaço no qual ocorre o efeito, conforme a situação específica de aplicação da tecnologia.

Peso do componente - estabelecido pelo usuário do sistema, reflete a importância de cada componente.

A inserção dos coeficientes de alteração do componente nas matrizes e sequencialmente nas planilhas de eficiência tecnológica, conservação ambiental, e recuperação ambiental, resulta no efeito da inovação tecnológica.

O Índice de Impacto Ambiental da Inovação é resultado do conjunto de indicadores, respeitados os pesos relativos destes indicadores.

Para o caso do mamão transgênico apontado como exemplo, o único componente analisado que potencialmente traria prejuízo é a possibilidade de ocorrência fluxo gênico, caso este fato fosse considerado deletério, ou a substituição de variedades caboclas/tradicionais pela variedade desenvolvida, já que as primeiras são suscetíveis ao vírus da mancha anelar.

A avaliação integrada dos impactos potenciais, ainda no caso da variedade de mamão geneticamente modificada para resistência ao vírus da mancha anelar, segundo os dados técnicos disponíveis, apontou para a obtenção de benefícios nos âmbitos da

eficiência tecnológica, pequeno benefício quanto à conservação ambiental, ainda que com um potencial impacto negativo sobre a biodiversidade, no âmbito da área experimental a ser estabelecida no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura.

Biossegurança ambiental na Embrapa - o Projeto em Rede

Em 2002 a Embrapa aprovou o projeto em Rede de Biossegurança - *BioSeg* – para gerar protocolos e informação científica, utilizando como modelo as plantas geneticamente modificadas estudadas pela Embrapa. A Empresa entende que está contribuindo assim para uma análise mais construtiva e interativa, apresentando dados que remetem explicitamente a grãos ou produtos agrícolas, genes, sistemas ecológicos e sistemas de produção devidamente definidos para a situação brasileira.

São muitos os OGM sendo desenvolvidos pela Embrapa nos seus 37 Centros de Pesquisa, mas apenas cinco foram selecionados para este projeto, por apresentarem possibilidade de produção em vários sistemas em nível nacional ou regional, e/ou necessitarem atenção especial pela presença de parentes silvestres ou plantas para as quais há especial cuidado com relação a fluxo gênico, e/ou utilizarem uma diversidade de processos na cadeia produtiva como alimento.

Assim, fazem parte do Projeto *BioSeg*:

- Papaia (*Carica papaya* L.) resistente ao vírus da mancha anelar *Papaya ringspot virus* (PRSV)
- Feijão (*Phaseolus* sp.) resistente ao vírus do mosaico dourado *Bean golden mosaic virus* (BGMV)
- Batata (*Solanum tuberosum* L.) resistente ao vírus *Potato virus Y* (PVY)
- Algodão (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium*) resistente a insetos
- Soja (*Glycine max*) tolerante a herbicida (glyphosate).

Os elementos-chave do *BioSeg* são:

- ✓ Desenvolver e implementar protocolos de biossegurança através de uma rede dinâmica, envolvendo capacidades já instaladas nos países (pertencentes ao quadro da Embrapa e de instituições parceiras);
- ✓ Promover a comunicação científica entre áreas de conhecimento complementares;

✓ Favorecer uma revisão rápida e freqüente das metodologias e análises propostas para OGM pela Rede; incorporar novos aspectos de segurança para o ser humano e para o ambiente, tão logo eles sejam detectados por qualquer grupo nacional ou internacional;

Inicialmente baseados na necessidade de gerar os dados requeridos pela CTNBio, e posteriormente também outras regulamentações incorporadas ao arcabouço legal dos OGM, o grupo identifica necessidades de treinamento e capacitação dos membros da equipe, buscando suprir as demandas por melhor esclarecimento da população. *BioSeg* se apóia, até o momento, na capacidade já instalada de 12 Centros de Pesquisa da Embrapa estabelecidos em várias regiões do Brasil. Além disso, reconhecidos cientistas de Universidades e Instituições de Pesquisa nacionais e internacionais têm apresentado valiosa colaboração. Todos juntos, eles constituem um grupo multidisciplinar que se dedica ao estudo dos cinco produtos indicados anteriormente – feijão, batata, papaia, soja e algodão.

O grupo que estuda a *segurança ambiental* avalia o impacto de cada OGM a organismos (alvo e não alvo, além da biodiversidade associada à cultura), dentro da área cultivada de cada uma das plantas em estudo, efeitos no ambiente acima e abaixo do solo, considerando o sistema de produção em uso e o agroecossistema específico da cultura. O grupo que estuda a *segurança alimentar* analisa fatores como: composição do grão ou fruto, efeitos do processamento e cozimento, expressão de proteínas em função do novo DNA (efeitos na funcionalidade, potencial tóxico e alergenicidade), e outros aspectos. Ensaios de laboratório e campo são propostos segundo o sistema regulatório brasileiro para cada caso.

Comentários finais

O Brasil tem consolidado resultados de anos de esforços em pesquisas voltadas ao agronegócio, o que ajudou o setor a se tornar cada vez mais competitivo. Essa realidade é fruto de uma base científica sólida e ampla, presente em universidades e empresas que aplicam o conhecimento biológico em pesquisas aplicadas. Como frutos desta dedicação, nos últimos 50 anos, surgiram variedades de plantas que melhor aproveitam

os recursos fornecidos pela natureza. Produzimos, atualmente, mais de 120 milhões de toneladas de grãos, numa área de aproximadamente 50 milhões de hectares, 25% a mais do que ocupávamos em 1990, quando a produção estava em torno de 57 milhões de toneladas de grãos, ou seja, menos da metade da atual (SILVEIRA, 2003).

O leque de opções de consumo, na forma de novas variedades e novos produtos, *in natura* ou processados, aumentou vertiginosamente nos últimos 20 anos. Ganharam, assim, os agricultores e o meio ambiente. Para a manutenção e ampliação dessa diversidade, a biotecnologia teve, tem e terá um papel fundamental: manter variedades que são desejáveis, viabilizar variedades resistentes a pragas; oferecer opções econômicas para o agricultor; reduzir o impacto do uso de pesticidas; entre outros. As plantas transgênicas de primeira geração abriram espaço para o desenvolvimento de novas aplicações em outros cultivos e situações, até mesmo em resposta a prioridades definidas pela política pública. Além disso, a transgenia possibilita que a pesquisa busque soluções para os problemas da incerteza produtiva, característica da agricultura.

Sendo o Brasil notadamente um exportador de *commodities*, e tendo várias delas como potencialmente interessantes para serem geneticamente modificadas, o país está frente a um grande desafio: verificar qual o ponto de equilíbrio interessante entre a adoção de *commodities* GMO e a demanda não previsível por *commodities* não GMO, uma vez que não estamos completamente preparados para segregar estas culturas de maneira rastreável e eficiente.

Apesar dessa deficiência atual, o Brasil está totalmente preparado e capacitado para assumir a responsabilidade de analisar os riscos inerentes aos GMO. Possuímos uma regulamentação de Biossegurança e temos uma capacidade instalada de pesquisa para responder a muitas das questões importantes numa análise desse porte. É, entretanto, necessário criar um sistema que permita utilizar o conhecimento acumulado nos testes já feitos para cada OGM, por meio do uso de toda infra-estrutura disponível.

Mostramos neste trabalho uma ação, desenvolvida no âmbito de uma organização pública, para a organização de informações prévias, ligadas ao assunto, utilizando ferramentas disponíveis, adaptadas à questão do mamão geneticamente modificado para resistência a vírus. Deve-se deixar claro que as ferramentas apresentadas neste trabalho estão sendo aprimoradas no âmbito de projetos de pesquisa da Embrapa, em parceria com outras instituições. Quando e onde houver alguma questão não resolvida sobre impactos indesejáveis de plantas transgênicas, avaliação com base científica deve ser

usada, caso-a-caso, para respondê-las da forma mais completa que o conhecimento existente o permitir.

Uma rede de biossegurança como a *BioSeg* que vem sendo desenvolvida pela Embrapa, pode fortalecer a busca por soluções a problemas críticos, endereçando-os com maior segurança para prever os impactos potenciais, positivos e negativos, para o ambiente e a alimentação.

Os governos, com base nesses conhecimentos, mundiais e locais, e no desenvolvimento das comunidades que governam, devem garantir a segurança de experimentos bem planejados e que visem respostas efetivas, além de propor regulamentações harmonizadas e claras para inspirar a confiança pública que merecem. Estamos preparados para isto?

Todo nosso resultado na pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia tradicional e moderna até hoje deixa claro que, tecnicamente, estamos prontos, mas ainda se faz necessária uma melhor interlocução entre órgãos de pesquisa, os reguladores e os consumidores. Então, o que nos falta é mais esclarecimento. A pesquisa tem pela frente um trabalho de comunicação e convencimento científico de grande importância. E o governo, o compromisso com o desenvolvimento da ciência e do bem estar sustentáveis.

Agradecimentos

Os autores agradecem a toda a equipe de pesquisadores da Embrapa, membros do Projeto em Rede de Biossegurança de OGM da Embrapa, que direta ou indiretamente participaram das discussões dos impactos ambientais dos exemplos apresentados neste trabalho. Os autores agradecem também a Eng^a Raquel F. Capalbo pela elaboração de efeitos gráficos.

A Embrapa (SEG nº01.02.01.01) e a Finep/MCT (Convênio 01020162-00) apoiaram o projeto e as atividades de avaliação de impactos. A estas duas instituições, nossos agradecimentos.

Referências bibliográficas

ALIMENTACIÓN: agricultura y plantas transgénicas. San Diego: Centro para la Agricultura Molecular de San Diego, [s.d.]. 16 p.

BUAINAIN, A.M.; SILVEIRA, J.M. da. Por que precisamos dos transgênicos? *Agroanalysis*: Revista de Agronegócios da FGV, v. 23, p. 42-44, nov. 2003.

BURACHIK, M; TRAYNOR, P.L. **Analysis of a National Biosafety System: Regulatory Policies and Procedures in Argentina.** ISNAR (International Service for National Agricultural Research) **Country Report 63.** 2002. 69p.

COMISSÃO Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) - site
<http://www.ctnbio.gov.br/ctnbio/agenda/Relatório%20Anual%20Final%20%20Texto%202002.pdf> (acesso em 01 de maio de 2004)

IBAMA. **Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas.** Brasília: IBAMA/DIRPED/DEDIC/DITEC, 1995. 134 p.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B.B. & BALSLEY, J. R. A procedure for evaluating environmental impact. Washington, D. C. US Geological Survey, 1971 (Circular 645)

MADKOUR, M.A.; EL NAWAWY; TRAYNOR, P.L. **Analysis of a National Biosafety System: Regulatory Policies and Procedures in Egypt.** ISNAR (International Service for National Agricultural Research). **Country Report 62.** 2000. 50 pp

PIRES, C. S. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R. **Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas: o algodão resistente a insetos como estudo de caso.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 237p.

RODRIGUES, G. S., CAMPANHOLA, C., KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: Ambitec-Agro.** Documentos 34. Embrapa – CNPMA. Jaguariúna, SP, 2003b. 93 p.

SILVEIRA, J.M. da. **Biotecnologia: uma fronteira de novas possibilidades que vale os desafios.** [S.n.t.]. 3 p.

TRAYNOR, P. Biosafety Management: Key to the Environmentally Responsible Use of Biotechnology. In: Cohen, J.I. (ed) **Managing agricultural biotechnology: addressing research program needs and policy implications.** Wallingford: CABI Publishing. Chapter 13. 1999.