Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola de Química
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
de Processos Químicos e Bioquímicos

Lucila Teresa de Gusmão Pessôa

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA DE ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO NA AGRICULTURA

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc).

Orientadores:
Profª. Drª. Denize Dias de Carvalho e do
Prof. Dr. Nei Pereira Jr.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

26 de Fevereiro de 2007

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA DE ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO NA AGRICULTURA

Lucila Teresa de Gusmão Pessoa

Tese submetida ao corpo docente do Curso de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc), e executada sob a orientação da professora Dra. Denize Dias de Carvalho e do professor Dr. Nei Pereira Jr.

Aprovado por:

Denize Dias de Carvalho, *DSc* – EQ /UFRJ
Orientadora-presidente

Nei Pereira Jr, *PhD* – EQ/ UFRJ
Orientador

Adelaide Maria de Souza Antunes, *DSc* – EQ/UFRJ

Suzana Borschiver, *DSc* – EQ/UFRJ

Ana Cristina Almeida Müller - CSPI

Josimar Ribeiro de Almeida, *DSc* – EE/UFRJ

Marco Antonio Gaya de Figueiredo, *DSc* – IQ/UERJ

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

26 de Fevereiro de 2007

Ficha Catalográfica

PESSÔA, Lucila Teresa de Gusmão

Metodologia de Avaliação Ambiental Estratégica de Organismo Geneticamente Modificado na Agricultura/ Lucila Teresa de Gusmão Pessôa. Rio de Janeiro, 2007.

xviii, 265 p. (EQ/UFRJ, D.Sc., Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)

Tese (Doutorado em Ciências) – UFRJ/EQ, 2007

Orientadores: Denize Dias de Carvalho & Nei Pereira Jr.

1. Agricultura Transgênica 2. Impacto Ambiental

3. Avaliação Ambiental Estratégica

I. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2006

II. Título (série)

Esta tese foi realizada no Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ/UFRJ), com o apoio do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Aos maiores incentivadores de todos os projetos da minha vida,

Gloria e Francisco.

Ao grande apoiador dos nossos projetos,

Márcio.

Ao nosso maior tesouro,

Elisa.

Com muito amor.

Agradecimentos

Além dos meus queridos pais Gloria e Francisco, que mesmo de longe continuam a me proteger e guiar, agradeço ao meu imenso familhão sempre vibrante e cheio de exemplos instigadores.

Ao meu querido marido e amigo Marcio, pelo astral sempre alto, pelo prazer de me ver estudar e crescer e pelo apoio constante na tese e nas tarefas cotidianas.

À minha querida e amada filha Elisa, pela paciência nos diversos momentos de dedicação à tese e pela ajuda nos *designs* dos slides das apresentações. Quero que cresça com a consciência da necessidade de dedicação a todas as suas tarefas, para que possa realizar seus sonhos profissionais e ser muito feliz.

Ao INPI, pela oportunidade concedida. Agradeço a todos aqueles que compreenderam não somente a importância da titulação no plano de carreira, mas a necessidade de realização de um trabalho idealizado. Especiais agradecimentos ao Presidente Jorge de Paula Costa Ávila, ao Diretor de Patentes Carlos Pazos Rodriguez, à Coordenadora Geral de Patentes I Maria Celi Saldanha M. de Paula, à Chefe e ao Chefe Substituto da DIQUIM II Liane Elizabeth Caldeira Lage e Júlio César Castelo Branco R. Moreira, e aos profissionais da Coordenação Geral de Recursos Humanos. Agradeço, ainda, a todos os meus colegas e amigos pela compreensão do tempo curto, pelo apoio no trabalho, tanto do INPI quanto da tese, e pelos ombros consoladores sempre acolhedores.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, onde me formei e pude orgulhosamente retornar para concluir mais um título. Especiais agradecimentos ao coordenador, Prof. Nei Pereira Jr. e aos funcionários Roselee Lima de Abreu, Marlene da Graça de Souza e Antonio Anacélio de Souza.

Aos meus orientadores Profa. Denize Dias Carvalho e Prof. Nei Pereira Jr., pelo estímulo, pela confiança, pelo apoio e pelo reconhecimento em todas as etapas desenvolvidas.

À querida amiga Rafaela Di Sabato Guerrante, pela orientação paralela, pelas avaliações e até mesmo pelas correções inestimáveis, sempre pertinentes e seguras, à custa de seus profundos conhecimentos relativos aos transgênicos.

À querida colega Cristina Rocha de Almeida Hamelmann pela valiosa contribuição na revisão da língua inglesa de um dos trabalhos publicados.

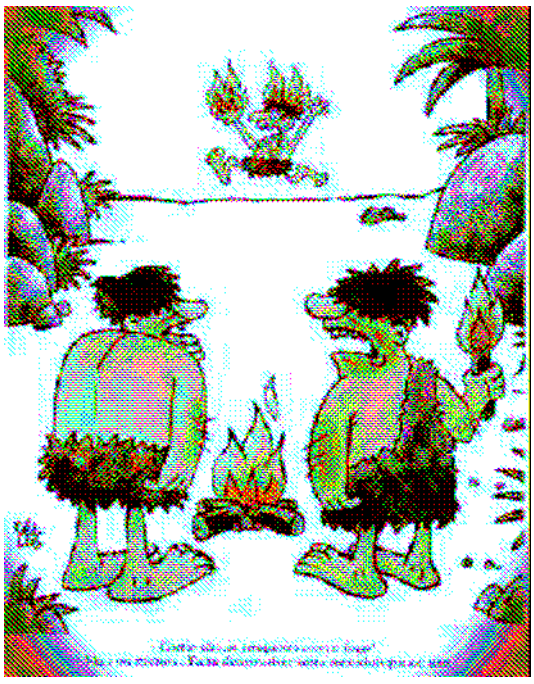
Aos queridos colegas Evanildo Vieira dos Santos e Nicéa de Oliveira Lomeu do INPI e Vânia Guedes da EQ/UFRJ pelas valiosas contribuições relativas às referências bibliográficas.

Aos queridos Luizão, Jorge e Cristina Lima, por facilitar a comunicação com os meus orientadores e por todo apoio prestado.

Aos Professores, Adelaide Maria de Souza Antunes, Suzana Borschiver, Ana Cristina de Almeida Muller, Josimar Ribeiro de Almeida, Marco Antonio Gaya de Figueiredo, José Vitor Bomtempo, Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto e Norma Gouvêa Rumjanek por suas sugestões durante a qualificação e avaliação da tese.

Aos meus queridos amigos e amigas, que de alguma forma me incentivaram, ajudaram e entenderam minhas ausências.

E, em especial, ao Prof. Nei Pereira Jr., agradeço sua experiente orientação com a charge abaixo que, além da polêmica dos transgênicos, traduz também sua orientação instigante para o desenvolvimento da metodologia proposta.



- Como vão as pesquisas com o fogo?
- Mais ou menos...
Falta desenvolver uma metodologia de uso.

Resumo

PESSÔA, Lucila Teresa de Gusmão. **Metodologia de avaliação ambiental estratégica de organismo geneticamente modificado na agricultura**. Orientadores: Denize Dias de Carvalho e Nei Pereira Jr. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2007. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos).

Com o objetivo de auxiliar a avaliação de impacto dos principais cultivos transgênicos para o Brasil e de identificar ações de controle e gestão ambiental, foi elaborada uma metodologia de Avaliação Ambiental Estratégica (**AAE**), definindo-se indicadores ambientais e socioeconômicos. Foram selecionadas técnicas decorrentes da análise **SWOT** (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), e o modelo **DPEIR** (*Driving force* - atividade humana ou forçante socioeconômica, Pressão, Estado, Impacto, Resposta) também foi empregado como suporte ao desenvolvimento e avaliação dos indicadores. A aplicação da metodologia proposta foi efetuada com base nas avaliações da dimensão global e dos impactos ambientais, alimentares e econômicos estudados e resultou em indicadores favoráveis à adoção da agricultura transgênica. Os resultados foram coerentes com os fatores que apontam a adoção progressiva da tecnologia, tais como o aumento da área global e do número de países que adotam lavouras geneticamente modificadas, e as ações identificadas integram aspectos relativos à biotecnologia aplicada à transgenia, biodiversidade, biossegurança e propriedade intelectual. Foi demonstrado que o modelo **DPEIR** é, de fato, um instrumento para Avaliação Ambiental Integrada (**AAI**), por possibilitar a produção, análise e comunicação de informações ambientais e socioeconômicas relevantes do ponto de vista de políticas públicas. A metodologia desenvolvida incorpora o conceito de aprimoramento contínuo e pode ser empregada para auxiliar o desenvolvimento de um Sistema de Gestão Ambiental (**SGA**) para agricultura transgênica.

Abstract

PESSÔA, Lucila Teresa de Gusmão. **Strategic environmental assessment methodology of genetically modified organism in agriculture**. Orientation by: Denize Dias de Carvalho e Nei Pereira Jr. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2007. Thesis (Doctorate in Chemical and Biochemical Proceess Technology).

With the objective to assist impact assessment of the principal transgenic crops to Brazil and to identify control and environmental management actions, a methodology of Environment Assessment Strategic (**EAS**) was developed, defining environmental and socioeconomic indicators. Techniques derived from **SWOT** (Strength, Weakness, Opportunity, Threat) analysis were selected and the **DPSIR** (Driving Force – human activity, Pressure, State, Impact, Response) model was also used to support the development and the evaluation of the indicators. The application of the proposed methodology was based in global dimension and impact assessments in environment, food and economy resulted in favorable indicators to the adoption of transgenic agriculture and the identified actions integrate aspects related to the biotechnology applied to transgenics, biodiversity, biosafety and intellectual property. The results were coherent with the factors that point the gradual adoption of the technology, such as the increase of the global area and the number of countries that adopt genetically modified farmings. It was demonstrated that the **DPSIR** model is, in fact, an instrument for Integrated Environmental Assessment (**IEA**), due to the possibility to produce, analyze and communicate relevant environmental and socioeconomic infomations related to public policies. The developed methodology incorporates the concept of continuous improvement and can be useful to develop an Environmental Management System (**EMS**) to transgenic agriculture.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO **1**

1.1 Objetivo Geral da Tese **7**

1.2 Objetivos Específicos **8**

1.3 Estruturação da Tese **8**

1.4 Publicações e Apresentações **9**

CAPÍTULO 2 A AGRICULTURA TRANSGÊNICA **10**

2.1 Obtenção de Plantas Transgênicas **11**

2.1.1 Principais Características Alteradas **15**

2.1.1.1 Tolerância a Herbicidas **16**

2.1.1.2 Resistência a Pragas e Doenças **17**

2.1.1.3 Combinação de Tolerância a Herbicidas e Resistência a Insetos **21**

2.1.1.4 Tolerância a Estresses Abióticos **22**

2.1.1.5 Alteração da Qualidade Nutricional e da Estabilidade do Alimento **23**

2.1.1.6 Síntese de Produtos Especiais com Propriedades Medicamentosas **24**

2.1.1.7 Síntese de Sementes com Características de Restrição de Uso **24**

2.1.2 Limitações da Tecnologia no Melhoramento de Plantas **28**

2.2 Dimensão Global **30**

2.3 Impactos Potenciais **33**

2.3.1 Impactos Positivos (Benefícios) **35**

2.3.2 Impactos Negativos (Riscos) **39**

2.3.2.1 Ambientais **39**

2.3.2.2 Alimentares **46**

2.3.2.3 Socioeconômicos **48**

2.3.3 Impactos Potenciais de Soja, Milho e Algodão **49**

2.3.4 Estudos de Impactos **55**

2.4 Biossegurança **58**

2.4.1 Protocolo de Cartagena **59**

2.4.2 Legislação Brasileira **62**

2.4.2.1 Mudanças na Política Governamental **66**

2.4.2.2 A Lei de Biossegurança n° 11.105/05 **71**

2.4.2.3 Política Nacional de Biossegurança – PNB **74**

2.4.2.4 Rotulagem **75**

2.4.2.5 Outras Disciplinas **77**

2.4.3 Legislação Estrangeira **78**

2.4.4 A Bioética e a Biosegurança em Meio Ambiente **84**

2.5 Propriedade Intelectual **86**
2.5.1 Patentes **89**
2.5.2 Proteção de Cultivares **92**
2.5.3 Aspectos Relativos às Legislações Internacionais **94**
2.5.4 Patentes em Biotecnologia e Proteção de Cultivares no Brasil **96**
2.6 O Cenário Atual Brasileiro e a Competitividade do Agronegócio **99**
2.7 Considerações Gerais **107**
CAPÍTULO 3 GESTÃO AMBIENTAL **112**
3.1 Gestão Ambiental Aplicada à Agricultura **115**
3.2 Sistemas de Gestão Ambiental **118**
3.3 Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental **122**
3.4 Avaliação de Impacto Ambiental na Agricultura **126**
3.4.1 Avaliação de Impacto Ambiental de Cultivos Transgênicos **129**
3.5 Gestão Ambiental Integrada **132**
3.5.1 Planejamento **133**
3.5.1.1 Avaliação Ambiental Estratégica **134**
3.5.2 Controle **140**
3.5.3 Monitoramento **141**
3.5.4 Comparação entre Gestão Tradicional e Gestão Integrada **142**
3.6 Cenários para Gestão Ambiental **144**
3.6.1 Métodos e Ferramentas Usuais para Construção de Cenários **146**
3.6.1.1 Análise **SWOT** **151**
3.6.1.2 Modelo **DPEIR** **153**
3.6.2 Indicadores Ambientais **156**
3.7 Considerações Relativas ao Uso de Métodos de Construção de Cenários para o Desenvolvimento de Indicadores e de Metodologias para Avaliação da Agricultura Transgênica **163**
CAPÍTULO 4 METODOLOGIA PROPOSTA **165**
4.1 Critérios para o Levantamento de Dados **168**
4.2 Definição dos Indicadores de Pressão, de Estado, de Impacto e de Resposta da Agricultura Transgênica **169**
4.2.1 Indicadores de Pressão **169**
4.2.2 Indicadores de Estado **171**
4.2.2.1 Mudanças no Uso de Agroquímicos e nos Sistemas de Cultivo **173**
4.2.2.2 Mudanças na Biodiversidade **175**
4.2.2.3 Mudanças em Cultivos e Alimentos Não-Transgênicos **179**
4.2.2.4 Mudanças na Disponibilidade e nas Características dos Alimentos **182**

4.2.2.5 Mudanças Socioeconômicas e Jurídicas **184**
4.2.3 Indicadores de Impacto **186**
4.2.4 Indicadores de Resposta **187**
4.3 Elaboração das Matrizes de Avaliação da Tecnologia de Produção e do Uso da Agricultura Transgênica **190**
4.3.1 Critérios para Obtenção dos Índices dos Indicadores para as Avaliações Pretendidas **193**
CAPÍTULO 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO **195**
5.1 Avaliação da Tecnologia de Produção de Cultivos Transgênicos **195**
5.2 Avaliação do Uso da Agricultura Transgênica **199**
5.3 Modelo DPEIR para a Agricultura Transgênica **206**
5.4 Identificação de Ações de Controle e Gestão Ambiental para a Agricultura Transgênica **208**
CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES **211**
6.1 Conclusões **211**
6.2 Sugestões **215**
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **216**
ANEXO A Dados para Avaliação dos Indicadores de Estado da Agricultura Transgênica **234**
A1 Mudanças no Uso de Agroquímicos e nos Sistemas de Cultivo **235**
A2 Mudanças na Biodiversidade **243**
A3 Mudanças em Cultivos e Alimentos Não-Transgênicos **248**
A4 Mudanças na Disponibilidade e nas Características dos Alimentos **251**
A5 Mudanças Socioeconômicas e Jurídicas **256**
ANEXO B **258**
GLOSSÁRIO **262**

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Percentual de Ocupação Global de Lavouras GMs por Cultivo	**30**
Figura 2.2	Questões Centrais e Principais Aspectos e Fatores que Fundamentam a Análise de Riscos Ambientais de Plantas Transgênicas	**57**
Figura 3.1	Estrutura Esquemática de um Sistema de Informações Ambientais	**121**
Figura 3.2	Hierarquização e Integração Seqüencial de Análise da Biossegurança de OGMs no Âmbito da Ciência e Tecnologia e Nível de Complexidade Ambiental, de Mercado e Consumidores	**130**
Figura 3.3	Estrutura Conceitual do Modelo PER (OECD)	**150**
Figura 3.4	Estrutura Conceitual do Modelo PEIR (EPA)	**150**
Figura 3.5	Estrutura Conceitual do Modelo DPEIR	**151**
Figura 3.6	Aplicação do Modelo DPEIR para Avaliação da Degradação do Solo	**155**
Figura 3.7	Pirâmides de Informação: Realidade e Teoria da Utilização de Indicadores	**157**
Figura 3.8	Relações entre os Indicadores do Modelo DPEIR	**160**
Figura 5.1	Modelo DPEIR para a Agricultura Transgênica	**207**

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Exemplos de OGMs gerados a partir do Uso da Tecnologia do DNA Recombinante	**27**
Tabela 2.2	Área Global e Lavouras GMs por País em 2005	**32**
Tabela 2.3	Principais Benefícios e Conseqüências do Uso da Biotecnologia Vegetal para a Agricultura	**39**
Tabela 2.4	Depósitos de Pedidos de Patentes relativas a Plantas Transgênicas (1992 - 2001)	**98**
Tabela 4.1	Matriz para Avaliação da Tecnologia de Produção de Cultivos Transgênicos	**191**
Tabela 4.2	Matriz para Avaliação do Uso da Agricultura Transgênica	**192**
Tabela 5.1	Avaliação da Tecnologia de Produção de Cultivos Transgênicos	**196**
Tabela 5.2	Avaliação do Uso da Agricultura Transgênica	**199**

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Matérias Patenteáveis e Não Patenteáveis com base na LPI (Artigos 10 e 18)	**91**
Quadro 3.1	Diferenças entre AIA e AAE	**137**
Quadro 3.2	Diferenças entre Gestão Tradicional e Gestão Integrada	**143**
Quadro 3.3	Matriz SWOT	**149**
Quadro 3.4	Matrizes de Fatores Internos e Externos	**153**
Quadro 4.1	Temas e Termos empregados na Busca de Informações	**168**
Quadro 4.2	Indicadores de Pressão da Agricultura Transgênica	**172**
Quadro 4.3	Indicadores de Pressão e de Estado da Agricultura Transgênica	**172**
Quadro 4.4	Indicadores de Estado da Agricultura Transgênica e Impactos Observados	**186**
Quadro 4.5	Indicadores de Impacto da Agricultura Transgênica	**187**
Quadro 5.1	Avaliação das Referências para Atribuição dos Valores de Efetividade aos Indicadores de Impacto da Agricultura Transgênica	**202-203**
Quadro A1.1	Redução do Uso de Agroquímicos e de Custos de Produção e/ou Aumento de Produtividade	**235-239**
Quadro A1.2	Uso de Práticas Agrícolas Conservacionistas	**240**
Quadro A1.3	Controle de Pragas e Doenças	**241**
Quadro A1.4	Aumento do Uso de Agroquímicos e de Custos de Produção e/ou Queda de Produtividade	**242**
Quadro A2.1	Efeitos em Organismos Alvos e Não-Alvos	**243-246**
Quadro A2.2	Ocupação de Ambientes Frágeis	**247**
Quadro A3.1	Contaminação por Fluxo Gênico	**248-250**
Quadro A3.2	Contaminações Diversas	**250**
Quadro A4.1	Diversificação e Expansão da Produção Agrícola	**251-253**
Quadro A4.2	Mudanças nas Características Nutricionais	**254-255**
Quadro A5.1	Dependência do Agricultor em Relação aos Detentores da Tecnologia	**256**
Quadro A5.2	Entraves no Desenvolvimento e na Comercialização de Novos Produtos	**257**

LISTA DE SIGLAS

AAE	Avaliação Ambiental Estratégica
AAF	Análise de Árvores de Falhas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRASEM	Associação Brasileira de Sementes
ACRE	Comitê Consultor para Liberações no Meio Ambiente (sigla em inglês)
ACV	Análise de Ciclo de Vida
ADA	Avaliação de Desempenho Ambiental
ADIPIC	Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AMBITEC	Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas Agropecuárias
ANBio	Associação Nacional de Biossegurança
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHIS	Animal and Plant Health Inspection Service
APOIA	Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural
APR	Análise Preliminar de Riscos
ASA	American Soybean Association
BRASPOV	Associação Brasileira de Obtentores Vegetais
C&T	Ciência e Tecnologia
CABio	Comitê de Assessoramento em Biossegurança
CIB	Conselho de Informações em Biotecnologia
CIBio	Comissão Interna de Biossegurança
CIDE	Contribuição de Intervenção do Domínio Econômico
CNBS	Conselho Nacional de Biossegurança
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
CONABIA	Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COODETEC	Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia
CQB	Certificado de Qualidade em Biossegurança
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

DEFRA	Department of Environment, Food and Rural Affairs
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
DPEIR	Driving force – atividade humana ou forçante socioeconômica, Pressão, Estado, Impacto, Resposta.
DSI	Decision Strategies International
ECI	Environmental Conditions Indicators
EEA	European Environment Agency
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMAS	Environmental Management and Audit Scheme
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Environmental Performance Indicators
EPO	Escritório de Patentes Europeu (sigla em inglês)
ESALQ	Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FBCI	Food Biotech Communication Initiative
FDA	Food and Drug Admnistration
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FNB	Fixação Biológica de Nitrogênio
GBN	Global Business Network
GM	Geneticamente Modificado
GURT	Tecnologias Genéticas de Restrição de Uso (sigla em inglês)
HAZOP	Hazard and Operability Studies
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBET	Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica
ICGEB	International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology
IIDS	Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPTS	Institute for Prospective Technological Studie

ISA	Instituto Socio Ambiental
ISAAA	International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications
ISO	International Organization for Standardization
LIMA	Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente da COPPE/UFRJ
LPI	Lei da Propriedade Industrial
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MOP	Reunião das Partes do Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança
MP	Medida Provisória
MPI	Management Performance Indicators
NBR	Normas Técnicas Brasileiras
NEPA	National Environmental Policy Act
NIH	Instituto de Saúde dos EUA (sigla em inglês)
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
OMC	Organização Mundial do Comércio
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OPI	Operacional Performance Indicators
OVM	Organismo Vivo Modificado
PCA	Plano de Controle Ambiental
PEIR	Pressão, Estado, Impacto, Resposta
PER	Pressão, Estado, Resposta
PESAGRO	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro
PGA	Plano de Gestão Ambiental
PIB	Produto Interno Bruto
PNB	Política Nacional de Biossegurança
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPPs	(1) Políticas, Planos e Programas (2) Parcerias Público-Privadas
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
Projeto GMO ERA	Projeto Internacional sobre Metodologias de Avaliação de Risco Ambiental de Organismos Geneticamente Modificados

RCA	Relatório de Controle Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RNA	Ácido ribonucléico
RNC	Registro Nacional de Cultivares
RR	Roundup Ready
SEA	Strategic Environmental Assessment
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SINIMA	Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SRI	Stanford Research Institute
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TAC	Termo de Compromisso, Responsabilidade e Ajustamento de Conduta
TDR	Tecnologia do DNA Recombinante
TRIPS	Trade-Related Aspects of Intelectual Property Rights
UC	Unidade de Conservação
UE	União Européia
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UPOV	União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais
VCU	Valor de Cultivo e Uso
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A biotecnologia moderna revolucionou a agricultura, com a oferta de cultivos transgênicos, impulsionando a capacidade competitiva e a velocidade de inovação. O desenvolvimento de plantas com atributos diversos, mais resistentes a adversidades ambientais, e mais adequadas ao cultivo agrícola, oferece a possibilidade de uma agricultura melhor, mais produtiva, ambientalmente amigável e integrada com outros setores da economia.

Por meio de técnicas de engenharia genética, como é popularmente conhecida a tecnologia do DNA recombinante (TDR), qualquer gene de qualquer organismo pode ser isolado e transferido para o genoma de qualquer outro ser vivo, dando origem aos organismos geneticamente modificados (OGMs). Estes organismos são denominados transgênicos quando recebem e incorporam genes de outra espécie.

A agricultura transgênica foi inicialmente desenvolvida com atribuições agronômicas de resistência a herbicidas e a insetos, com o objetivo de reduzir o uso de agroquímicos e de máquinas agrícolas, melhorando a qualidade ambiental. A utilização de agroquímicos tem sido apontada como um dos principais meios de intoxicações e os trabalhadores rurais são os principais afetados. Além do melhor ambiente de trabalho rural, a agricultura transgênica pode favorecer a redução da contaminação dos alimentos, das águas e dos solos. Ainda, a possibilidade de redução do trabalho com as ervas daninhas e do uso de técnicas de cultivo conservacionistas, como o plantio direto e o adensamento, levando a uma maior aumento da

produtividade das lavouras, foram os principais fatores que impulsionaram o desenvolvimento da transgenia.

Adicionalmente, as plantas transgênicas podem ser produzidas com características nutricionais superiores às das plantas tradicionais, e ainda como "biorreatores" na produção de aditivos alimentares e farmacêuticos, sendo denominadas, neste caso, plantas "biofábricas".

Além das aplicações biotecnológicas, as plantas transgênicas têm contribuído significativamente para o estudo do funcionamento dos genes, tais como a análise da regulação da expressão gênica e o estudo das funções das proteínas codificadas pelos diferentes genes da planta (PINHEIRO, GEHARDT e MARGIS, 2000).

A adoção e a difusão da tecnologia têm sido feitas de maneira global, principalmente nos países em desenvolvimento. Em 2005, entre 21 países, o Brasil foi apontado como o país que mais aumentou o cultivo de plantas transgênicas, atingindo a área de 9,4 milhões de hectares, que corresponde a mais de 10% da área cultivada mundialmente. O País, que é o segundo maior produtor mundial de soja, tornou-se o terceiro maior produtor de alimentos transgênicos em todo o mundo, com um aumento estimado de 88 % na área de soja transgênica (JAMES, 2005).

As novas tecnologias são consideradas fundamentais para o desenvolvimento científico e tecnológico de produtos agrícolas e elementos centrais na busca de competitividade. Para países como o Brasil, com forte grau de heterogeneidade, é importante o aproveitamento destas novas bases de conhecimento, para a ampliação da produtividade e para enfrentar os desafios da competitividade, de modo a ocupar espaço no mercado globalizado.

Entretanto, há uma preocupação geral que os transgênicos devam ter uma avaliação mais rigorosa para minimizar os possíveis riscos ambientais e para a saúde, em função de

serem obtidos por um processo inovador e sem a familiaridade com os métodos convencionais. A preocupação não se concentra apenas nos aspectos tecnológicos de obtenção dos alimentos transgênicos e nos impactos ambientais e à saúde, mas se estende até os aspectos econômicos, envolvendo os relativos à propriedade intelectual, devido aos grandes investimentos necessários às pesquisas que despertam grande interesse do setor industrial de sementes e de defensivos agrícolas. Ainda, os agricultores podem ficar dependentes das empresas detentoras dos cultivos transgênicos, principalmente, os de pequeno porte, mais suscetíveis a pressões econômicas, com implicações até mesmo nas práticas usuais de cultivo.

Muito tem se discutido sobre a necessidade de avaliação de impactos ambientais para liberação do plantio de plantas transgênicas, não só no Brasil, como em todo o mundo. Ainda, mundialmente, questiona-se sobre o funcionamento efetivo dos sistemas regulatórios e sobre a suficiência da quantidade e da qualidade da pesquisa sobre os impactos ambientais potenciais. As incertezas associadas aos estudos de segurança ambiental e alimentar levaram à suspensão da 1ª liberação do plantio comercial de soja transgênica no Brasil, em 1998, mas a curiosidade da alta produtividade deste cultivo na Argentina e a falta de sistemas regulatórios efetivos levaram ao plantio ilegal no Rio Grande do Sul. Com isso, tem sido freqüente o estabelecimento de novas diretrizes para disciplinar a produção, o beneficiamento e a comercialização de OGMs, bem como para orientar a fiscalização do cumprimento das legislações.

Legislações de biossegurança têm sido trabalhadas, no sentido de simplificar o confuso arcabouço legal atual para avaliação de pesquisas, plantios e liberações comerciais de cultivos transgênicos. Mecanismos de fiscalização e de controle têm sido desenvolvidos, mas tem sido cobrada do Estado a definição da Política Nacional de Biossegurança (PNB), que ainda não ocorreu mais de um ano depois da regulamentação da recente Lei de Biossegurança n° 11.105/05 que dispõe sobre a PNB.

Esta lei tem como diretrizes o estímulo ao avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia, a proteção à vida e à saúde humana, animal e vegetal, e a observância do princípio da precaução para a proteção do meio ambiente. Apesar de ser considerada um marco histórico da pesquisa e comercialização de produtos derivados da biotecnologia moderna, a nova lei apresenta muitos pontos polêmicos que vêm sendo discutidos e reestruturados, levando a atrasos nas liberações dos OGMs para uso comercial no Brasil. Até o momento, apenas a soja transgênica tolerante ao herbicida a base de glifosato e o algodão resistente às principais pragas de insetos da ordem Lepidóptera foram aprovados (MINARÉ, 2006).

Como a expectativa é de crescimento contínuo das lavouras transgênicas, é importante que se criem mecanismos de controle, monitoramento e avaliação dos impactos ambientais e sociais causados, e que as pesquisas sejam reorientadas, visando o benefício da natureza e da sociedade. A identificação de ações de controle e gestão ambiental na agricultura tem se mostrado fundamental para a adoção sustentável de novas tecnologias, como a transgênica, principalmente no Brasil, que possui não apenas características ecológicas espaciais diferenciadas, mas grupos de agricultores bastante heterogêneos, até mesmo na agricultura familiar, onde se observam diferentes condições de inserção econômica.

A dimensão atual do agronegócio na economia brasileira, a grande polêmica relativa à agricultura transgênica e a necessidade de instrumentos de gestão ambiental adequados, tanto para a avaliação da tecnologia e dos impactos associados, quanto para auxiliar a formulação de uma política agrícola ambiental, motivaram a realização do presente estudo.

Além de ser o requisito básico fundamental de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), uma política ambiental agrícola bem definida é necessária, inclusive em relação às demais agriculturas (convencional e orgânica), para possibilitar uma integração mais efetiva dos

sistemas tecnológico, econômico e político. Ainda, a disponibilização sistêmica das informações, relativas aos impactos ambientais e socioeconômicos, é importante para orientar a sociedade em relação à utilização e ao consumo das plantas e alimentos transgênicos.

A implantação de um SGA para agricultura deve considerar os benefícios já alcançados em outros setores como o das indústrias químicas, tais como: redução de riscos e de custos, melhoria organizacional e competitividade, de modo a estendê-los para o setor agrícola. Para superar a fragmentação na definição e implantação de políticas para o meio ambiente no Brasil, tem-se buscado a integração dos instrumentos de planejamento e gestão ambiental disponíveis por meio de uma nova perspectiva de gestão que é a Gestão Ambiental Integrada, uma iniciativa que vem sendo desenvolvida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). A Gestão Ambiental Integrada tem como objetivo propiciar uma perspectiva mais abrangente e efetiva de gestão ambiental, considerando o ambiente de forma integrada, e inclui atividades e práticas de planejamento, controle e monitoramento, desde o nível mais geral até o detalhamento no nível mais específico. Para o planejamento é proposta a aplicação da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), uma nova ferramenta de diagnóstico do impacto ambiental que difere do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), cujo objetivo principal é avaliar as implicações das políticas, planos e programas (PPPs) no contexto das dimensões econômica, ambiental e social.

Com o objetivo de fornecer um instrumento de apoio ao controle e gestão ambiental dos principais cultivos transgênicos (soja, milho, algodão) para o Brasil foram definidos indicadores ambientais e socioeconômicos e foi desenvolvida uma metodologia de avaliação ambiental estratégica para auxiliar os estudos de impacto e para identificar ações de controle e gestão ambiental.

A definição dos indicadores ambientais e socioeconômicos para agricultura transgênica foi feita com base no levantamento do estado da arte. Foram levantadas informações sobre as características dos cultivos transgênicos: soja, milho e algodão, histórico do desenvolvimento e da comercialização, limitações da tecnologia, cenário atual brasileiro em relação às pesquisas, aos plantios e à comercialização, bem como a dimensão global da agricultura transgênica. Em relação aos impactos potenciais, os benefícios e os riscos não somente ambientais, mas também os socioeconômicos foram pesquisados, bem como as metodologias adotadas e as avaliações de impacto ambiental já realizadas. Aspectos relativos à biossegurança, à bioética em meio ambiente e à propriedade intelectual para biotecnologia complementaram o levantamento realizado. Além das legislações nacionais e internacionais, foram investigadas as questões relativas à segurança alimentar, ao desenvolvimento de tecnologias para uma agricultura transgênica mais segura para o meio ambiente e para a saúde, e às implicações da proteção dos direitos da propriedade intelectual para os agricultores.

Em relação à metodologia desenvolvida, métodos de construção de cenários foram selecionados, uma vez que são considerados fundamentais na fase de planejamento para avaliar futuros desenvolvimentos em sistemas complexos, geralmente imprevisíveis, não totalmente compreendidos, e com um grande nível de incertezas associadas, como é o caso da agricultura transgênica.

A construção de cenários prospectivos tem por finalidade fornecer informações sobre a questão ambiental em estudo, contribuindo na busca de soluções. Além de comunicar sobre as conseqüências potenciais de ações no futuro, os cenários são considerados vitais em estudos de impacto para auxiliar na avaliação de opções de mitigação, ilustrar mudanças, no planejamento estratégico e para guiar políticas ou atender objetivos metodológicos

específicos, contribuindo na busca de soluções para superar os problemas ambientais em análise.

Para a simulação de cenários, em função de mudanças ambientais, são utilizadas diversas ferramentas, metodologias e métodos, que dão suporte ao desenvolvimento e seleção de indicadores utilizados em avaliações de desempenho ambiental. Os indicadores para a agricultura transgênica, definidos no presente trabalho, tiveram como base o modelo **DPEIR** (*Driving force* – atividade humana ou forçante socioeconômica, Pressão, Estado, Impacto, Resposta) e, para avaliação da tecnologia de produção e do uso dos cultivos transgênicos, foram empregadas técnicas decorrentes da análise **SWOT** (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*)[1].

A aplicação da metodologia desenvolvida no presente trabalho não teve a finalidade de originar cenários futuros, dentro da visão prospectiva usual, e sim de originar cenários como referência para orientar a avaliação dos riscos e fornecer as respostas necessárias, tais como ações de controle e gestão ambiental, para prevenir e/ou mitigar os impactos negativos, corrigir danos ou tirar proveito dos impactos positivos observados. Ainda, a identificação de ações teve por objetivo buscar a integração de aspectos relativos à biotecnologia, biodiversidade, biossegurança e propriedade intelectual, visando a sustentabilidade ambiental e o aumento da competitividade do agronegócio brasileiro.

1.5 OBJETIVO GERAL DA TESE

Elaborar um instrumento para avaliação ambiental estratégica de organismo geneticamente modificado na agricultura, para auxiliar os estudos sobre impacto dos principais cultivos transgênicos (soja, milho, algodão) para o Brasil e para identificar ações de controle e gestão ambiental.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Prover informações baseadas em indicadores ambientais e socioeconômicos.

Verificar a viabilidade da continuidade do desenvolvimento da tecnologia e do uso de cultivos transgênicos.

Identificar ações de controle e gestão ambiental para agricultura transgênica, como suporte ao uso seguro da tecnologia (desenvolvimento, aplicação e consumo) e à formulação de políticas públicas.

1.7 ESTRUTURAÇÃO DA TESE

A tese consta dos seguintes capítulos, além deste introdutório:

- Capitulo 2 – A Agricultura Transgênica. Apresenta a revisão da literatura, abordando a obtenção dos cultivos transgênicos, as principais características alteradas e as limitações da tecnologia, a dimensão global, os impactos potenciais, aspectos relativos à biossegurança e à propriedade intelectual. O capítulo é concluído com o cenário atual brasileiro e a competitividade do agronegócio e com considerações gerais abordando os principais pontos questionados e discutidos.

- Capítulo 3 – Gestão Ambiental. Apresenta as características e os instrumentos de gestão ambiental empregados, incluindo os praticados na agricultura. O capítulo é concluído com considerações relativas ao uso de métodos de construção de cenários para o desenvolvimento de indicadores e de metodologias para avaliação da agricultura transgênica.

- Capítulo 4 – Metodologia Proposta. Neste capítulo, são apresentadas as definições dos indicadores ambientais e socioeconômicos e a metodologia desenvolvida para avaliação

[1] Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças.

ambiental estratégica de organismo geneticamente modificado na agricultura, bem como critérios para o levantamento de dados realizado.

- Capítulo 5 – Resultados e Discussão. Apresenta as avaliações da tecnologia e do uso dos cultivos transgênicos, empregando-se a metodologia proposta, e o modelo **DPEIR** elaborado para a agricultura transgênica, com a identificação de ações de controle e de gestão ambiental.

- Capítulo 6 – Conclusões e Sugestões. Apresenta as conclusões do desenvolvimento e da aplicação da metodologia desenvolvida e sugestões para trabalhos futuros.

1.8 PUBLICAÇÕES E APRESENTAÇÕES

A presente tese deu origem às seguintes publicações e apresentações:

- PESSÔA, L.T.G.; CARVALHO, D. D.; PEREIRA Jr., N. Utilização de metodologia de elaboração de cenários para estudos de impacto ambiental na agricultura transgênica. In: I UFRJ AMBIENTÁVEL, Rio de Janeiro. Poster. Engenharia Ambiental/UFRJ, out. 2005.

- PESSÔA, L.T.G.; CARVALHO, D. D.; PEREIRA Jr., N. Cenários para estudos de impacto ambiental na agricultura transgênica. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, COBEQ, Santos - SP. Anais ... COBEQ, set. 2006.

- PESSÔA, L.T.G.; CARVALHO, D. D.; PEREIRA Jr., N. Scenario construction for transgenic agriculture. Environmental Engineering and Management Journal, v. 5, n. 4, 823-831, oct. 2006.

- PESSÔA, L.T.G.; CARVALHO, D. D.; PEREIRA Jr., N. Transgênicos e indicadores ambientais. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia - Espírito Santo do Pinhal, v.3, n. 2, jul/dez 2006.

CAPÍTULO 2

A AGRICULTURA TRANSGÊNICA

Até meados da década de 80, o aumento da produtividade agrícola e do valor socioeconômico dos cultivos era alcançado através de métodos clássicos de cruzamento. Além da obtenção de culturas melhoradas, eram intensos os desenvolvimentos em agroquímicos realizados pelas grandes multinacionais, principalmente, as européias e as americanas.

Com o advento das modernas técnicas de engenharia genética, verificou-se que as barreiras naturais de cruzamento podiam ser superadas, reduzindo-se o tempo de lançamento no mercado de variedades com características novas. As pesquisas de novos agroquímicos foram suplantadas pelas pesquisas de plantas desenvolvidas pelas novas técnicas da biotecnologia agrícola.

As técnicas de engenharia genética são aliadas a outras como a produção e fusão de protoplastos, o uso dos cultivos de tecidos e células vegetais e de variadas técnicas eletroforéticas, resultando na Nova Biotecnologia ou Biotecnologia Moderna objetivando a obtenção de plantas mais saudáveis e a redução de insumos e produtos químicos poluentes (SERAFINI, BARROS e AZEVEDO, 2001).

Em relação ao melhoramento genético tradicional, a transgenia apresenta vantagens, mas também problemas (VILLASBÔAS, 1998):

- Diferencia-se da transferência de genes por via sexual pela maior especificidade. Pode-se escolher com grande exatidão a característica que se quer transferir e o número de características adicionais pode ser mantida em um mínimo.

- O estabelecimento da característica leva apenas uma geração em comparação com as muitas gerações geralmente necessárias no melhoramento tradicional, que depende mais do acaso.

- Ampliação do pool gênico – podem ser alcançadas características que de outra maneira não seriam disponíveis em algumas plantas.

- Ausência de padrão definido de local de inserção dos genes manipulados e da conseqüente expressão gênica.

- Ausência de padrão definido em termos de utilização do código genético e conseqüente expressão gênica.

Ambos os métodos, convencionais e transgênicos, não são mutuamente excludentes, pelo contrário, se complementam, sendo que os transgênicos, na verdade têm sido incorporados nas variedades já melhoradas pelos métodos convencionais. Com isso, as perspectivas são de que o melhoramento de plantas deverá se beneficiar da combinação dessas técnicas disponíveis e que já demonstraram a sua eficiência (PATERNIANI, 2000).

2.1 OBTENÇÃO DE PLANTAS TRANSGÊNICAS

De modo distinto em relação ao melhoramento genético tradicional, no qual o agricultor realiza o cruzamento de uma centena de genes de duas plantas a fim de produzir um híbrido com as características desejadas, a biotecnologia moderna permite a transferência de apenas um ou poucos genes desejáveis, obtendo variedades num tempo menor. Não há necessidade

de compatibilidade sexual entre as espécies envolvidas na transformação gênica, sendo possível inserir os genes isolados de uma espécie em outra (NODARI e GUERRA, 2001).

Na transgenia, o genoma do organismo alvo é diretamente modificado com a introdução intencional na célula de um ou mais genes que podem ser isolados de qualquer organismo vivo (animal, outra planta ou bactéria). O isolamento de genes de interesse é conduzido por meio de técnicas de clonagem molecular que consiste em induzir um organismo vivo a amplificar a seqüência de DNA de interesse, em sistemas que permitem uma fácil purificação e recuperação do referido fragmento de DNA. Para isso, são utilizados vetores de clonagem (plasmídeos ou vírus), nos quais a seqüência de DNA de interesse é inserida, utilizando a enzima DNA ligase. Quando necessário, o fragmento de DNA de interesse pode ser liberado do vetor por meio de enzimas de restrição ("tesouras moleculares"), capazes de reconhecer uma pequena seqüência de pares de bases de interesse, o DNA é cortado neste sítio de reconhecimento. Uma vez isolado o gene de interesse, estes fragmentos de DNA (genes) são inseridos através das enzimas ligases numa célula que se multiplica, originando uma nova planta que carrega cópias idênticas do gene (RAVEN, EVERT e CURTIS, 2001).

As primeiras plantas transgênicas foram criadas no início da década de 1980, quando se descobriu que a bactéria do solo *Agrobacterium tumefaciens* poderia ser usada para transferir material genético para as plantas. *A. tumefaciens* contém um fragmento extra de DNA que provoca tumor nas plantas. Substituindo o material genético causador de tumor por genes selecionados, a bactéria se transforma em vetor para transferir novos genes para plantas.

A. tumefaciens vem sendo largamente utilizada em transformação gênica e é considerada segura para o homem e animais, não havendo nenhuma evidência ou relato de qualquer efeito adverso por ela causado (BORÉM, 2005c). Ainda, é amplamente usada na

transferência indireta de material genético, embora outros vetores tenham desde então sido descobertos (FBCI, 2003).

Devido à complexidade das relações planta-patógeno envolvidas nesta transferência e com a descoberta de outros vetores, foram desenvolvidos métodos de transformação direta que empregam princípios físico-químicos, tais como a eletroporação e a biobalística, os quais têm se mostrados promissores para um grande espectro de culturas. Existem outros inúmeros métodos de transformação direta de plantas, porém sem eficiência prática e repetibilidade (BRASILEIRO e DUSI, 1999).

Depois do processo de inserção do(s) gene(s) de interesse, independentemente do método utilizado na inserção, é necessário regenerar a planta a partir de uma ou mais células transformadas, de modo que todas as células da planta transgênica carreguem uma cópia do novo gene. Para isto, é preciso cultivar as células ou tecidos transgênicos em condições ambientais controladas numa série de meios contendo os nutrientes e os hormônios vegetais num processo denominado cultura de tecidos (KADIR, 2002).

Uma vez que a integração do transgene tenha sido confirmada, determina-se se o transgene é funcional (expressado) nas plantas transgênicas, ou seja, se a síntese da proteína que ele codifica está ocorrendo. A expressão do gene pode ser examinada por meio de genes repórteres (RAVEN, EVERT e CURTIS, 2001).

Para o monitoramento gênico, o gene repórter deve estar fusionado a um promotor, que ao ser ligado, permite a transcrição do gene repórter. O promotor é a chave (liga-desliga) que controla quando e onde se expressará o gene na planta. O promotor mais usado é o proveniente do vírus do mosaico da couve-flor, CAMV35S, que geralmente produz alto grau de expressão nas plantas. São comumente empregados três genes repórteres: (1) gene *uidA*, extraído de *Escherichia coli*, codifica para β-glucuronidase (GUS), detectada por métodos

histoquímicos; (2) gene *gfp*, extraído da medusa *Aequorea victoria*, que codifica para proteína verde fluorescente (GFP); (3) gene *luc*, isolado do vaga-lume *Photinus pyralis*, codifica para luciferase (RAVEN, EVERT e CURTIS, 2001). O gene repórter de GUS, o mais utilizado atualmente, também pode ser usado junto com um ensaio histoquímico ou fluorimétrico para facilitar a detecção precoce da expressão do transgene (KADIR, 2002).

Na etapa de regeneração, é fundamental que somente as células transformadas dêem origem a planta, e é justamente aqui que reside um dos principais pontos de questionamento quanto à segurança das plantas transgênicas, devido à introdução de genes marcadores seletivos juntamente com o gene de interesse, para que a seleção seja eficiente. Estes genes codificam para uma proteína com atividade enzimática, ou para um produto que irá conferir às células transformadas da planta resistência a um determinado substrato, permitindo distinguir células transformadas e não-transformadas (QUECINI e VIEIRA, 2001).

Os genes marcadores seletivos são geralmente genes de resistência a antibióticos ou a herbicidas ou ainda visuais como a proteína verde florescente. No caso dos genes resistentes a antibióticos, ao serem introduzidos e expressos numa planta transgênica, permitem que esta produza uma proteína que a protege da ação de um antibiótico específico. Quando as células transformadas e as não-transformadas são expostas a este antibiótico, somente as transformadas sobrevivem ou mantêm crescimento e desenvolvimento normal, enquanto que as não-transformadas são induzidas a regenerar plantas, que, por sua vez, serão transgênicas (SANTOS e SOUZA, 2003).

Apesar de não existirem evidências de efeito nocivo do uso de plantas transgênicas com marcadores, a sua remoção já está declarada como “boa prática de laboratório” por vários comitês de biotecnologia. Consequentemente, várias estratégias têm sido desenvolvidas para

remover os genes marcadores de seleção (ARAGÃO e BRASILEIRO, 2002; TINOCO et al., 2003; MENOSSI, 2005).

2.1.1 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS ALTERADAS

As características mais alteradas dos produtos gerados pela transgenia são as que podem proporcionar a redução do custo de produção de um material equivalente ao não-transgênico. Como exemplos, têm-se as plantas tolerantes aos herbicidas e as resistentes a pragas (insetos, vírus e fungos) que se referem à primeira geração de transformação de plantas por transgenia. Para o consumidor final, o alimento produzido pode apresentar menos resíduos de inseticidas, com menor risco toxicológico para a saúde humana, porém como se trata de um benefício indireto, esta modificação é vista com resistência pela sociedade.

De modo acelerado, a segunda geração de plantas obtidas por transgenia, que corresponde à etapa de aumento da qualidade alimentar, iniciou-se em sobreposição a primeira, com introdução de genes responsáveis pela melhoria das características nutricionais e processamento dos produtos alimentícios (controle da maturação, melhoria no sabor, composição nutricional, etc.), com benefícios diretos aos consumidores (PEREIRA et al., 2004).

A terceira geração de transgênicos, em processo de pesquisa e desenvolvimento, é caracterizada pela síntese de produtos especiais. Além da introdução de características agronômicas, a engenharia genética permite que as plantas sejam empregadas como biofábricas de proteínas animais como vacinas, de polímeros naturais biodegradáveis, de hormônios de mamíferos, etc. (NODARI e GUERRA, 2001).

Outras aplicações que vêm sendo pesquisadas são a remediação ambiental e a alteração da coloração de flores.

Por meio das tecnologias genéticas de restrição de uso (GURT, da sigla em inglês), apelidadas *Terminator* e *Traitor*, características das sementes podem ainda ser alteradas, porém são indesejáveis, como será abordado no item 2.1.1.7.

2.1.1.1 TOLERÂNCIA A HERBICIDAS

De 1996 a 2005, a tolerância à herbicida foi constantemente a característica dominante em plantas transgênicas. Em 2005, plantas transgênicas de soja, milho, algodão e canola tolerantes à herbicida ocuparam 71% ou 63,7 milhões de hectares do total de 90,0 milhões de hectares plantados com lavouras geneticamente modificadas (GMs) (JAMES, 2005).

Genes que conferem resistência a herbicidas podem ser encontrados na natureza ou podem ser obtidos por meio de indução de mutações (BRASILEIRO e DUSI, 1999).

O principal cultivo desenvolvido com tolerância a herbicidas, a soja Roundup Ready® ou soja RR da empresa Monsanto, possui uma forma modificada da enzima EPSPS (5-enolpiruvil chiquimato-3-fosfato sintase), por meio da inserção do gene *cp4 epsps* da bactéria *A. tumefaciens* estirpe CP4, que permite à planta sobreviver à aplicação do herbicida glifosato (BORÉM, 2005c). O glifosato é o princípio ativo do herbicida Roundup®, também da Monsanto.

Culturas GMs para a resistência a herbicidas podem favorecer a utilização de herbicidas de amplo espectro de atuação e possibilitar o uso de produtos menos tóxicos e mais facilmente degradáveis no solo, aumentando as opções no combate a ervas daninhas. Como exemplo, no cultivo da soja RR, herbicidas pré-emergentes poderão deixar de ser aplicados e, sucessivamente, os seletivos (pós-emergentes), substituindo-os por uma única aplicação, pós-emergente, de glifosato que é um herbicida de largo espectro que se decompõe rapidamente no solo, ao qual a cultura é resistente (GUERRANTE, 2003).

Além do aumento da proteção do solo, por ser menos tóxico e menos persistente no solo que os herbicidas comumente utilizados no cultivo convencional de soja, o glifosato tem ação sobre 154 espécies de plantas daninhas ocorrentes no Brasil (SIQUEIRA et al., 2004).

Plantas resistentes a herbicidas podem possibilitar maior flexibilidade, facilidade e melhor logística de manejo e controle de plantas daninhas e podem facilitar a adoção de técnicas de cultivo conservacionistas como o cultivo mínimo, o plantio direto e o adensamento das culturas, com melhor aproveitamento da área de cultivo, aumentando a proteção do solo e acarretando em aumento de produtividade (SIQUEIRA et al., 2004).

2.1.1.2 RESISTÊNCIA A PRAGAS E DOENÇAS

Devido ao intenso ataque de pragas em certas regiões do País, a aplicação de grandes quantidades de inseticidas é necessária na grande maioria dos cultivos, sendo importante o desenvolvimento de tecnologias alternativas para controle de pragas, nematóides e doenças. Os insetos constituem uma das principais causas de danos à produção agrícola no mundo. O controle de insetos tem sido realizado por meio de agroquímicos e, em muito menor escala, pelo emprego de inseticidas biológicos.

As plantas transgênicas resistentes a insetos representam uma nova alternativa no combate aos insetos-praga das lavouras. A bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis Berlinier* (Bt) é a fonte dos genes de resistência a insetos nas chamadas plantas-Bt produzidas comercialmente (BOBROWSKI et al., 2003).

Do total de 90 milhões de hectares plantados com lavouras GMs, de 1996 a 2005, 18 % ou 16,2 milhões foram plantados com lavouras Bt (JAMES, 2005).

Inicialmente identificada em 1911, a bactéria Bt é usada por agricultores convencionais e orgânicos por mais de 50 anos como inseticida biológico através de pulverização da lavoura

com suspensões contendo a bactéria. Trata-se de uma bactéria comum nas plantas e abundante no solo, capaz de produzir uma enorme variedade de proteínas com atividades inseticidas específicas. A resistência a insetos é conferida pelos genes *cry*, existindo atualmente mais de 20 espécies de plantas expressando genes *cry* da bactéria Bt (ARANTES, VILAS-BÔAS e VILAS-BÔAS, 2002). São conhecidos mais de 40 mil isolados da bactéria Bt e mais de 120 proteínas tóxicas, denominadas Cry, já caracterizadas[2] (SIQUEIRA et al., 2004).

Os produtos a base da bactéria Bt representam mais de 80% dos bioinseticidas e são usados especialmente nos EUA, onde sua industrialização chega a superar a dos inseticidas químicos. Nos anos 80, o avanço do conhecimento da genética molecular dessa bactéria permitiu a diversificação de estratégias de sua utilização no controle biológico, sendo a introdução dos genes das toxinas em plantas transgênicas uma das formas de uso da sua característica inseticida (ARANTES, VILAS-BÔAS e VILAS-BÔAS, 2002). As toxinas Bt produzidas em aerossol rapidamente se decompõem no meio ambiente e não persistem na água nem se acumulam na cadeia alimentícia (GE FOOD ALERT, 2003).

Quando se usa a bactéria Bt, a principal vantagem da obtenção de linhagens e de cultivares vegetais transgênicas resistentes a insetos reside no fato de que a toxina vai ser distribuída por toda a planta, permitindo controlar insetos do solo e os que habitam o interior da planta, estes últimos de difícil controle por meio de pulverizações a campo (PEREIRA et al., 2004).

Consequentemente, a utilização de cultivos resistentes a insetos pode proporcionar sensível redução no uso de inseticida químico, possibilitando: menor poluição ambiental (solo, água e ar), menores custos de produção e de mão-de-obra, menor exposição do

[2] Uma linhagem de *Bt* pode conter uma ou várias cópias de um mesmo gene *cry* ou de diferentes genes. Atualmente são descritos mais de 100 diferentes genes que são enumerados por algarismos arábicos contendo 15 classes com subdivisões (de *cry*1 a *cry*15).

agricultor a inseticidas, produção mais homogênea e constante, com possível aumento de produtividade. Ainda, devido à alta especificidade da toxina Bt, é previsto aumento de insetos benéficos (SIQUEIRA et al., 2004).

Os principais cultivos desta modalidade são: o milho Bt e o algodão Bollgard®, ambos desenvolvidos pela Monsanto com resistência a lagartas da ordem dos Lepidópteros. O gene introduzido no milho é o gene *cry*1Ab, proveniente da bactéria Bt que codifica para a produção da proteína delta endoxina Cry1Ab, enquanto no algodão foram introduzidos três genes, estavelmente, por meio do sistema mediado por *A. Tumefaciens*: o gene *cry*1Ac de Bt, o gene *neomicina fosfotransferase* tipo II (*npt*II) e o gene *3"(9)-O-aminoglicosídeo adenililtransferase* (*aad*). Os genes *npt*II e *aad*, derivados da bactéria *Escherichia coli*, são genes marcadores de resistência a antibióticos. Somente os genes *cry*1Ac e *npt*II são expressos no algodão GM (BORÉM, 2005c).

Na China, o algodão Bt foi rapidamente adotado, em função da redução do volume de pesticidas empregado e dos riscos de escoamento dos mesmos, aumentando a segurança e a saúde dos trabalhadores agrícolas (CARPENTER et al., 2002).

Para o Brasil, os cultivos Bt, especialmente milho e algodão, são muito promissoras, em razão da necessidade da aplicação de grandes quantidades de inseticidas, devido ao intenso ataque de pragas; são necessárias até 18 aplicações de diversos inseticidas em certas regiões do país para controlar as pragas do algodoeiro. Outro benefício da proteção do milho contra o ataque de lagartas é a redução da infestação das espigas por fungos, com conseqüente redução da contaminação dos grãos por micotoxinas como a fumosina, que é tóxica e carcinogênica (SIQUEIRA et al., 2004).

Outra categoria de genes que confere proteção contra insetos é constituída por inibidores de proteases, componentes naturais de muitas sementes, cuja função consiste em

tornar as sementes menos digeríveis para os insetos. Os inibidores de protease agem inativando as enzimas do trato digestivo do inseto, para que ele não consiga decompor a proteína e finalmente venha a morrer por inanição. Com a colaboração da engenharia genética podem passar a expressar-se em outras partes das plantas, como as folhas, por exemplo. Não são destituídos de inconvenientes, pois agem muito efetivamente sobre um amplo espectro de insetos, sendo que alguns dos inibidores de protease podem ter o potencial de afetar tanto insetos visados quanto não visados (FBCI, 2003).

Para resistência a fungos, foram introduzidos em plantas genes que codificam para enzimas que atuam hidrolisando componentes da parede celular, como as quitinases e glucanases, ou que atuam na membrana citoplasmática, modificando sua permeabilidade, como a osmotina (BRASILEIRO e DUSI, 1999).

Milho resistente à broca da raiz (*Diabrótica virgifera*) encontra-se em fase avançada de desenvolvimento por empresas internacionais. Trata-se de uma das pragas que requer grande aplicação de inseticidas nos campos de produção. Dow Agro Sciences, Pioneer, Monsanto e outras empresas estão desenvolvendo produtos com essas características (BORÉM, 2003).

Em relação à resistência a vírus, as estratégias desenvolvidas referem-se à introdução e expressão de: (1) RNAs satélites, (2) seqüências anti-senso virais que inibem a multiplicação viral e (3) genes da capa protéica (CP), sendo esta última a mais utilizada para a obtenção de plantas transgênicas resistentes a vírus (BRASILEIRO e DUSI, 1999).

Em outubro/2003, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - IBAMA autorizou a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA a realizar pesquisas de campo no Brasil com sementes GMs de mamão para que a planta resista ao vírus da mancha anelar. Em março/2004, outra pesquisa desta modalidade – a obtenção de feijão GM resistente ao vírus do mosaico dourado (doença que provoca nanismo nas plantas e enrugamento dos grãos),

iniciada pela EMBRAPA há oito anos – foi liberada para testes de campo (Ambiente Brasil - Notícias).

2.1.1.3 COMBINAÇÃO DE TOLERÂNCIA A HERBICIDAS E RESISTÊNCIA A INSETOS

As vantagens da redução do consumo de herbicidas e do favorecimento de práticas agrícolas conservacionistas podem ser associadas às vantagens de redução de defensivos agrícolas contra pragas e doenças.

A combinação de genes (genes *stack*) tem sido efetuada em algodão e milho. Tanto o milho, quanto o algodão com os atributos conjuntos de resistência a insetos (Bt) e tolerância a herbicidas cresceram de forma substancial, refletindo uma contínua tendência de participação crescente nas lavouras com combinação de genes na área total cultivada com transgênicos (PATERNIANI, M., 2005).

Este foi o grupo de características que cresceu mais rápido entre 2004 e 2005, com 49% de crescimento, comparado com 9% para tolerância à herbicida e 4% para resistência a insetos. Dos 90% dos hectares plantados com lavouras GMs, 11% ou 10,1 milhões de hectares foram plantados com plantas contendo genes *stack*, sendo que nos EUA, cerca de 20% dos 49,8 milhões de hectares plantados foram de produtos combinados com 2 ou 3 genes. (JAMES, 2005).

Um exemplo de cultivo com resistência a lagartas e tolerância a herbicidas é o milho Bt11® da Syngenta que possui o gene *cry*1Ab da bactéria Bt, à semelhança do milho MOM810 da Monsanto, e o gene *pat*, isolado da bactéria *Streptomyces viridochromogenes* que codifica para a produção da enzima fosinotrocina N-acetiltransferase (PAT), a qual confere tolerância ao herbicida glufosinato de amônio.

2.1.1.4 TOLERÂNCIA A ESTRESSES ABIÓTICOS

Tolerância a condições adversas, tais como seca, frio, temperaturas elevadas, metais pesados, acidez e salinidade do solo, são características necessárias aos cultivos, devido às diferentes características edafoclimáticas, principalmente no Brasil. Plantas tolerantes a estresse abióticos podem possibilitar expansão e de estabilidade da produção e a fitorremediação de áreas marginais ou contaminadas (SIQUEIRA et al., 2004).

Como exemplos: a modificação da produção de ácido linoleico pode conferir à planta transgênica mais tolerância ao frio e a geadas, e a modificação para produção de ácido cítrico nas raízes pode proporcionar maior tolerância a alumínio em solos ácidos (GUERRANTE, 2003).

O progresso agrícola em áreas como o Cerrado tem evoluído graças ao uso de culturas plenamente desenvolvidas e funcionais que antes eram inconciliáveis quanto ao clima e ao ambiente. Agora, por meio da biotecnologia, a produção nas lavouras pode ser ainda mais aperfeiçoada. A Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (Fundação MT), em parceria com a Financiadora de Estudos e Pesquisas (FINEP), está aplicando recursos no Programa BIOTEC para estudos na área de controle de pragas nas lavouras com o uso de plantas com ação inseticida e herbicida entre outras pesquisas (Diário de Cuiabá, 02/10/2006).

A EMBRAPA dispõe de sementes, inclusive de soja transgênica, adaptadas às principais regiões produtoras do País. Por exemplo, um tipo de soja transgênica, com maior tolerância à seca, tem apresentado resultados que demonstram grande potencial na redução de perdas devido à seca. (Agência Brasil, 7/06/2006).

2.1.1.5 ALTERAÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL E DA ESTABILIDADE DO ALIMENTO

Por meio da tecnologia do DNA recombinante têm sido desenvolvidos processos alternativos de obtenção de diferentes produtos com atributos diversos, ampliando as rotas de produção. Vegetais podem ser mais nutritivos e estáveis quando armazenados por mais tempo e podem ser ainda produzidos alimentos com alterações de cor e sabor e com propriedades medicamentosas.

A modificação genética para melhorar ou alterar a qualidade nutricional da planta pode ser realizada através da introdução de genes que codificam proteínas ricas em um determinado aminoácido essencial. Um exemplo é a canola transgênica, já comercializada nos EUA com maior teor de ácido láurico e mirístico nas sementes (BRASILEIRO e DUSI, 1999).

Em 2000, uma primeira linhagem de arroz dourado, que é modificado geneticamente para produzir Provitamina A, foi criada em laboratórios da Suíça, e recebida como uma "solução imediata" para a cegueira infantil por falta de vitamina A, resultado da síntese do betacaroteno no organismo. A medida foi contestada por diversos motivos, desde a grande quantidade inviável a ser consumida diariamente até alternativas de dietas mais balanceadas, com o betacaroteno vindo de fontes naturais, como legumes e frutas de cores amarela-escura ou verde-escura. Com isso, novas variações vêm sendo desenvolvidas como, por exemplo, linhagens com quantidade complementar de iodo por pesquisadores indianos, em 2002, e outras com até 20 vezes mais betacaroteno que as anteriores por cientistas do Reino Unido, em 2005 (CIB, 2002, Jornal da Ciência, 30/03/2005).

Outros exemplos são: as batatas com maior conteúdo de amido e menor de amilose que absorvem menos gordura na fritura, mais saudáveis, o brócolis com amadurecimento mais lento, café com mais sabor e menos cafeína e cenoura que continua crocante mesmo depois de cortada (GUERRANTE, 2003).

2.1.1.6 SÍNTESE DE PRODUTOS ESPECIAIS COM PROPRIEDADES MEDICAMENTOSAS

Substâncias de valor farmacológico, como, por exemplo, vacinas e biofármacos podem ser produzidas por meio da engenharia genética, alterando importantes rotas do metabolismo e permitindo que plantas, ou suas células funcionem como biorreatores (reatores biológicos) (GUERRANTE, 2003).

As plantas “biofábricas” caracterizam a terceira geração de vegetais GMs, que, em um futuro muito próximo, poderão movimentar um mercado de bilhões de dólares. No momento, Estados Unidos e Canadá lideram este promissor segmento, que poderá até 2010 representar 35% do mercado de biofármacos e gerar benefícios de até 20 bilhões de dólares (MINARÉ, 2006).

Segundo Minaré (2006), alguns antígenos para produzir vacinas contra doenças que atacam os seres humanos já são expressos, atualmente, em plantas GMs, como são os casos, para a hepatite B, do antígeno de superfície expresso na batata, no fumo e na alface, e para o rotavírus, do antígeno VP7 expresso na batata. Também para expressar antígenos para elaborar vacinas contra doenças que atacam animais, estas plantas são utilizadas, por exemplo, na obtenção de vacina contra a febre aftosa, a proteína estrutural VP1 do vírus expressa na alfafa, na batata e em *Arabidopsis sp*. Outro exemplo é o vírus da raiva, que também ataca humanos e que tem o antígeno glicoproteína expresso no tomate.

2.1.1.7 SÍNTESE DE SEMENTES COM CARACTERÍSTICAS DE RESTRIÇÃO DE USO

Por meio das tecnologias genéticas de restrição de uso (GURT, da sigla em inglês), apelidadas *Terminator* e *Traitor* por entidades ambientalistas, são obtidas sementes com características indesejáveis ao cultivo. A *Terminator*, por alterar o trabalho usual dos agricultores de guardar sementes para a safra seguinte, impedindo-os de realizar o trabalho de

melhoramento das variedades. A *Traitor*, por obrigar o agricultor a adquirir juntamente com a semente a substância química capaz de ativar ou desativar determinadas características de interesse da planta.

A tecnologia apelidada *Terminator* é denominada “Sistema de Proteção de Tecnologia”, pelo propósito que tem de evitar a contaminação dos cultivos seguintes. É apontada como uma solução biossegura, porém é indesejável, por poder levar à esterilização das sementes. Por pressão de muitos produtores rurais e ONGs, a nova Lei de Biossegurança, que será abordada no item 2.4.2.2, proíbe expressamente a utilização desta tecnologia.

Consiste na introdução de três genes de ações distintas no genoma de sementes de interesse; um codifica para a síntese da substância tóxica, que elimina o embrião da planta, outro controla a produção dessa substância, fazendo com que ela seja liberada, e o terceiro, chamado de gene repressor, suprime o efeito do anterior, fazendo que a toxina seja liberada somente até o ponto de impedir a reprodução, sem causar danos às outras funções vitais da planta. O efeito da introdução desses três genes é tornar estéril a segunda geração de sementes da planta na qual foram introduzidos, exterminando o potencial reprodutivo da mesma, ou seja, inviabilizando seu uso como semente. Mesmo havendo a formação de híbridos entre a planta transgênica e espécies aparentadas, as sementes híbridas não germinarão, restringindo o fluxo gênico a uma única geração e evitando a dispersão do transgene no ambiente (MENOSSI, 2005; GUERRANTE, 2003).

A tecnologia *Traitor* consiste em alterar geneticamente uma planta para que a expressão de determinadas proteínas no vegetal esteja condicionada à aplicação de uma substância química capaz de ativar ou desativar características específicas da planta expressas pela atividade dessas proteínas. Além de pontos negativos para o agricultor, a tecnologia Traitor pode afetar negativamente o meio ambiente como redução da diversidade genética agrícola

nos centros de origem das sementes mais importantes e aumento da dependência química das sementes, devido à associação do uso do indutor químico em conjunto com a aplicação de defensivos ou fertilizantes.

Ambas as tecnologias podem ser aplicados a qualquer tipo de semente e são independentes de outros processos de manipulação genética. A eficácia da tecnologia *Terminator* já foi demonstrada em sementes de algodão e fumo, sendo que as de arroz, trigo, sorgo e soja são as prioritárias para seu desenvolvimento. Porém, devido ao impacto negativo relativo à interferência no trabalho usualmente realizado pelos agricultores de melhoramento das variedades, através de cruzamentos e seleção de sementes, foi noticiado que os pedidos de patente da tecnologia *Terminator* foram retirados, porém nada foi comprovado (GUERRANTE, 2003).

A tabela 2.1 ilustra, com mais exemplos, as características alteradas em cada uma das gerações de plantas transgênicas (PEREIRA et al., 2004).

Tabela 2.1 EXEMPLOS DE OGMS GERADOS A PARTIR DO USO DA TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE

CARACTERÍSTICA	PRIMEIRA GERAÇÃO (EM USO COMERCIAL)	SEGUNDA GERAÇÃO (FINAL DOS ANOS 90; AINDA NÃO LIBERADOS COMERCIALMENTE)	TERCEIRA GERAÇÃO (EM PROCESSO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO)
Inibição de genes/ proteínas indesejáveis.	Tomate *flavr savr*®	Frutos e Vegetais com maior tempo de armazenamento e conservação.	Eliminação/silenciamento de genes produtores de substâncias tóxicas para saúde.
Introdução de novos genes ou ativação de genes já existentes para melhorar o sabor, a coloração ou modificar o conteúdo nutricional de produtos.	Coloração diferenciada de espécies de flores. Aumento no conteúdo de óleo em canola. Resistência a doenças.	Modificação do conteúdo de tanino em espécies florestais. Algodão colorido. Algodão com melhor qualidade de fibra. Milho com maior conteúdo de lisina.	Modificação de cultivos para aumentar a eficiência de utilização de nutrientes, água e luminosidade.
Introdução de novos genes para aumentar a qualidade nutricional dos cultivos.	Arroz com alfa-antitripsina (somente nos EUA).	Arroz modificado para vitamina A (*golden rice* e ferro). Produção de proteínas humanas (insulina, interferon) em animais (porcos, ovelhas).	Vacinas em vegetais (banana, cenoura). Espécies forrageiras com baixos níveis de lignina ou enzimas, mais nutritivas e mais fáceis de serem armazenadas.
Introdução de genes para aumentar a resistência a herbicidas, pragas e doenças.	Soja e Canola resistente a herbicidas. Milho e Algodão resistentes a insetos (Bt). Batata resistente ao besouro do colorado. Mamão resistente a vírus.	Beterraba resistente a herbicidas. Tomate e batata-doce resistentes a vírus. Cereais resistentes a pragas do armazenamento. Resistência de cereais, banana e batata a nematóides.	Espécies lenhosas resistentes a pragas e doenças. Vegetais resistentes a pragas e doenças fúngicas. Girassol resistente a doenças.
Introdução de genes para aumentar a resistência a estresses ambientais	Nenhum.	Morangueiro tolerante à geada. Tolerância de espécies ao alumínio do solo por meio de uma secreção de ácido cítrico pelas raízes.	Batata e beterraba resistentes à geada.
Introdução de genes para a obtenção indireta de produtos e melhoria das condições ambientais.	Bactérias modificadas para a produção de enzimas para queijos e vinhos.	Bactérias modificadas para biorremediação de solos.	Melhoria na eficiência do uso de nitrogênio por batata, cereais e forrageiras. Forrageiras para melhoria das condições de solos.

Fonte: Pereira *et al*, 2004 (Adaptado de Pretty, 2001)

2.1.2 LIMITAÇÕES DA TECNOLOGIA NO MELHORAMENTO DE PLANTAS

Apesar da existência de uma grande variedade de técnicas de transformação, ainda não existe um sistema ideal ou universal para a transferência de genes em todas as espécies vegetais. Outras limitações referem-se à: (1) pouca disponibilidade de genes diretamente relacionados com a regulação do desenvolvimento e dos processos metabólicos de plantas; (2) imprevisibilidade do sítio de inserção e da expressão dos genes introduzidos; (3) falta de familiaridade com os OGMs; (4) preocupação com a biossegurança (BRASILEIRO e LACORTE, 2000).

Devido às particularidades de cada metodologia de transformação, seja por biobalística, seja por *A. tumefaciens*, porções extras de DNA, sem relação com a performance agronômica, são também introduzidas no genoma da planta. Além disso, o sistema de regeneração é dependente de cada espécie, em função das diferentes exigências nutricionais e hormonais para sua regeneração.

Por não se dispor ainda de tecnologia que permita a inserção sítio-dirigida, as incertezas geradas em relação ao local de inserção e de expressão dos genes introduzidos têm motivado discussões sobre efeitos imprevisíveis decorrentes da inserção de um transgene, pois seu promotor poderia alterar a expressão de genes vizinhos (MENOSSI, 2005).

Em adição aos efeitos esperados de um transgene, um novo gene pode também alterar as características de uma planta, através de meios menos previsíveis, através da pleiotropia e epistasia. Pleiotropia significa que um gene pode, potencialmente, ser capaz de despertar ou de ampliar a expressão de outros genes; já a epistasia refere-se à capacidade de genes de um par de alelos inibirem a manifestação de genes de outros pares. Como a transgenia introduz novos genes exóticos e cria recombinações não naturais, cujas localizações no genoma do

organismo são imprevisíveis, e ainda não permite o controle do local da inserção, a inserção de um transgene pode acarretar em efeitos imprevisíveis no metabolismo, fisiologia e bioquímica do organismo receptor (VILLASBÔAS, 1998; NODARI e GUERRA, 2001; MENOSSI, 2005).

Para melhorar a eficiência do processo de produção de plantas transgênicas, novas técnicas pretendem contribuir para mitigar algumas das preocupações em relação aos efeitos sobre o meio ambiente e a saúde. Entre as mudanças previstas, estão as seguintes (FENWICK, 2002):

- Transformações mais eficientes, ou seja, maior eficiência na incorporação do transgene pelas células da planta;
- Melhores genes marcadores;
- Melhor controle da expressão gênica mediante promotores mais específicos, de modo que o gene insertado seja ativo somente quando e onde se requeira;
- Transferência de fragmentos de DNA de múltiplos genes para modificar caracteres mais complexos.

Nesse sentido existe um novo conceito ligado às boas práticas no desenho de plantas GMs, baseado em três pontos principais: a) expressão dos transgenes somente nas células e situações necessárias; b) redução da dispersão do transgene no meio ambiente; c) redução de seqüências de DNA supérfluas (não relacionadas às seqüências dos transgenes) (MENOSSI, 2005).

2.2 DIMENSÃO GLOBAL

Vários países usam a biotecnologia em escala comercial e a área global estimada das lavouras GMs ou transgênicas. Aproximadamente 8,5 milhões de agricultores de 21 países cultivaram lavouras geradas pela biotecnologia. A taxa de crescimento líquida da área total cultivada de 1996 a 2005 foi de 50% (JAMES, 2005).

A Figura 2.1 ilustra a distribuição e o crescimento da área global dos principais cultivos transgênicos no período 2001 a 2005. A área global atingiu 90 milhões de hectares em 2005 (JAMES, 2005).

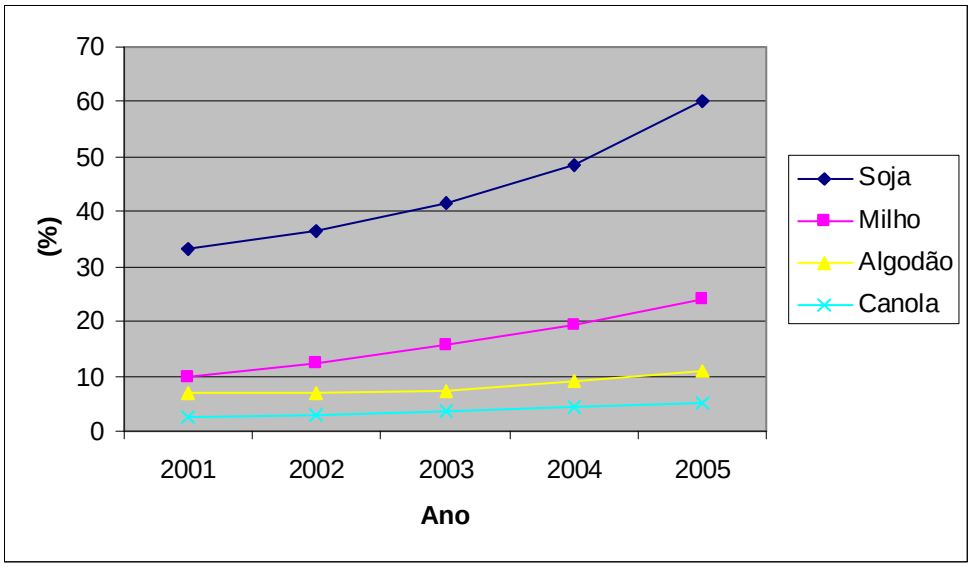


Figura 2.1 PERCENTUAL DE OCUPAÇÃO GLOBAL DE LAVOURAS GMS POR CULTIVO
Fonte: JAMES, 2002, 2003, 2004, 2005

Observa-se que a soja transgênica manteve, em 2005, sua posição de espécie transgênica com maior área de cultivo no mundo. Globalmente, a soja transgênica ocupou 54,4 milhões de hectares (60% da área global de cultivos transgênicos), seguida pelo milho (21,2 milhões de hectares ou 24%), algodão (9.8 milhões de hectares ou 11%) e canola (4,6 milhões de hectares ou 5,0%).

O Brasil foi o país que mais aumentou o cultivo de plantas GMs em 2005, atingindo a área de 9,4 milhões de hectares, mais de 10% da área cultivada mundialmente. Tornou-se o terceiro maior produtor de alimentos transgênicos em todo o mundo, com um aumento estimado de 88 % na área de soja transgênica (JAMES, 2005). Segundo estimativa da Agroconsult, cerca de 40% dos 20,5 milhões de hectares que devem ser cultivados com soja no Brasil, em 2006, serão de variedades transgênicas (Agrolink, 04/10/06). Em 2005, foi iniciado o plantio comercial de algodão transgênico após ser legalmente autorizado pela CTNBio.

Menos de uma década após a primeira comercialização de cultivos transgênicos, a adoção e difusão da tecnologia têm sido feitas de maneira global, principalmente nos países em desenvolvimento. Em 2005, dos 21 países que plantaram cultivos GMs, 11 eram países em desenvolvimento e 10 industrializados: EUA, Argentina, Brasil, Canadá, China, Paraguai, Índia, África do Sul, Uruguai, Austrália, México, Romênia, Filipinas, Espanha, Colômbia, Irã, Honduras, Portugal, Alemanha, França e a República Tcheca (em ordem decrescente de adoção, em hectares). A tabela 2.2 apresenta a área global e as respectivas lavouras GMs cultivadas por cada um destes países (JAMES, 2005).

Apesar da pressão em oposição à transgenia, especialmente na Europa, verifica-se a expansão da tecnologia, inclusive, com pesquisa e desenvolvimento (P&D) em muitas partes do mundo como na Ásia, América Latina e partes da África, com o registro de 63 países envolvidos em alguma fase de P&D (RUNGE e RYAN, 2004).

O valor de mercado dos cultivos transgênicos é baseado no preço de venda de sementes transgênicas adicionado das taxas tecnológicas aplicadas. Em 2005, o valor global de lavouras GMs foi de US$ 5,25 bilhões, equivalente a 15% dos US$ 34,02 bilhões do mercado mundial

de proteção de lavouras e 18% dos US$ 30 bilhões do mercado comercial global de sementes (JAMES, 2005).

As projeções indicam que a área global e o número de agricultores cultivando lavouras GMs continuarão a aumentar, apesar da previsão de queda nos cultivos transgênicos, uma vez que as vantagens econômicas inicialmente obtidas com a redução nos tratos das culturas tendem a desaparecer a partir do quarto ou quinto ano, quando os produtores começam a pagar royalties pelas sementes. A queda pode ser, ainda, devido à proliferação de ervas daninhas resistentes ao glifosato – princípio ativo do herbicida Roundup da empresa Monsanto, que obriga à retomada dos tratos normais das culturas, e ao baixo nível de fixação de nitrogênio das variedades transgênicas (Jornal Zero Hora, Porto Alegre, 28/09/2003).

Tabela 2.2 ÁREA GLOBAL E LAVOURAS GMS POR PAÍS EM 2005

POSIÇÃO	PAÍS	ÁREA (MILHÕES HA)	LAVOURAS GMS
1*	EUA	49.8	Soja, milho, algodão, canola, abóbora, papaia
2*	Argentina	17.1	Soja, milho, algodão
3*	Brasil	9.4	Soja
4*	Canadá	5.8	Canola, Milho, Soja
5*	China	3.3	Algodão
6*	Paraguai	1.8	Soja
7*	Índia	1.3	Algodão
8*	África do Sul	0.5	Milho, Soja, Algodão
9*	Uruguai	0.3	Soja, Milho
10*	Austrália	0.3	Algodão
11*	México	0.1	Algodão, soja
12*	Romênia	0.1	Soja
13*	Filipinas	0.1	Milho
14*	Espanha	0.1	Milho
15	Colômbia	<0.1	Algodão
16	Irã	<0.1	Arroz
17	Honduras	<0.1	Milho
18	Portugal	<0.1	Milho
19	Alemanha	<0.1	Milho
20	França	<0.1	Milho
21	República Tcheca	<0.1	Milho

* Países produzindo 50 mil hectares ou mais de lavouras GMs.

Fonte: JAMES, 2005

2.3 IMPACTOS POTENCIAIS

Toda atividade agrícola sempre impactou o meio ambiente, sendo esta atividade considerada uma das mais impactantes entre as atividades humanas. Isto se deve à própria evolução dos processos de produção e à vasta extensão de terra ocupada pela agropecuária.

Inicialmente, sem a preocupação ecológica atual, o meio ambiente e o trabalhador rural foram severamente castigados com o uso descontrolado dos defensivos e outras práticas agrícolas, resultantes do avanço da agricultura intensiva, também conhecida como “revolução verde”. Apesar da maior oferta de alimentos, houve um agravamento de problemas socioeconômicos, tais como o desemprego e a desigualdade na distribuição de renda, e de problemas relativos a prejuízos decorrentes da degradação do solo por resíduos químicos. O uso indiscriminado de agrotóxicos é o principal problema de saúde do trabalhador em pelo menos 16 estados brasileiros, em função da expansão das fronteiras agrícolas e do desenvolvimento da agroindústria.

Alguns dos problemas mais severos de degradação dos recursos naturais ligados à agricultura são: a erosão, a acidificação, a salinização, a compactação, a contaminação dos solos e a lixiviação e extração precisa de seus nutrientes, a sedimentação de rios, represas e zonas costeiras; o uso ineficiente de água de irrigação, mudanças indesejadas de fluxos hídricos, a contaminação da água por produtos agroquímicos e dejetos industriais; a erosão genética de cultivos e de raças de animais e a perda da biodiversidade silvestre; a perda de massa de florestas, a degradação de pastos e o pisoteio; a destruição dos predadores naturais e dos microrganismos do solo; a emissão de dióxido de carbono devido à queima de madeira e de metano devido ao gado e ao arroz irrigado; a intoxicação de agricultores, operários e consumidores por pesticidas e a resistência crescente das pragas aos pesticidas (ABREU, 1995).

A partir de vários estudos e/ou denúncias de movimentos sociais (no Cerrado, na Amazônia ou no Nordeste), maior atenção foi dada aos problemas associados ao agronegócio e às perdas da diversidade cultural (SUERTEGARAY, 2004).

Cada vez mais os aumentos de produção e de produtividade agrícola vêm sendo perseguidos de forma simultânea à busca da qualidade do meio ambiente, com a introdução de tecnologias menos impactantes (KITAMURA, 2001).

Aos poucos, foram desenvolvidos novos defensivos menos agressivos e várias práticas agrícolas, como o sistema de plantio direto, a rotação de culturas, os sistemas modernos e mais eficientes de irrigação, a agricultura de precisão e os cultivos orgânicos e os GMs.

Com a agricultura transgênica, além da redução do impacto ambiental causado pelo uso de agroquímicos e máquinas agrícolas, melhorando a qualidade do ar e do solo, a possibilidade de redução do trabalho com as ervas daninhas e da técnica de plantio direto pode ser favorecida, levando a uma maior aumento da produtividade das lavouras.

Em relação à saúde, recente relatório da Royal Society, Academia de Ciências do Reino Unido, (2003) mostra a inexistência de dados científicos que indiquem que os OGMs são nocivos e conclui que os alimentos GMs são tão seguros quanto os convencionais.

Entretanto, como os benefícios da transgenia não são sentidos de imediato pelos consumidores, os riscos ambientais, bem como os sociais e econômicos têm sido repetidamente questionados e temidos pela população, pelo meio científico, pelas agências regulatórias e por organizações não-governamentais. As reações positivas derivadas da biotecnologia conflitam com as possíveis ações negativas decorrentes da liberação dos OGMs sobre os consumidores e sobre o meio ambiente, devido aos efeitos indesejáveis que a adição de um novo genótipo numa comunidade de plantas pode desencadear. Este fato tem levado ao

questionamento dos potenciais riscos da agricultura transgênica, os quais têm sido intensamente discutidos, avaliados e disponibilizados numa vasta literatura nos últimos anos (ALTIERI e PENGUE, 2005; AMMANN, 2004; BENBROOK, 2004; BROOKES e BARFFOOT, 2005; CARPENTER et al., 2002; DUKE e CERDEIRA, 2005; GIANESSI, SANKULA e REIGNER; 2003a, 2003b; NAP et al., 2003; NAP, GLARE e CONNER, 2003; PERSLEY, 2004; RUNGE e RYAN, 2004; SIQUEIRA et al., 2004).

As avaliações ambientais, alimentares e econômicas disponibilizadas na literatura poderiam ser validadas em alguns casos, mas em outros casos são necessários estudos locais, uma vez que os riscos dependem das características edafoclimáticas de cada região e de polinização de cada espécie.

Com a tecnologia transgênica e a polêmica em torno dos reais benefícios e riscos, além de mudanças nas práticas agrícolas, têm sido observadas mudanças nas práticas comerciais, no desenvolvimento das pesquisas, nas legislações e na sociedade em geral.

2.3.1 IMPACTOS POSITIVOS (BENEFÍCIOS)

Os produtos GMs têm a mesma aparência dos seus similares convencionais, mas possuem características específicas para serem tornados superiores, visando beneficiar tanto os agricultores quanto os consumidores, sendo que para os consumidores, os benefícios decorrentes da redução do uso de agroquímicos e da melhoria das práticas agrícolas não são inicialmente aparentes. Os agricultores podem obter melhores safras e maior flexibilidade nas operações de cultivo, enquanto o consumidor pode receber um alimento menos contaminado e "mais saudável" (PORTUGAL, 1999).

Inicialmente, buscou-se atingir uma série de benefícios para o meio ambiente, tais como: maior produtividade em relação às colheitas convencionais, melhoria da qualidade do

ar e do solo e maior tolerância das lavouras a condições climáticas e de solo adversas (frio/seca/salinidade/acidez). Esses benefícios seriam derivados da diminuição da quantidade aplicada de defensivos agrícolas, em função do menor ataque de pragas, dos gastos com combustível dos tratores empregados para pulverização dos mesmos e do volume de lixo industrial gerado, além das características especiais introduzidas de resistência às condições adversas de clima e solo. Ainda, nos cultivos de soja resistente a herbicidas, o trabalho com as ervas daninhas é reduzido e a técnica de plantio direto é favorecida, levando a uma maior produtividade das lavouras (CARPENTER *et al*., 2002).

Em relação aos cultivos resistentes a insetos, um benefício indireto constatado com o milho Bt foi a redução da contaminação por micotoxinas (SANTURIO et al., 2001 a, b). Nos EUA, os benefícios anuais que o milho Bt provê, em termos de menor contaminação por fumosina e aflatoxina, foram estimados em cerca de US$ 23 milhões (WU, 2006). Outro benefício indireto do milho Bt, conforme estudo desenvolvido no estado de Nebraska (EUA), refere-se à produção de cerca de 32% mais grão dos híbridos submetidos à infestação artificial com *Spodoptera frugiperda* do que das testemunhas suscetíveis, indicando haver uma correlação direta entre o nível de infestação com a espécie predadora e a produtividade da cultura (SIQUEIRA et al., 2004).

Quanto ao controle de pragas, foi verificada a possibilidade de controle eficiente da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (que tem mais de 60 hospedeiros no Brasil), pelo milho Bt expressando o gene *cry*1Ab (FERNANDES, 2003; FRIZZAS, 2003). Os estudos experimentais de Fernandes et al. (2003), realizados em São Paulo mostraram que a infestação natural de *Spodoptera frugiperda* reduziu a intensidade do dano, em média, de 73% no hibrido convencional para 34% no hibrido Bt. A redução do ataque de pragas foi também

registrada em híbridos de algodão Bt expressando o gene *cry*1Ac, que causavam perdas de 50 a 60% na produção na Índia (QAIM e ZILBERMAN, 2003).

Em relação à avaliação econômica, no caso da soja transgênica, uma revisão dos estudos realizados, principalmente por universidades e instituto de pesquisas dos EUA, mostrou que ainda não existem evidências suficientes capazes de confirmar vantagens ou desvantagens técnico-econômicas do cultivo transgênico em comparação com a soja convencional. Pelaez, Albergoni e Guerra (2004) compararam os custos de produção, a produtividade e a rentabilidade entre a soja convencional e a soja transgênica nos EUA e Argentina, e concluiram que, apesar da grande difusão de soja transgênica, os resultados econômicos apresentam-se ainda muito controvertidos, principalmente vistos sob dois aspectos: o pagamento de *royalties* à empresa que detém a patente das sementes, onerando os custos de produção, e a perda de produtividade em comparação com as sementes convencionais. Para analisar a vantagem de substituição da produção de soja convencional por soja transgênica, os autores consideraram que os dados disponíveis são, ainda, insuficientes, descontínuos e esparsos, o que limita as possibilidades de obtenção de resultados mais consistentes, que justifiquem a decisão de adotar uma das variedades. Os autores sugeriram a realização de uma exaustiva comparação dos custos de produção e de comercialização entre as duas variedades, em diferentes condições climáticas, tecnológicas e fundiárias.

Encontram-se resumidos na tabela 2.3 os principais benefícios e conseqüências almejadas com o uso da biotecnologia vegetal para a agricultura (SIQUEIRA *et al*., 2004). No capítulo 5, os benefícios de alguns cultivos transgênicos serão discutidos em decorrência da apresentação dos resultados do presente estudo.

Tabela 2.3 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS E CONSEQÜÊNCIAS DO USO DA BIOTECNOLOGIA VEGETAL PARA A AGRICULTURA

BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA	CONSEQÜÊNCIAS DO USO PARA A PRODUÇÃO
Maior proteção contra pragas e doenças.	Tecnologias alternativas para controle de pragas, nematóides e doenças.
Maior tolerância a herbicidas.	Maior flexibilidade, facilidade e melhor logística de manejo e controle de plantas daninhas.
Tolerância a estresses abióticos (metais pesados, salinidade, seca, geada).	Possibilidade de expansão e de estabilidade da produção e de fitorremediação de áreas marginais ou contaminadas.
Maiores ganhos genéticos e menores perdas de produção.	Maximização do potencial de produção e do uso de recursos naturais e insumos agrícolas.
Redução e alteração no uso de defensivos agrícolas.	Redução de custos, do impacto ambiental e da exposição ao agricultor e flexibilidade de uso.
Favorecimento de adoção de cultivos conservacionistas (plantio direto, adensamento, menos defensivos).	Maior proteção e conservação do solo, da água e da biodiversidade e maior sustentabilidade da produção.
Maior produtividade e consistência da produção.	Diminuição das perdas na produção e garantia da estabilidade e lucratividade.
Melhor qualidade da produção	Produtos de melhor qualidade e pureza
Alternativas e ampliação da atividade agronômica.	Desenvolvimento de fitofazendas para produção de drogas, vacinas, hormônios e outros químicos.
Benefícios práticos e vantagens econômicas.	Diminuição do consumo de defensivos agrícolas, combustíveis e necessidade de operações e tráfego de máquinas, facilitando a logística e o manejo da produção.

Fonte: Siqueira *et al.*, 2004.

2.3.2 IMPACTOS NEGATIVOS (RISCOS)

2.3.2.1 AMBIENTAIS

Efeitos indesejáveis como o aumento de competitividade (surgimento de novas formas resistentes), impactos negativos em organismos alvos e não-alvos e a poluição genética, com alteração da biodiversidade, são as principais ameaças que a alteração das características em plantas pode proporcionar. A alteração à biodiversidade pode decorrer das propriedades intrínsecas do OGM ou da possibilidade transferência do transgene a outras espécies por fluxo gênico.

A Principal Ameaça: O Fluxo Gênico

Existe um forte questionamento de ecólogos sobre os riscos das plantas transgênicas causarem poluição genética no meio ambiente. A "poluição genética", através de fluxo gênico, é apontada como a ameaça mais importante entre os riscos ambientais de cultivares transgênicos, pois pode levar ao surgimento de superervas daninhas, superpragas e variantes genéticos, cujas características não se podem antecipar. Contudo, outros riscos são previstos com efeitos danosos em espécies não-alvo (aves, minhocas, peixes, entre outros) e contaminação de solo e água, cujas dimensões também são consideradas impossíveis de prever (NODARI e GUERRA, 2001).

Ainda, um dos riscos do plantio de culturas GMs é o da "contaminação" de plantios convencionais, por meio da troca de pólen entre culturas de polinização aberta, convencionais e GMs (GUERRANTE, 2003).

O processo de escape gênico e instalação do transgene em outros organismos é denominado "introgressão" e envolve incorporação, estabilização, recombinação e expressão do transgene no indivíduo ou na população receptora (BORÉM, 2002).

O fluxo gênico, fenômeno comum a todas as espécies de plantas, ocorre pela passagem do gene para variedades da mesma espécie ou para outras espécies, especialmente as silvestres ou até mesmo para espécies não aparentadas, por meio de semente ou por dispersão de pólen. Pode ocorrer tanto por transferência vertical, quando envolve cultivares e/ou populações da mesma espécie, quanto por transferência horizontal, quando envolve a hibridação entre espécies filogeneticamente diferentes, aparentadas ou não. Na transferência horizontal, o material genético é transmitido de uma espécie para outra, provavelmente, com auxílio de vetores (plasmídeos, transposons e vírus) (BORÉM, 2002; 2005b).

A probabilidade de o fluxo gênico ocorrer depende de muitos fatores, como a dinâmica das populações envolvidas, os mecanismos de polinização e de dispersão das sementes e o ambiente de liberação, sendo destacados quatro elementos básicos para avaliação (DALE, CLARKE e FONTES, 2002):

- A distância de movimento do pólen a partir da planta transgênica;
- A sincronia de floração entre as espécies planta e pólen;
- A compatibilidade sexual entre as espécies planta e pólen;
- A ecologia das espécies receptoras.

Na avaliação sobre ocorrência de fluxo gênico vertical, é necessário considerar que as espécies cultivadas diferem na taxa de fecundação cruzada e são classificadas em três grupos, de acordo com sua taxa natural de autofecundação: as alógamas, com menos de 5% de autofecundação, as autógamas com mais de 95% e as intermediárias entre esses extremos (SIQUEIRA *et al.*, 2004; BORÉM, 2005b). As alógamas são as que causam maior preocupação, pois sua reprodução acontece por meio da fecundação da planta fêmea pelo pólen da planta macho, o que poderia resultar na contaminação de um plantio de uma

variedade convencional por outro contendo a versão modificada dessa variedade (GUERRANTE, 2003).

Soja, trigo, feijão e alface são espécies autógamas típicas cuja freqüência de fecundação cruzada é inferior a 5%. Milho, girassol, cebola, eucalipto, entre outras são espécies alógamas com alta taxa de fecundação cruzada – acima de 90%. Algodão é uma espécie intermediária com taxa de autofecundação superior a 5% das alógamas e inferior a 95% das autógamas. As plantas alógamas são as mais sujeitas à contaminação por plantas GMs através da troca de pólen entre culturas de polinização aberta (BORÉM e RAMALHO, 2002).

Ainda, se as variedades transgênicas forem cultivadas em regiões próximas aos seus centros de origem, o fluxo gênico torna-se particularmente importante. Ainda, em função das características de cada espécie, as possibilidades do fluxo gênico ocorrer podem ser agrupadas em três categorias (PEREIRA *et al*., 2004):

a) impossível de ocorrer: situação na qual não há parentes silvestres na região onde a cultura é cultivada;

b) baixa possibilidade: situação onde as culturas GMs são predominantemente autógamas (maioria dos cereais) ou que apresentam condições especiais de floração (por exemplo: cana-de-açúcar, batata-doce);

c) mediana ou alta possibilidade: situação onde as plantas são de polinização cruzada e cultivadas em áreas onde a hibridação é possível de ocorrer com espécies selvagens (por exemplo: canola em muitas regiões da Europa, arroz no sudeste da Ásia).

Existem na literatura informações diversas sobre estudos de modelagem do movimento do pólen, concluindo-se que a polinização declina acentuadamente com a distância da fonte do pólen, mas a distância em que a polinização é zero é muito difícil de determinar. A

distância viável é influenciada pelo mecanismo de dispersão do pólen (vento, insetos, etc.) e pela longevidade do pólen, sendo ambos determinados pelas espécies das plantas (DALE, CLARKE e FONTES, 2002).

O fluxo gênico pode ser mensurado de forma direta ou indireta. O método mais comum para se medir o fluxo gênico de forma direta em plantas é o baseado na observação da dispersão dos grãos de pólen ou das sementes, o que permite a estimativa do fluxo gênico potencial ou da dispersão gênica. Outros métodos diretos utilizam marcadores genéticos e, nesse caso pode-se estimar o fluxo gênico real. Já os métodos indiretos utilizam a distribuição da variância genética para se inferir a identidade desse fluxo gênico (BORÉM, 2002).

A principal preocupação do fluxo gênico é relativa à presença dos genes marcadores que conferem resistência a antibióticos nas plantas transgênicas ou em seus subprodutos. Os principais pontos de discussão são (SANTOS e SOUZA, 2003):

– risco de que esses genes possam ser transferidos horizontalmente para bactérias presentes no aparelho digestivo dos seres humanos e animais que consomem alimentos derivados de plantas transgênicas, tornando-as resistentes ao antibiótico específico;

– risco de transferência horizontal para bactérias da superfície do aparelho digestivo dos seres humanos e animais que consomem esses alimentos;

– risco de que esses genes possam ser transferidos horizontalmente para microrganismos que interagem com as plantas, seja no solo ou na parte aérea desta, tornando-os resistentes ao antibiótico específico;

– risco de inativação do antibiótico quando este estiver sendo consumido em conjunto com o alimento transgênico que contém o gene de resistência a antibiótico.

Os procedimentos recomendados para manejo de riscos de fluxo gênico incluem (MENDONÇA-HAGLER e ODA, 2004):

- isolamento espacial ou temporal entre espécies compatíveis;
- retirada de florescência das plantas;
- uso de plantas macho-estéril;
- uso de bordaduras de plantas compatíveis com a planta transgênica;
- procedimentos apropriados de descarte do material transgênico;
- monitoramento pós-colheita, eliminando plantas voluntárias.

Diversas metodologias permitem reduzir a dispersão de transgenes no meio ambiente pelo bloqueio da transferência do transgene via pólen ou do bloqueio da germinação de sementes que contém o transgene (MENOSSI, 2005). Como exemplo do primeiro caso, alterações no genoma do cloroplasto[3] têm sido desenvolvidas como alternativas a inserção no genoma nuclear das plantas (CARRER; 1998; RUF *et al*, 2001; REVISTA PESQUISA FAPESP, 2001) e do segundo caso, tem-se a tecnologia *Terminator* tratada no item 2.1.1.7.

Outras Fontes de Preocupação: Contaminação dos Insetos "Não-Alvo" e Resistência das "Espécies-Alvo"

A remoção total de plantas invasoras pelo uso de herbicidas de amplo espectro pode incorrer em impactos ecológicos indesejáveis, uma vez que a presença de uma determinada quantidade de plantas invasoras nas lavouras ou em seu entorno é fundamental para o controle biológico de pragas, bem como para proteção do solo ou dos inimigos naturais das pragas. Porém, quando se aplica um só herbicida de amplo espectro, de forma continuada sobre uma

[3] Como as alterações no genoma do cloroplasto não ao transmitidas para outros seres vivos, pois o grão de pólen, que contém as células sexuais masculinas das plantas, não apresenta cloroplastos, a técnica desenvolvida pretende, em médio prazo, eliminar um dos potenciais riscos dos OGMs (RUF et al., *apud* GUERRANTE, 2003).

lavoura, como é o caso do glifosato, elevam-se as chances de que a população de plantas daninhas ou silvestres que podem se tornar resistentes com o tempo, necessitando de doses maiores e mais fortes deste herbicida tornando-se "superpragas". Foi, de fato, constatada resistência ao glifosato em uma espécie de erva daninha em plantios de soja tolerante a esse herbicida, devido à pressão de seleção desenvolvida, sendo comentado pelos relatores que em cultivos não transgênicos isto ocorre da mesma maneira (DUKE e CERDEIRA, 2005).

A disseminação do pólen liberado pelas plantas transgênicas resistentes a insetos (plantas Bt) sobre vegetais crescendo próximos das mesmas pode causar a morte de insetos não-alvo úteis como polinizadores de plantas ou mesmo controladores biológicos de outros insetos, como por exemplo, as abelhas, borboletas e joaninhas (GE FOOD ALERT, 2003). O caso mais famoso e polêmico foi o da borboleta Monarca nos EUA, devido aos resultados iniciais não terem simulado as condições naturais do habitat destas espécies. Após diversos estudos e testes de campo, concluiu-se que o impacto sobre estes insetos é baixo. Apesar de existir uma chance mínima – uma em 100 mil – de que as lagartas da borboleta sejam afetadas pela proteína tóxica do milho Bt, segundo a EPA, não há interferência no crescimento de borboletas saudáveis. Porém, para demais pesquisadores do assunto, fica evidente que mais pesquisas ainda são necessárias para que se possa avaliar o real efeito do pólen Bt nas borboletas (GUERRANTE, 2003).

Há, ainda, o risco de desenvolvimento de insetos que podem apresentar resistência ao Bt. Quando a proteína Bt é utilizada nas plantas, ela confere resistência a insetos à planta toda. Por ela estar permanentemente na planta, ela pode acelerar a forma pela qual o inseto desenvolve resistência à proteína Bt. Se houver uma grande área plantada com variedades transgênicas resistentes a um inseto, somente os resistentes poderão sobreviver, gerando progênies recombinantes, apresentando, eventualmente, maior nível de resistência à toxina.

Após vários ciclos de recombinação, deverão aparecer insetos resistentes ao gene Bt (NODARI e GUERRA, 2001).

A obtenção de plantas transgênicas vem evoluindo no sentido de serem produzidas plantas mais efetivas no controle das espécies alvo, com maior espectro de atividade para o controle não só da praga principal, mas também, das pragas secundárias e as plantas capacitadas a contornar possíveis resistências a insetos (ARANTES, VILAS-BÔAS e VILAS-BÔAS, 2002).

Em resumo, são os seguintes os potenciais riscos das plantas transgênicas em relação ao meio ambiente (GUERRANTE, 2002):

– a eliminação de insetos e de microrganismos do ecossistema, devido à exposição desses a substâncias tóxicas produzidas por determinadas plantas;

– a contaminação de culturas convencionais por culturas transgênicas, que ocorre por meio de troca de pólen entre culturas de polinização aberta;

– a transferência horizontal de genes, podendo acarretar na geração de novos vírus e bactérias, dispersão de novos genes e construções genéticas que não existiam antes na natureza, multiplicação de impactos ecológicos, entre outros aspectos;

– possibilidade de que plantas da natureza (invasoras ou não) venham a adquirir resistência a insetos ou a herbicidas, tornando-se “superpragas”;

– possibilidade de desenvolvimento de resistência de insetos a inseticidas, dificultando seu controle;

– surgimento de novas substâncias, ou aumento nos níveis de concentração de substâncias já existentes, em função da introdução dos genes exógenos no genoma dos

vegetais, levando-os a produzir não somente as substâncias de interesse como também outras desconhecidas ou substâncias já produzidas anteriormente, porém em maior quantidade;

– aumento do uso de defensivos agrícolas, e/ou redução da produtividade das colheitas, dependendo das condições edafoclimáticas específicas de determinadas culturas transgênicas, devido ao provável aumento de resistência das ervas daninhas;

– desdobramentos negativos nas práticas de cultivo para os agricultores pela introdução de tecnologias do tipo das tecnologias *Terminator* e *Traitor*.

A estes potenciais riscos soma-se mais a ameaça referente à ***ocupação de ambientes frágeis***, devido à expansão dos cultivos transgênicos sem uma avaliação prévia dos riscos envolvidos, com a possibilidade de aumento do efeito estufa pela intensificação do desmatamento.

2.3.2.2 ALIMENTARES

Em relação aos impactos alimentares são citados como impactos negativos: a potencialização dos efeitos de substâncias tóxicas, o aumento das alergias, a alteração do nível de nutrientes dos alimentos produzidos, o desenvolvimento de resistência bacteriana a antibióticos, devido à presença dos genes marcadores, e a contaminação dos alimentos não-transgênicos.

Os perigos potenciais dos alimentos GMs podem estar associados ao novo DNA introduzido, aos produtos da expressão desse gene (proteína) e/ou a efeitos não-intencionais decorrentes da introdução no genoma e da expressão desse novo gene (LAJOLO e NUTTI, 2003).

Há muitas plantas que possuem toxinas naturais, como o tomateiro e as folhas da batata, mas são considerados relativamente inofensivos nos níveis em que são encontrados nas plantas destinadas à alimentação. O receio quanto à manipulação genética instala-se na possibilidade de aumentar-se inadvertidamente estas substâncias nas plantas, em conseqüência da introdução de um gene que não existia antes. Considera-se que, independente de dolo ou culpa, a potencialização das substâncias tóxicas pode ocorrer mesmo quando são observadas e atendidas todas as normas técnicas, pois seria um evento aleatório e imprevisível (RODRIGUES e ARANTES, 2005).

Quanto ao aumento das alergias, acredita-se que, com a introdução de genes exógenos nas plantas, podem ser transferidas características de alergenicidade de uma espécie para outra que antes não a possuía, ou podem ser produzidas substâncias desconhecidas ou substâncias já produzidas, porém em maior quantidade (GUERRANTE, 2003; RODRIGUES e ARANTES, 2005). Então, no alimento GM, a presença de um novo gene numa planta ou a expressão de genes pré-existentes pode levar à produção de uma proteína antigênica capaz de causar reações alérgicas em pessoas já sensibilizadas, ou sensibilizar pessoas até então não-alérgicas. Diante disso, a avaliação de segurança de um alimento GM inclui o estudo de seu potencial alergênico (LAJOLO e NUTTI, 2003).

Quanto à alteração do valor nutricional, supõe-se que a alteração do nível de nutrientes pode ocorrer não como um evento desejado, mas como “efeito colateral”, com conseqüências imprevisíveis e potencialmente negativas. Este fato não é exclusivo das plantas transgênicas, uma vez que as mudanças não-intencionais podem ocorrer também nos processos convencionais de melhoramento (LAJOLO e NUTTI, 2003; RODRIGUES e ARANTES, 2005).

Em relação ao desenvolvimento de resistência bacteriana a antibióticos, devido à presença dos genes marcadores, e à contaminação dos alimentos não-transgênicos, seriam derivados da transferência gênica horizontal dos genes marcadores para bactérias do intestino, e vertical, dos cultivos transgênicos para os convencionais ou orgânicos, respectivamente. A contaminação dos alimentos não-transgênicos poderia, ainda, ocorrer em função do uso não intencional de matérias-primas oriundas de cultivos transgênicos.

2.3.2.3 SOCIOECONÔMICOS

Têm sido bastante debatidos os impactos socioeconômicos negativos associados à dependência dos agricultores, ao aumento do preço final do produto, à possibilidade de perda de um nicho de mercado de consumidores exigentes por não-transgênicos e ao atraso no desenvolvimento das pesquisas e de novos produtos, devido aos entraves burocráticos, regulatórios e políticos para aprovação dos mesmos (RODRIGUES e ARANTES, 2005).

Os críticos da biotecnologia alegam que os transgênicos só atendem a interesses das multinacionais, não favorecem a agricultura auto-sustentável, só são direcionados ao grande produtor e criam dependência de outros produtos das multinacionais. A grande corrente de fusões e aquisições, envolvendo empresas de sementes, agroquímicos e a indústria farmacêutica nos anos 90, como será abordado no item 2.5.4, levou à formação de grandes grupos multinacionais que são os que realizam os maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento de transgênicos, além de associar a venda das sementes aos dos agroquímicos.

Com o patenteamento da tecnologia de produção e dos genes inseridos nos cultivos transgênicos, os agricultores podem ficar dependentes das empresas detentoras dos mesmos, principalmente, os de pequeno porte, mais suscetíveis a pressões econômicas. Uma das

conseqüências desta dependência é a impossibilidade dos agricultores guardarem as melhores sementes para as safras seguintes, em função de acordos firmados para uso da tecnologia desenvolvida, modificando, ainda, as práticas usuais de cultivo.

Além das dificuldades impostas ao agricultor na aquisição das sementes e nas práticas de cultivo, há a possibilidade sofrerem aumentos dos custos de produção, em função da necessidade de rastreabilidade da cadeia produtiva necessária à rotulagem dos produtos que contenham OGMs, como será abordado no item 2.4.2.4.

Outro problema econômico vislumbrado, com o plantio de transgênicos pelo Brasil é a perda de um nicho de mercado composto por países em que a população deseja consumir não-transgênicos (RODRIGUES e ARANTES, 2005).

2.3.3 IMPACTOS POTENCIAIS DE SOJA, MILHO E ALGODÃO

Como os riscos de "poluição genética" dependem das características edafoclimáticas de cada região e de polinização de cada espécie, a análise das conseqüências de disseminação de um gene deve ser feita caso a caso. Encontram-se abaixo descritas características e impactos potenciais dos principais cultivos transgênicos de interesse para o Brasil:

Soja

Trata-se de uma cultura autógama predominantemente auto-polinizável, cuja taxa de polinização cruzada é menor do que 1%. A introgressão do gene de tolerância ao glifosato é extremamente improvável de acontecer no Brasil e demais países da América. Por tratar-se de espécie exótica, sem parentes silvestres no Brasil[4], considera-se improvável a possibilidade de ocorrência de polinização cruzada da soja transgênica com espécies silvestres no meio ambiente ou mesmo com outras variedades de soja cultivada (BORÉM, 2005c). Mesmo que

[4] O centro de origem da soja é no sudeste da Ásia; espécies de soja silvestre são endêmicas na China, na Coréia, no Japão, em Taiwan e na Rússia; não exibe qualquer característica de dormência de sementes, não é forte competidor com outras espécies silvestres ou cultivadas.

houvesse fecundação cruzada, não haveria impacto negativo ao meio ambiente, porque a soja não sobrevive no meio ambiente sem a intervenção do homem. Além disso, no caso da soja RR tem se verificado não haver risco de patogenicidade; o gene *cp-4epsps*, inserido no genoma da planta, não possui propriedades patogênicas (COSTA, 2001).

Por meio de testes de campo da soja RR, realizados a partir de 1987 nos EUA, as agências reguladoras United States Departament of Agriculture (USDA), Food and Drug Administration (FDA) e Environmental Protection Agency (EPA) atestaram a segurança alimentar, ambiental e agrícola da semente transgênica (COSTA, 2001).

A ampla adoção da soja tolerante a herbicidas, principalmente nos EUA e Argentina, deve-se aos menores custos de produção, redução de danos na lavoura e simplicidade e flexibilidade no gerenciamento de ervas daninhas. Além do registro de um número menor de aplicações de herbicidas, são citadas vantagens relativas à facilidade de adoção do sistema de plantio direto com as variedades transgênicas e às condições ambientalmente mais favoráveis das características do glifosato no solo (CARPENTER *et al*., 2002).

Em relação aos impactos potenciais alimentares, também devem ser negativos. A avaliação da proteína CP4 EPSPS em estudos com dose oral aguda e crônica em ratos e outros animais em laboratório não resultou em toxidade alterada ou alergenicidade (BORÉM, 2005c).

Milho

O milho é uma gramínea monóica, isto é, tem órgãos masculino e feminino separados, porém na mesma planta. É uma planta alógama, ou seja, se reproduz tipicamente por polinização cruzada, com taxa de alogamia em torno de 95%, sendo a dispersão por pólen feita pelo vento. O milho é sexualmente compatível e cruza livremente com o teosinto quando floresce simultaneamente e em proximidade física. Esse parente de milho é nativo da América

Central e não é encontrado no Brasil. É raramente compatível sexualmente com as 16 espécies do gênero *Tripsacum*, das quais 12 são nativas do México e da Guatemala (BORÉM, 2005c).

Desde a introdução do milho com proteção contra insetos e tolerante a herbicidas, as produções nos EUA têm-se mantido em níveis historicamente elevados. O milho Bt, resistente a insetos, tem apresentado as seguintes vantagens: (1) a possibilidade de melhorar a biodiversidade dos campos de milho, já que os insetos benéficos não são afetados de maneira adversa; (2) redução da exposição do trabalhador rural a inseticidas químicos e borrifos orgânicos de Bt; (3) menor vulnerabilidade à infestação de fungos, proporcionando benefícios diretos às pessoas e ao gado alimentado com o milho (CARPENTER *et al*., 2002).

A principal vantagem da obtenção de linhagens e cultivares vegetais transgênicas resistentes a insetos utilizando a bactéria Bt reside no fato de que a toxina vai ser distribuída por toda a planta, permitindo controlar insetos do solo e os que habitam o interior da planta, estes últimos de difícil controle por meio de pulverizações a campo (PEREIRA *et al*., 2004).

Estas vantagens conflitam com os riscos do gene Bt poder transferir-se espontaneamente para a enorme diversidade de variedades tradicionais de milho ou para outras gramíneas contaminando geneticamente essas plantas.

O milho Bt, resistente a insetos, foi aprovado pela primeira vez pela EPA em 1995 e em maio de 1999 ficou famoso com o caso da borboleta Monarca, já mencionado, levantando preocupações por parte dos agricultores e consumidores em relação à transgenia. Depois deste caso, em setembro de 2000, uma variedade de milho Bt não aprovada para consumo animal, o milho StarLink ®, apareceu num produto alimentício, com registro de casos de alergia, o que levou a EPA a forçar o produtor deste milho (Aventis CropScience) a revogar sua licença com conseqüentes anulações de inúmeros alimentos contaminados. Através de uma investigação que durou um ano, os especialistas em alergia concluíram que mesmo que uma bilionésima

parte de um grama de milho StarLink® estivesse presente em produtos alimentícios não poderia ser considerada segura (GE Food Alert, 2003).

Algodão

A origem dos algodoeiros cultivados é de difícil determinação. Atualmente, estão identificadas cinqüenta espécies de algodão do gênero *Gossypium*, distribuídas nos continentes: Ásia, África, Austrália e América. O Brasil é o centro de origem de algumas espécies deste gênero (FREIRE *et al*., 2002).

Por ser um sistema onde ocorre uma complexa interação entre a planta de algodão - insetos pragas e inimigos naturais, a variedade transgênica é alvo de estudos de riscos ambientais (CAPALBO e FONTES, 2004; FREIRE *et al*., 2002; FONTES, PIRES e SUJII, 2002).

O modo de reprodução é geralmente autógama, com freqüente alogamia, especialmente na presença de insetos polinizadores (BORÉM, 2005c).

Não se tem relato do transporte do pólen do algodoeiro pelo vento, sendo a polinização cruzada realizada por insetos, principalmente por abelhas. A espécie de algodão cultivada foi introduzida no Brasil há cerca de 500 anos e tem sido cultivada também em regiões onde existem espécies nativas, sem, contudo, perder sua integridade genética. Ainda assim, quando houver centros de espécies compatíveis com plantas GMs a serem cultivadas, adotam-se as zonas de exclusão[5] como medida para reduzir o risco de fluxo gênico de cultivares transgênicas para as espécies nativas (SIQUEIRA *et al*., 2004).

[5] A adoção de zonas de exclusão foi proposta por Freire em 2000, visando preservar as populações naturais e variedades do gênero *Gossypium* presentes no Brasil. As zonas em que o cultivo de algodão herbáceo seria proibido abrangem 18 estados e incluem toda a Amazônia Legal, a Mata Atlântica desde o Rio Grande do Norte até o Espírito Santo, o Pantanal Mato-grossense, o sudeste do Piauí e os municípios de Caico e Acari, RN e Macururé e Caraíba, BA (FREIRE et al., 2002).

Tanto o algodão tolerante a herbicidas, quanto o resistente a insetos, têm reduzido os custos de produção para os fazendeiros e ampliado a faixa de opções disponíveis para os sistemas de gerenciamento total de fazendas. A introdução do algodão Bt na Austrália, Índia e EUA demonstra a capacidade que essas variedades possuem para aliviar os problemas da resistência de insetos aos pesticidas químicos. Ainda, a rápida adoção deste tipo de algodão na China é um exemplo de como os protetores introduzidos nas plantas reduzem imensamente o volume de pesticidas necessário, aumentando a segurança ambiental e a saúde dos trabalhadores agrícolas. Ainda, foi registrado um efeito positivo do algodão Bt sobre o número e diversidade de insetos benéficos nos campos de algodão dos EUA e da Austrália. O algodão Bollgard® da Monsanto é visto com especial interesse, devido ao tempo reduzido que deverá necessitar para desenvolver resistência ao pesticida, em função da inserção de vários genes no seu genoma para controlar a mesma praga, conforme disposto no item 2.1.1.2 (CARPENTER *et al*., 2002).

Ensaios de campo para estudo da eficiência algodão Bollgard® no controle de lagartas foram conduzidos em diferentes regiões do Brasil (RAMIRO, SANTOS e MONTEZUMA, 2002) e em março de 2005, a comercialização e o plantio de sementes foram liberados no Brasil. Antes deste cultivo, só havia sido liberada a polêmica a soja RR, também da Monsanto, e a aprovação da nova Lei de Biossegurança, como será abordado no item 2.4.2. Apesar ter sido estabelecida uma série de exigências para evitar a "poluição genética, o Ministério do Meio Ambiente - MMA considerou que foram poucos os estudos de impactos ambientais analisados para a liberação, colocando em risco a proteção ambiental do país e a qualidade de vida das presentes e futuras gerações (FARFAN, 2005).

Com potencial inseticida a EMBRAPA deverá colocar no mercado em cinco anos a primeira variedade transgênica de algodão genuinamente brasileira. A pesquisa baseou-se na

identificação e isolamento de um gene que codifica para uma enzima tóxica para o bicudo (Revista Eco 21, Ano XIV, n° 93, ago./2004).

Segundo Carpenter *et al*. (2002), os impactos potenciais dos cultivos transgênicos de soja, milho e algodão devem ser avaliados por meio das seguintes verificações:

1. Mudança nos padrões de utilização de pesticidas – no caso de alteração das práticas agrícolas, a qualidade da água ou a saúde do solo são afetadas?

2. Lavoura de conservação e gerenciamento do solo – no caso de mudanças na adoção da não aração ou outras práticas de plantio direto ou de alguma outra forma teve impacto sobre a erosão, retenção de umidade, teor de nutrientes do solo, qualidade da água, utilização de combustível fóssil e gases de efeito estufa?

3. Presença de ervas daninhas – estes cultivos transgênicos adquiriram traços específicos relativos à presença de ervas daninhas?

4. Fluxo de genes e cruzamento entre espécies – estes cultivos transgênicos fazem a hibridização com plantas ou lavouras locais e impactam a diversidade genética nas áreas onde são plantadas?

5. Resistência a pestes – a que pestes estes cultivos transgênicos podem se tornar resistentes? No caso de se tornarem resistentes, a resistência desenvolvida difere da resistência aos pesticidas químicos e microbianos convencionais? Como está sendo gerenciado o desenvolvimento da resistência?

6. Mudanças populacionais de pestes – há impactos sobre ervas daninhas ou sobre as populações de pestes que impactam o sistema agrícola ou a ecologia do ambiente nas proximidades?

7. Organismos benéficos e não-alvos – há impactos dos cultivos resistentes a pestes sobre os inimigos naturais das pestes (predadores ou parasitóides) sobre organismos no solo e cobertura da lavoura?

8. Eficiência/produtividade do uso da terra – como é afetado o rendimento das lavouras ou a necessidade de cultivar áreas florestais ou marginais?

9. Exposição humana – os traços de tolerância a herbicidas e resistência a pragas na soja, milho ou algodão transgênicos acarretam novas ou diferentes considerações quando comparadas às lavouras convencionais com características similares?

2.3.4 ESTUDOS DE IMPACTOS

Em relação à liberação do plantio de plantas transgênicas, muito tem se discutido sobre a necessidade de avaliação de impactos ambientais, não só no Brasil, como em todo o mundo. Uma recente avaliação científica dos EUA concluiu que o sistema regulatório não está funcionando efetivamente. De modo similar, um estudo canadense concluiu que a quantidade e a qualidade da pesquisa sobre impactos ambientais potenciais dos OGMs não eram suficientes para remeter as muitas questões prementes relativas aos impactos ambientais dos mesmos (ERVIN *et al*., 2003). Ainda, na Europa, vem sendo estudada a coexistência dos diferentes tipos de cultivo (convencional, orgânico e transgênico) (LHEREUX e RODRIGUEZ-CEREZO, 2003).

No Brasil, a EMBRAPA definiu, em 2002, seu apoio às atividades de biossegurança aprovando um projeto inovador em forma de rede multidisciplinar, a Rede de Biossegurança de OGMs (BioSeg). A rede estuda o potencial de risco de cinco produtos GMs da EMBRAPA (feijão, batata, mamão, algodão e soja) e gera informações científicas sobre potenciais riscos sobre o ambiente e a biodiversidade. Um grande obstáculo a ser transposto é o alto custo das

análises de biossegurança, levando ao desenvolvimento de alternativas metodológicas mais viáveis economicamente, visando o desenvolvimento competitivo (SAMPAIO, 2005).

A necessidade de métodos científicos abrangentes para os testes de pré-liberação comercial e o monitoramento após a autorização comercial das plantas transgênicas tem sido identificada por muitos fóruns internacionais, a fim de garantir a segurança ambiental e o uso seguro destas plantas. Em resposta a esta demanda, o Projeto GMO ERA[6] (Projeto Internacional sobre Metodologias de Avaliação de Risco Ambiental de OGMs) desenvolve metodologias de teste de biossegurança para suporte à avaliação de risco de plantas transgênicas. Outro trabalho conduzido pela EMBRAPA (Meio Ambiente) em conjunto com a ESALQ – USP refere-se à avaliação de risco de resistência de pragas a culturas transgênicas inseticidas utilizando o modelo de Caprio, que é um modelo determinístico que produz estimativas pontuais da probabilidade da freqüência do alelo de resistência à toxina Bt na população da praga alvo (MAIA e DOURADO NETO, 2004).

A avaliação de riscos consiste de um processo científico, passo a passo, que analisa os efeitos adversos causados pelo OGM e no caso de riscos ambientais, tal avaliação é muito difícil de ser realizada, uma vez que os agrossistemas e suas imediações são complexos demais para que todos os riscos possam ser identificados e quantificados em análise à priori. Os fatores do risco são de natureza multi e interdisciplinar, devendo ser considerados todos os aspectos relacionados à genética e biologia do OGM, do protocolo, do planejamento e do estágio de desenvolvimento da tecnologia, se experimental ou de liberação comercial, além de todos os aspectos relacionados ao habitat, à ecologia geral da região e ao sistema de manejo da cultura, onde o OGM será liberado, conforme ilustra a figura 2.2 (SIQUEIRA et al., 2004).

[6] O projeto GMO ERA tem como objetivo desenvolver novas metodologias e aperfeiçoar as já existentes para análise de riscos ambientais de OGM's. A equipe da BioSeg da EMBRAPA participou junto a equipe do GMO ERA da publicação do livro Methodologies for Assessing Bt Cotton in Brazil (Metodologias para Avaliação de Algodão Bt no Brasil), vol. 2, lançado em abril de 2006 pela Editora CABI Publishing do Reino Unido.

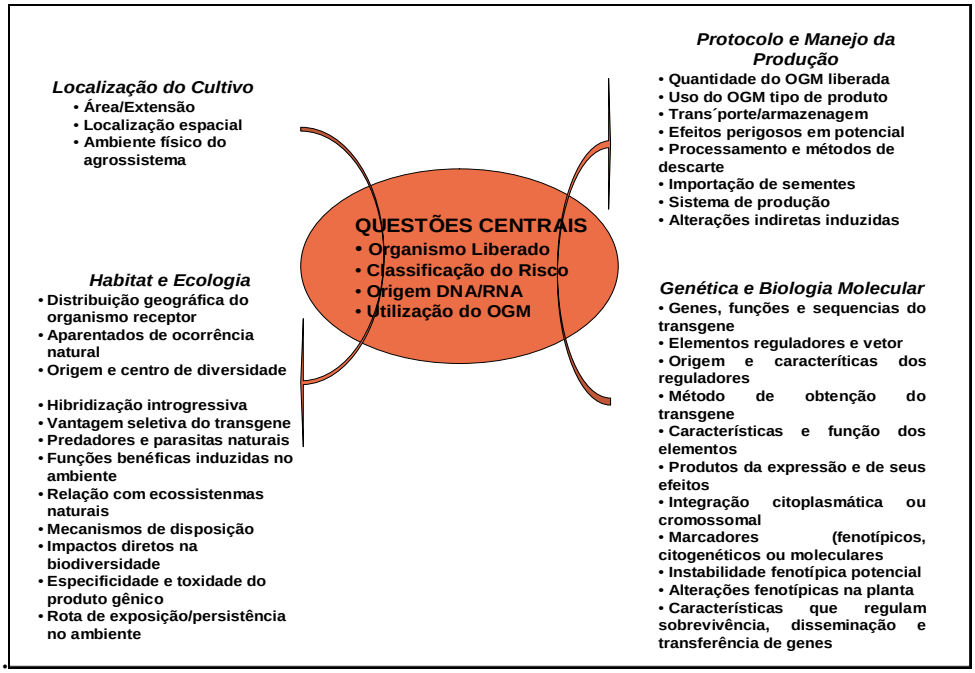


Figura 2.2 QUESTÕES CENTRAIS E PRINCIPAIS ASPECTOS E FATORES QUE FUNDAMENTAM A ANÁLISE DE RISCOS AMBIENTAIS DE PLANTAS TRANSGÊNICAS

Fonte: SIQUEIRA *et al*., 2004

Tem sido recomendada a análise e a avaliação continua dos riscos nos estágios iniciais de desenvolvimento das plantas transgênicas, bem como por em prática um consistente sistema de monitoramento para avaliar, nos subseqüentes testes de campo, os riscos relativos à saúde alimentar e à segurança ambiental (VALOIS, 2001).

No Capítulo 3, item 3.4.1, serão abordados aspectos sobre as metodologias de avaliação de impactos ambientais de cultivos transgênicos, e no capítulo 5, serão citadas e analisadas referências relativas às avaliações e aos estudos realizados.

2.4 BIOSSEGURANÇA

A biossegurança é uma ciência multidisciplinar, que inclui em seus objetivos o estabelecimento de mecanismos de proteção para uso da biotecnologia moderna, tanto em relação a experimentos laboratoriais, quanto em testes de campo que possam implicar em risco biotecnológico, com impactos ambientais indesejáveis ou conseqüências maléficas para a saúde humana (CARDOSO e SCHATZMAYR, 2003).

Desde 1970, as normas de segurança biológica vêm sendo delineadas por cientistas e grupos ambientalistas. A palavra biossegurança também é usada onde a moderna biotecnologia não está presente, como, indústrias, hospitais, laboratórios de saúde pública, laboratórios de análises clínicas, hemocentros, universidades, etc., no sentido da prevenção dos riscos gerados pelos agentes químicos, físicos e ergonômicos, envolvidos em processos onde o risco biológico se faz presente ou não. Esta é a vertente da biossegurança, que na realidade, confunde-se com a engenharia de segurança, a medicina do trabalho, a saúde do trabalhador, a higiene industrial, a engenharia clínica e a infecção hospitalar. Com o advento da biotecnologia moderna, o conceito de biossegurança passou a ter um novo direcionamento, sendo iniciadas discussões de amplitude internacional sobre os impactos ambientais e sobre a saúde humana advindos desta tecnologia.

Na reunião de Azilomar, em 1975 (Pacific Grove – Califórnia), foram discutidos, pela primeira vez, os aspectos de proteção de pessoas envolvidas com pesquisas que envolvessem manipulação genética, sendo esta reunião considerada um marco na história da ética aplicada à pesquisa (TELLES, 2003).

A adoção de diretrizes ou legislações específicas para a prática e uso da manipulação artificial de genomas passou a ser condição fundamental para a cooperação internacional com os países industrializados que detêm a liderança nessa área. Como conseqüência, a OECD

decidiu, em 1983, criar um grupo *ad hoc* em biossegurança em biotecnologias, que resultou, três anos depois, na publicação do relatório "*Recombinant DNA safety considerations*". Um número significativo de países-membros incorporou essas normas e regulamentações elaboradas nesse relatório (COSTA, 2001).

Em 1992, 152 países assinaram a "Agenda 21" durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), realizada no Rio de Janeiro. Uma parte desse acordo compromete os signatários (e o Brasil é um deles) a considerarem a necessidade de um protocolo internacional de biossegurança para garantir o manejo ambiental seguro de biotecnologias.

Ainda, na década de 90, a União Européia estabeleceu suas diretivas para o trabalho em contenção e para a liberação voluntária de novas espécies biológicas GMs no ambiente, ampliando a discussão da biossegurança, no contexto laboratorial, para uma necessidade mais complexa de preservar espécies do planeta. Dentro desse contexto, a Convenção sobre a Diversidade Biológica – CDB, realizada em janeiro de 2000 em Montreal (Canadá), definiu a necessidade dos países signatários estabelecerem um tratado ambiental internacional sobre biossegurança – o Protocolo de Cartagena, visando o desenvolvimento sustentado e a prevenção de efeitos adversos sobre a conservação da biodiversidade desses países.

2.4.1 PROTOCOLO DE CARTAGENA

O Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança foi aprovado em 29 de janeiro de 2000 e entrou em vigor internacional em 11 de setembro de 2003. Atualmente, 188 países fazem parte do Protocolo; o Brasil ratificou sua adesão em 24 de novembro de 2003. Trata-se do primeiro acordo internacional a reger a transferência, o manejo e o uso de OGMs que, na linguagem do protocolo, são chamados OVMs – organismos vivos modificados, resultantes da biotecnologia moderna (MCT, 2006; CIB, 2006).

É utilizado como referência legislativa básica para a proteção da diversidade biológica e da saúde humana em relação a eventuais danos que possam advir da liberação no meio ambiente de OGMs ou da ingestão de produtos ou alimentos transgênicos. Segundo o Protocolo, exportadores de transgênicos devem fornecer informações ao importador sobre características e riscos do produto. O Protocolo obriga os exportadores a outorgar aos importadores o direito de rejeitar os produtos que possam supor ameaças e reflete o equilíbrio entre a necessária proteção da biodiversidade e a defesa do fluxo comercial dos OGMs.

Através deste Protocolo (artigo 1°), ficou definida a utilização do Princípio da Precaução, como base para a tomada de decisões sobre importação de sementes, alimentos ou produtos transgênicos, a fim de proteger, igualmente, todos os países importadores contra possíveis acusações de discriminação comercial ou de imposição de barreiras não alfandegárias. Se certo país deixar de importar algum produto, demonstrando estar adotando tal atitude em face do Princípio da Precaução, o mesmo não poderá ser acusado de discriminação comercial[7].

O Protocolo Internacional de Biossegurança se desvincula de qualquer tentativa de condicionar a sua vigência a regras da Organização Mundial do Comércio (OMC), ressalvando o direito de cada parte estabelecer normas mais rígidas ou critérios mais rigorosos para a aceitação e liberação de sementes, grãos ou produtos GMs. Reconhece que os países podem recusar a remessa de produtos transgênicos por entender que sua introdução possa ter

7 Artigo 1° - De acordo com a abordagem de precaução contida no Princípio 15 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, o objetivo do presente Protocolo é contribuir para assegurar um nível adequado de proteção no campo da transferência, da manipulação e do uso seguros dos organismos vivos modificados resultantes da biotecnologia moderna que possam ter efeitos adversos na conservação e no uso sustentável da diversidade biológica, levando em conta os riscos para a saúde humana, e enfocando especificamente os movimentos transfronteiriços. Princípio 15: "De modo a proteger o meio ambiente, o Princípio da Precaução deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental". Este princípio foi incluído na Convenção da Diversidade Biológica que o Brasil assinou e ratificou, por intermédio do Congresso Nacional, em maio de 1994.

impactos socioeconômicos indesejáveis, além de potenciais riscos ambientais, que deverão ser avaliados através de Estudos de Impacto Ambiental (EIA), a exemplo do que determina a Constituição Brasileira. Ainda, cria uma instância internacional para discutir os procedimentos que cada país deve adotar para introduzir produtos transgênicos em seus territórios, podendo-se solicitar antecipadamente informações sobre a biossegurança do produto do país exportador com o objetivo de preservar sua diversidade biológica e a saúde de sua população (NODARI, GUERRA e VALLE, 2002).

Por meio de reunião das partes, denominadas MOP, são aprovados, em consenso pelos países signatários, os procedimentos que orientam a implantação de seus artigos. Foram realizadas 3 reuniões até 2006: MOP 1, realizada em Kuala Lumpur (Malásia), em fevereiro de 2004, na qual o foco das discussões foram os aspectos operacionais e institucionais referentes à implantação do Protocolo; MOP 2, realizada em Montreal (Canadá) em maio/junho de 2005, com os principais temas: detalhamento das informações referentes à identificação dos carregamentos de OVMs destinados à alimentação humana, animal e ao processamento (artigo 18, parágrafo 2 (a)); avaliação da possibilidade de criação de um regime de responsabilidade e compensação (artigo 27); implantação do Biosafety Clearing-House, previsto no artigo 20; e criação de capacidade (física e humana), necessária à consecução dos objetivos do Protocolo (artigo 22); MOP 3, realizada em Curitiba, em março de 2006, tratando dos principais temas: manuseio, transporte, análise e manejo de riscos (artigos 15 e 16), embalagem e identificação de OVMs (artigo 18); responsabilidade e compensação (artigo 27); organismos subsidiários (artigo 30); Biosafety Clearing-House (BCH) - operação e atividades; cooperação com outras organizações; outras questões técnicas e científicas que possam ser necessárias para a efetiva implementação do Protocolo e Status das atividades, da capacitação e do uso da lista de especialistas em biossegurança. O tema mais concorrido durante essas três MOPs foi a implantação do artigo 18, parágrafo 2(a), que

trata da identificação de cargas ou carregamentos de OVMs do tipo commodities, como soja e milho, destinados à alimentação humana e animal e ao processamento, e não introdução intencional no meio ambiente[8].

O Protocolo de Cartagena entrou em vigor para o Brasil em 22 de fevereiro de 2004 e foi promulgado por meio do Decreto n° 5.705, de 16 de fevereiro de 2006, de modo a ser executado e cumprido tão inteiramente como nele se contém.

2.4.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Influenciada pela experiência e iniciativa internacionais, principalmente o movimento europeu, a questão da biossegurança também começou a ser discutida no Brasil. Na década de 80, as únicas regras de biossegurança existentes no mundo eram as do Instituto de Saúde dos EUA (NIH), as quais foram internalizadas no Brasil.

Após tramitar no Congresso Nacional por 5 anos, um projeto de lei do Senador Marco Maciel foi transformado na primeira lei de biossegurança brasileira, a Lei n° 8.974, publicada em 5 de janeiro de 1995, com participação ativa da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) e da EMBRAPA. Pelo mesmo instrumento foi criada a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), o Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB) e as Comissões Internas de Biossegurança (CIBios) (CARDOSO e SCHATZMAYR, 2003).

A Lei n° 8.974/95 regulamentava os incisos II e V do parágrafo 1° do Artigo 225 da Constituição Federal[9] e estabelecia normas para uso das técnicas de engenharia genética e liberação no meio ambiente de OGMs (FUKUMA, 2003). Ainda, internalizava o Princípio da Precaução da mesma forma que as diretivas européias, estabelecendo procedimentos

8 Os principais documentos e todas as decisões tomadas no âmbito do Protocolo de Cartagena podem ser acessados pelo seu site oficial http://www.biodiv.org/biosafety/default.asp.

diferenciados para a análise dos produtos GMs caso a caso. Por esta lei, o governo federal, através dos Ministérios da Agricultura, do Meio Ambiente e da Saúde, detém o controle sobre as atividades de engenharia genética, como ocorre com a regulação de agrotóxicos (MACHADO, 2004).

Em 20 de dezembro de 1995, foi publicado o Decreto n° 1.752 que teve por finalidade regulamentar a Lei n° 8974/95 e dispor sobre a vinculação, competência e composição da CTNBio (CASTRO e PORTUGAL, 2001). As competências da CTNBio foram descritas no artigo 2º deste decreto, sendo as de maior destaque (FUKUMA, 2003):

- propor a Política Nacional de Biossegurança – PNB (não apenas em relação aos OGMs)

- propor o Código de Ética de Manipulações Genéticas;

- estabelecer normas e regulamentos inclusive para comercialização e consumo de OGMs;

- estabelecer mecanismos de funcionamento das CIBios, obrigatórias em todas as instituições que se dediquem ao ensino, pesquisa, desenvolvimento e utilização das técnicas de engenharia genética aplicada a OGMs;

- emitir parecer técnico sobre projetos relacionados a OGMs do Grupo II (patogênicos), bem como parecer técnico prévio conclusivo sobre qualquer liberação prévia de OGM no meio ambiente e exigir como documento adicional, se entender necessário, o EIA e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) de projetos

[9] Estabelecem obrigações de preservação da diversidade e da integridade do patrimônio genético do País, além de fiscalização de entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material e de controle de produção, comercialização e emprego de técnicas que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente.

que envolvam a liberação no meio ambiente, além das exigências específicas para o nível de risco aplicável;

- emitir, por solicitação do proponente, o CQB referente às instalações destinadas a qualquer atividade ou projeto que envolva OGMs ou derivados.

O estatuto da CTNBio foi aprovado através da Resolução n° 03 de 30 de outubro de 1996, detalhando aspectos de seu funcionamento, incluindo os mandatos de seus membros, as Comissões Setoriais Específicas para apoiar tecnicamente os órgãos de fiscalização de ministérios em assuntos pertinentes à CTNBio e as competências da Secretaria Executiva.

Com tantas atribuições e responsabilidades, a atuação da CTNBio passou a ser atentamente monitorada por vários segmentos da sociedade, sendo questionadas várias de suas decisões, surgindo controvérsias sobre a competência da CTNBio na prática de atos que parecem invadir a esfera de atuação de outros órgãos.

Visando melhor definir alguns pontos de aparente pouca clareza na Lei de Biossegurança, foram editadas as Medidas Provisórias n° 2.137 em 28 de dezembro de 2000 e n° 2.191-9 em 23 de agosto de 2001, acrescentando à Lei n° 8974/95 vários artigos e estabelecendo que os pareceres emitidos pela CTNBio não pudessem deixar de ser reconhecidos, nem modificados por outros órgãos da administração pública. Através destas MPs, o Governo Federal recriou a CTNBio com efeito retroativo, instituindo-a como órgão técnico normativo, consultivo e de assessoramento ao Governo Federal em relação à pesquisa e desenvolvimento da biotecnologia no País.

Desde sua criação, a CTNBio estabeleceu uma série de instruções normativas para o gerenciamento e normatização do trabalho com engenharia genética e liberação no ambiente

de OGMs em todo o território brasileiro, sendo merecedoras de destaque as relacionadas à segurança alimentar (FUKUMA, 2003):

- Instrução Normativa n° 03 referente à liberação planejada no meio ambiente de OGM (1996);

- Instrução Normativa n° 10 referente a liberações no meio ambiente de OGMs anteriormente aprovados pela CTNBio (1998);

- Instrução Normativa n° 17 referente à importação, comercialização, transporte, armazenamento, manipulação, consumo, liberação e descarte de produtos derivados de OGMs (1998);

- Instrução Normativa n° 20 referente às normas de segurança alimentar de plantas GMs ou de suas partes (2001).

Até setembro de 2003, a CTNBio já havia autorizado diversos processos para plantios agrícolas em escala experimental e credenciado cerca de 130 instituições públicas e privadas para desenvolverem atividades com OGMs. Em escala comercial, o único processo aprovado[10] pela CTNBio foi o da soja RR da Monsanto em 1998. A CTNBio dispensou a exigência de EIA-RIMA para a soja, por julgar que não existia razão científica para se suspeitar de qualquer risco de efeito adverso para o ecossistema brasileiro, devido as suas características de autofecundação e devido ao gene de tolerância ao herbicida não oferecer riscos para o meio ambiente, pois não altera a habilidade das plantas colonizarem ou invadirem o meio ambiente (BORÉM e RAMALHO, 2002).

Logo após a publicação do parecer favorável da CTNBio à liberação comercial da soja RR, o Instituto de Defesa do Consumidor – IDEC propôs ação cautelar que foi deferida nos

[10] Processo n° 01200.002402/9860.

autos em 18 de junho de 1999. Em sua primeira parte, considerava procedente a ação para condenar a União Federal e exigia da Monsanto a realização de EIA para plantio comercial da soja RR. Em sua segunda parte, condenava a União Federal a exigir da CTNBio, no prazo de 90 dias, a elaboração de normas relativas à segurança alimentar, comercialização e consumo dos alimentos transgênicos (FUKUMA, 2003).

Apesar de toda a legislação existente, regulamentando e autorizando o uso da biotecnologia no País, o plantio e comercialização de OGMs ficou suspenso em 1998, por força de uma decisão judicial (CASTRO e PORTUGAL, 2001). Entretanto, a despeito da proibição de plantio de OGMs em virtude da decisão judicial vigente, agricultores do sul do País plantaram soja transgênica.

Com a adoção ilegal dos agricultores brasileiros ao plantio de soja transgênica, o Governo Federal acabou sendo forçado a modificar definitivamente o cenário jurídico em que foi prolatada a sentença judicial que versava sobre a liberação da soja transgênica.

2.4.2.1 MUDANÇAS NA POLÍTICA GOVERNAMENTAL

Em 2002, começaram a se tornarem visíveis as mudanças na política relativa à biossegurança, com a constituição da Comissão de Biossegurança em Saúde (CBS) pelo Ministério da Saúde (Portaria n° 343, MS, 19/02/2002, sendo que o regimento interno foi aprovado por meio da portaria n° 278/GM em 22 de fevereiro de 2005). Destacam-se as seguintes atribuições desta comissão (CARDOSO e SCHATZMAYR, 2003):

- participar e acompanhar, nos âmbitos nacional e internacional, da elaboração e da reformulação de normas de biossegurança - instrumentos legais que deverão ir além dos atuais, contemplando não apenas os OGMs, mas o conjunto dos riscos biológicos;

- proceder o levantamento e a análise das questões referentes à biossegurança, visando identificar seus impactos e suas correlações com a saúde humana;

- propor estudos para subsidiar o posicionamento do Ministério da Saúde na tomada de decisões sobre temas relativos à biossegurança.

Devido ao volume considerável da safra de soja transgênica de 2002/2003, o governo federal editou a Medida Provisória - MP n° 113 em 27 de março de 2003, transformada na Lei n° 10.688 em 13 de junho de 2003, de modo a evitar o prejuízo estimado em um bilhão de reais com a incineração da safra ilegal. Foi liberada a comercialização desta safra para consumo interno e externo, a qual não estaria sujeita às exigências da Lei n° 8.974/95. A comercialização deveria ocorrer até 31 de janeiro de 2004 com rotulagem obrigatória e ser incinerada após esta data.

Como a PNB não havia sido definida até o início do plantio da safra seguinte - 2003/04, o governo assinou uma nova MP n° 131 em 25 de setembro de 2003, transformada na Lei n° 10.814 e sancionada em 15 de dezembro de 2003 para liberar o plantio, até 31 de dezembro de 2003, das sementes de soja modificadas da safra 2002/03 guardadas pelos agricultores para uso próprio. Foram estabelecidas normas para o plantio e a comercialização; as sementes não podiam ser comercializadas ou semeadas fora do estado em que haviam sido produzidas e restringia o período de comercialização da soja transgênica colhida até 31 de dezembro de 2004. Depois disso, o estoque deveria ser incinerado, com completa limpeza dos espaços de armazenagem para recebimento da safra 2005. A iniciativa favorecia cerca de 150 mil pequenos produtores rurais do Rio Grande do Sul, que já plantavam sementes de soja transgênica e também produtores de outros estados (http:// www.camara.gov.br, 29/09/2003).

Por meio desta lei, ficou estabelecido que os agricultores que plantassem sementes transgênicas deveriam assinar um Termo de Compromisso, Responsabilidade e Ajustamento

de Conduta (TAC), de modo a não serem prejudicados em relação a benefícios fiscais e obtenção de empréstimos.

As MPs editadas foram criticadas por desrespeitar o Princípio da Precaução, quanto a utilização de descobertas científicas, e por terem sido criadas, exclusivamente, para solucionar o problema do plantio ilegal de sementes de soja transgênica no Brasil. A Lei n° 10.184/03 que regulamentou a MP n° 131, feriu algumas importantes leis como a Lei de Sementes, pois autorizou o plantio de sementes piratas não registradas no SNPC (Serviço Nacional de Proteção de Cultivares); a Lei de Patentes, pois transfere ao agricultor a responsabilidade de arcar com o ônus decorrente da cobrança de royalties pelo plantio de sementes clandestinas de soja GM; a Lei Ambiental, pois passa por cima da decisão judicial que exige estudo de impacto ambiental para essa soja no país; e a Lei de Agrotóxico, pois ao mesmo tempo em que a Lei n° 10.184/03 tira a semente da ilegalidade, coloca nesta situação o herbicida glifosato empregado na soja GM - sem registro no Brasil para ser usado nas partes aéreas (folhas e ramos) da soja resistente a este herbicida (GUERRANTE, 2003 a).

A Lei n° 10.184/03 não liberava por definitivo o plantio de transgênicos, nem a seguinte, a Lei n° 11.092, de 12 de janeiro de 2005 que regulamentou a MP n° 223, de 14 de outubro de 2004, para estabelecer normas para o plantio e comercialização da produção de soja GM da safra de 2005. Esta questão foi objeto do Projeto de Lei de Biossegurança, PL 2.401/03, elaborado em caráter de urgência, visando estabelecer normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam OGMs e seus derivados. O PL 2.401/03, resultado do conselho interministerial criado em fevereiro de 2003, aprovado na Câmara e enviado ao Senado em janeiro de 2004, foi uma tentativa de harmonização das diversas leis envolvidas até então desde a pesquisa até a comercialização de plantas GMs no Brasil, considerando inclusive OGM biopesticida (CIBELLE, 2004):

- Lei Ambiental - Lei n° 6.938/81.

  . Lei n° 10.165/2000 (taxas e anexo que classifica atividade);

  . Resolução CONAMA[11] n° 305/2002 e Instruções Normativas (IN) do IBAMA.

- Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 – Art. 225[12].

- Lei de Agrotóxicos - Lei n° 7.802/1989.

  . Decreto n° 4.074/2002;

  . 3 normas específicas para regular a concessão do Registro Especial Temporário – RET/OGM – IN conjunta MAPA[13]/ANVISA[14]/IBAMA n° 02/2002; IN n° 24/2002 do IBAMA e RDC n° 57/2002 – ANVISA.

- Lei de Biossegurança - Lei n° 8.974/95.

  . Decreto n° 1.752/95, que regulamentou esta lei;

  . 20 normas específicas da CTNBio (1996 a 2002).

  . MP n° 2.191-9, de 23 de agosto de 2001 que acresce e altera dispositivos da Lei n° 8.974/95.

  . Decreto de Rotulagem n° 4.680, de 24 de abril de 2003 e IN n° 1 de 01 de abril de 2004.

[11] Conselho Nacional do Meio Ambiente
[12] Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.
[13] Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
[14] Agência Nacional de Vigilância Sanitária

. Lei n° 10.688/03, para regular a comercialização da safra 2002/03 de soja transgênica.

. Lei n° 10.814/03, para regular o plantio da safra 2003/04 de soja transgênica.

- Legislação sobre Patrimônio Genético – MP n° 2186-16 de 23 de agosto de 2001.

. Regulamenta o inciso II do § 1o e o § 4o do art. 225 da Constituição, os arts. 1o, 8o, alínea "j", 10, alínea "c", 15 e 16, alíneas 3 e 4 da Convenção sobre Diversidade Biológica, dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e transferência de tecnologia para sua conservação e utilização, e dá outras providências.

O PL 2.401/03 foi aprovado, tendo sido os seguintes os principais pontos e problemas do projeto (CIBELLE, 2004):

- Tratamento diferenciado entre pesquisa e comercialização.

- Competência exclusiva da CTNBio para decidir sobre as pesquisas com OGM no País, inclusive do ponto de vista ambiental.

- Composição da CTNBio alterada de 18 para 26 integrantes, com acréscimo de dois cientistas, um representante da Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca e cinco representantes da sociedade civil, visando recuperar sua credibilidade. Além número de cientistas ser considerado pequeno, a questão do caráter deliberativo só ser exclusivo do órgão no caso da pesquisa ou comercialização de um produto não preencher os quesitos de segurança necessários foi bastante criticado pela sociedade científica.

- Criação do CNBS - Conselho Nacional de Biossegurança, para deliberação dos casos de parecer favorável. Foi considerado elevado o número de ministros do conselho.

- Análises de liberações comerciais de OGM deverão ser submetidas aos demais órgãos envolvidos, cabendo a decisão final ao CNBS. O fluxo de processos para liberação comercial de OGMs foi considerado confuso e indefinido na lei.

- Criação da CIDE[15]- OGM.

- Fim da exigência de RET para OGM com características biopesticidas. Foi apontado também como um ponto problemático.

- Inclusão na mesma lei de questões relativas a células-tronco.

A aprovação definitiva do Projeto de Lei de Biossegurança, PL 2.401/03, ocorreu através da promulgação da nova Lei de Biossegurança, Lei n° 11.105 publicada em 28 de março de 2005, com alguns vetos que não alteraram definitivamente o substitutivo do Senado aprovado pela Câmara dos Deputados.

2.4.2.2 A LEI DE BIOSSEGURANÇA N° 11.105/05

A nova Lei de Biossegurança n° 11.105/05 é considerada um marco histórico na história da pesquisa e comercialização de OGMs. A redação do texto baseou-se em padrões já adotados no mundo e que seguem dois modelos básicos. Em um dos modelos, adotado na Argentina e na Comunidade Européia, as decisões são centralizadas num único órgão multidisciplinar. No outro modelo, adotado nos EUA, somente os órgãos dos ministérios, tais como FDA (alimentação), USDA (agricultura) e EPA (ambiente) regulam as atividades com transgênicos. Entre estes dois modelos, a nova lei de biossegurança brasileira fez a opção pela

forma de um único órgão multidisciplinar, a CTNBio, acabando com a duplicidade de órgãos que analisam a segurança do OGM. Numa segunda instância de decisão, após o parecer da CTNBio, são analisados a conveniência e a oportunidade socioeconômicas sobre a comercialização. Este modelo com duas instâncias é adotado na China (ROMANO, 2005).

A CTNBio foi reestruturada, com modificações das suas atribuições, e foi criado o CNBS, para as análises em segunda instância. A CTNBio passou a ser consultiva e deliberativa e, em caso de parecer favorável, a atribuição do parecer final é do CNBS, formado por 12 ministros de estado. Por introduzir exigências de consulta a órgãos legais, tanto para pesquisa quanto para produção e comercialização, a comunidade científica teme que as pesquisas científicas no país sejam afetadas por decisões políticas. A dispensa de licenciamento ambiental para liberação da comercialização dos OGMs e as disposições relativas às células-tronco complementam as questões polêmicas relativas a esta nova lei.

Além de estabelecer normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam OGMs e seus derivados, compatibiliza pontos de conflito entre as legislações ambiental, a de biossegurança e a de agrotóxicos e inova ao criar o SIB – Sistema de Informações em Biossegurança. O SIB tem como atribuições a gestão de informações das atividades de análise, autorização de registro, monitoramento e acompanhamento das atividades que envolvam OGMs e derivados.

Em resumo, a nova Lei de Biossegurança (1) manteve as análises caso-a-caso; (2) tornou a CTNBio mais especializada (todos seus componentes deverão ter título de doutor); (3) transformou o processo decisório mais transparente, porque há a possibilidade de serem realizadas audiências públicas e porque foi criado o Sistema de Informação e Biossegurança; (4) aumentou a possibilidade de controle social nas decisões da CTNBio, porque haverá, na

[15] Contribuição de Intervenção do Domínio Econômico.

sua composição, a participação de especialistas indicados pelas sociedades civis organizadas; (5) criou o CNBS, acrescentando mais uma instância no processo de liberação dos transgênicos para uso comercial, além da decisão da CTNBio, que utiliza a Equivalência Substancial e a Avaliação de Risco Ambiental (instrumento utilizado para garantir o Princípio da Precaução); (6) deu agilidade à autorização para pesquisa com transgênicos e com células tronco embrionárias, garantindo nossa soberania tecnológica; (7) evitou o risco de a CTNBio decidir por maioria dos membros presentes à reunião; e (8) garantiu maior segurança à sociedade, porque manteve a exigência de instalação das Comissões Internas de Biossegurança e proibiu a utilização de genes que causem esterilidade (PEDROSO, 2005).

O CNBS foi instalado em 27/05/2005. Além da decisão final dos casos de liberação do cultivo de sementes GMs no país, o Conselho deve assessorar o presidente da República na formulação e implementação da PNB (Ambiente Brasil Notícias – 27/05/05).

Os ambientalistas não concordaram com o fato da lei dispensar o licenciamento ambiental, passando essa atribuição a CTNBio, considerando-a inconstitucional (Agência Câmara, 29/03/2005).

Em 9/05/2005, o MAPA criou o seu próprio Comitê de Assessoramento em Biossegurança – o CABio. As atribuições do Comitê vão desde o acompanhamento de temas relacionados aos OGMs e seus derivados, à assessoria para formulação, atualização e implementação da PNB, nos posicionamentos oficiais do ministério junto à CTNBio e ao CNBS (Ambiente Brasil Notícias, 10/05/2005).

A regulamentação da nova Lei de Biossegurança só foi feita em 22 de novembro de 2005, por meio do Decreto 5.591. Com a demora da regulamentação, a CTNBio foi desfeita em agosto de 2005, ficando paralisados mais de 390 processos, desde liberações comerciais até estudos acadêmicos (O Estado de São Paulo, 24/08/2005).

Em novembro de 2005, a CTNBio foi reestruturada, mas até dezembro de 2006 nenhum pedido de liberação comercial para alimento transgênico foi dada (agência Brasil, 16/12/06). A mudança no sistema de votação da Comissão deve ser mais uma vez alterada, passando de maioria simples para maioria absoluta, com base nas modificações à Lei de Biossegurança aprovadas por meio da MP 327/06 em 20/12/06 na Câmara dos Deputados. Além deste ponto, a MP trata, também, da liberação comercial de uma variedade de algodão transgênico ainda não aprovada pela CTNBio, que já foi plantado e colhido e a permissão do cultivo de transgênicos nas zonas de amortecimento de unidades de conservação(UC)[16].

Além da criação do CNBS e da reestruturação da CTNBio, a dispensa de licenciamento ambiental para liberação da comercialização dos OGMs e as disposições relativas às células-tronco complementam as questões polêmicas relativas a esta nova lei. Apesar disso, a lei representa avanços na aplicação da biotecnologia para fins agrícolas, além das pesquisas relativas às células-tronco embrionárias.

2.4.2.3 POLÍTICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA

Uma das funções primordiais da CTNBio, na época da sua criação, era propor a PNB (inciso II do artigo 1º - D da Lei n° 8.974/95), sendo esta atribuição fundamental e estratégica para a implementação de uma biotecnologia sustentável. Porém, por problemas diversos relativos à falta de diretrizes e à forma inadequada de elaboração de instruções normativas, a PNB jamais foi elaborada pela CTNBio. Atribui-se à ausência da mesma os vários problemas nos rumos da biossegurança e, por conseguinte, na biotecnologia do país. (NODARI, GUERRA e VALLE, 2002).

[16] A unidade de conservação é um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

A PNB foi o tema central do I Encontro Nacional de Comissões Internas de Biossegurança realizado entre 19 e 21 de novembro de 2002 em Londrina - Paraná, resultando na Declaração de Londrina. Esta declaração foi firmada pelos participantes do evento (membros e presidente da CTNBio, representantes dos governos federal, estadual e municipal, dos consumidores e do segmento empresarial da biotecnologia) com o compromisso de ser divulgada para promover o debate pela sociedade sobre a adequada regulamentação da ciência e da tecnologia no campo da engenharia genética no Brasil.

Em 21 de fevereiro de 2003, foi editado o Decreto n° 4.602 com o objetivo de instituir uma Comissão Interministerial para avaliar a PNB. Este decreto preconiza o Princípio da Precaução, o aprofundamento, a análise e a avaliação dos impactos de OGMs sobre a economia, a saúde e o meio ambiente.

A formulação e implementação da PNB ficaram a cargo do CNBS, conforme estabelecido no Decreto 5.591/05, que regulamentou a nova Lei de Biossegurança n° 11.105/05. Entretanto, até o momento, o CNBS não possui um regimento interno e não elaborou a PNB (ANBIO, 2006).

2.4.2.4 ROTULAGEM

O direito à informação, assegurado pela Lei n° 8.078/90 (Código de Defesa do Consumidor), quanto aos alimentos e ingredientes alimentares que contenham ou que sejam produzidos a partir de OGMs, foi regulamentado pelo decreto n° 4.680/03, sem prejuízo do cumprimento das demais normas aplicáveis, revogando o decreto n° 3871, de 18 de julho de 2001, menos rígido por questões comerciais.

Pelo Artigo 2º do decreto n° 4.680/03, ficou estabelecido que na comercialização de alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano e animal que contenham

ou que sejam produzidos a partir de OGMs, com presença acima do limite de 1% (um por cento) do produto (pelo decreto n° 3.871, este percentual era de 4%), o consumidor deverá ser informado da natureza transgênica desse produto. Ainda, segundo este artigo, as expressões "pode conter soja transgênica" e "pode conter ingrediente produzido a partir de soja transgênica", deverão estar contidas no rótulo, independente do percentual da presença de soja transgênica, a partir da safra de 2003. Juntamente com as referidas expressões, deve constar no rótulo o símbolo "T", representado por um T dentro de um triângulo amarelo, conforme definido pela portaria n° 2.658 de 22 de dezembro de 2003, pelo Ministério da Justiça.

Os procedimentos complementares para aplicação do decreto n° 4.680/03 foram definidos pela Instrução Normativa n° 1 de 01 de abril de 2004, de modo a dar início à fiscalização dos OGMs, desde a informação em nota fiscal dos produtores que assinaram o termo de compromisso relativo ao plantio da soja transgênica, a devida rotulagem dos alimentos e bebidas, incluindo rações animais e farelo que contenham soja, até a fiscalização da entrada da soja transgênica nos portos e nas fronteiras (SILVEIRA, 2004).

As informações necessárias aos rótulos indicam claramente a necessidade de metodologias confiáveis de detecção e quantificação de OGMs em grãos e alimentos. Deste modo, metodologias vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas para garantir o cumprimento da legislação e padronização dos resultados (MARCELINO, 2006). Ainda, são necessários procedimentos para rastreabilidade de cada etapa do processo de produção para verificação da presença de transgenes, desde a fase de plantio até a comercialização.

Por acarretar em aumento de custos de produção, na possibilidade de aumento do preço final do produto, e em entraves comerciais com os EUA (que não ratificou o Protocolo de Cartagena), o prazo para implementação da rotulagem foi prorrogado para 2012, conforme definido na última reunião das partes MOP 3.

2.4.2.5 OUTRAS DISCIPLINAS

A partir do cultivo ilegal da soja transgênica no Rio Grande do Sul, tem sido freqüente o estabelecimento de novas diretrizes para disciplinar a produção, o beneficiamento e a comercialização de sementes GM, bem como para orientar a fiscalização do cumprimento das legislações.

Por exemplo, a produção e o uso de sementes no Brasil passaram a ser disciplinados pela nova Lei de Sementes e Mudas, Lei n° 10.711, promulgada em 05 de agosto de 2003 e regulamentada pelo decreto n° 5153 de 23 de julho de 2004. Para incentivar o uso de sementes certificadas e fiscalizadas, visando melhorar a produtividade das lavouras transgênicas, foi estabelecido programa federal (programa troca-troca, a exemplo do que já existe para o milho convencional), por meio do decreto n° 5.891 de 12 de setembro de 2006; o decreto autoriza os produtores do Rio Grande do Sul a trocarem os grãos próprios de soja transgênica por sementes certificadas e fiscalizadas e veda a comercialização ou uso próprio, como semente, dos grãos de soja transgênica obtidos a partir do plantio da próxima safra[17]. O decreto também prorroga para a safra 2006/2007 a autorização para o plantio de soja GM tolerante a glifosato com grãos próprios do produtor do Rio Grande do Sul, sendo vedada nova prorrogação.

Foram estabelecidas normas para prevenção de riscos de contaminação gênica, tais como o estabelecimento de áreas de refúgio, rotação com culturas não transgênicas e isolamento espacial e temporal, além de ser exigido informar toda a composição genética da planta, antes e depois da modificação: por meio da portaria do MAPA, n° 437 de 21 de outubro de 2005, foram definidos os municípios brasileiros autorizados a plantar algodão

[17] Como existe disponibilidade de semente certificada para o plantio de 2/3 da área cultivada com soja no RS (cerca de 4 milhões de hectares), o governo autorizou os produtores a utilizar grãos próprios de soja transgênica para o plantio da safra 2006/2007, reconhecendo que poderão faltar sementes certificadas em algumas áreas de plantio de soja no Estado.

transgênico e as zonas de exclusão[18] para as sementes transgênicas de algodão, conforme zoneamento realizado pela EMBRAPA[19]. Em 01 de novembro de 2006, o governo federal editou a MP n° 327, proibindo a pesquisa e o cultivo de OGMs nas áreas de UC. Com esta MP é disciplinada uma distorção da nova lei de biossegurança que disciplinava apenas o plantio de soja GM nas UCs e entorno, silenciando sobre os demais OGMs. A MP 327/06 prevê que, enquanto os planos de manejo da UC não forem aprovados, fica vedado o plantio da soja GM numa área de 500 metros no entorno das UCs e, no caso do algodão, duas faixas foram estabelecidas: se houver registro de parentes silvestres ou ancestral do algodão na área da UC, o limite será de 5 mil metros; se não houver registro, o limite será de 800 metros. A definição dessas faixas levou em conta o potencial de contaminação da biodiversidade existente na UC.

2.4.3 LEGISLAÇÃO ESTRANGEIRA

Legislação Européia

Os países da União Européia (UE) incorporam o Princípio da Precaução no seu modelo regulatório e estabeleceram duas diretivas para avaliação de riscos de produtos GMs:

- Diretiva 219/90 – estabelece os procedimentos para avaliação de riscos de OGMs em contenção (em áreas contidas: laboratórios, casas de vegetação e ambientes fechados controlados);

- Diretiva 220/90 – atualizada pela Diretiva 2001/18, que estabelece os procedimentos para avaliação de riscos de OGMs quando liberados no meio ambiente.

Ambas diretivas visam fornecer instrumentos para uma análise caso a caso de modo a permitir a segurança para a saúde humana e ambiental, ressaltando-se que não têm por

[18] Nordeste, Amazônia e faixas onde há remanescentes da Mata Atlântica, sendo liberado no Cerrado.

objetivo criar mecanismos de impedimento ao desenvolvimento da tecnologia. As diretivas européias são internalizadas por cada país membro que estabelece o *modus operandi* para que se dê a análise de risco caso a caso de cada OGM. Por exemplo, no Reino Unido, o Comitê Consultor para Liberações no Meio Ambiente (ACRE, da sigla em inglês) é o responsável por proceder a análise de risco para cada OGM, antes dele ser liberado no meio ambiente, e onde participam apenas cientistas. Este comitê é vinculado ao DEFRA (Department of Environment, Food and Rural Affairs), que é o órgão governamental da Inglaterra. As primeiras medidas com relação à rotulagem de alimentos derivados da biotecnologia na UE ocorreram em 1997 (ANBIO, 2003 a).

As primeiras regras estabeleciam que a rotulagem deveria indicar modificações de características e propriedades passíveis de comprovação através de análises, seu método de obtenção e características, além da informação sobre composição, valor nutricional ou seus efeitos, intenção de uso, implicações à saúde, problemas éticos e presença de OGMs. Em setembro de 1998, a UE estabeleceu uma legislação específica e obrigatória para produtos derivados de soja e milho GMs que contivessem quantidades de um "novo" DNA ou proteína possíveis de serem detectadas.

A regulamentação de 1998 foi alterada em 2000, pela Comissão Européia, que reconheceu que não poderia excluir a possibilidade de presença acidental de OGMs, ocorridas durante cultivo, colheita, transporte ou armazenamento. Com a nova regulamentação, a Comissão passou a solicitar que os fabricantes provassem que a matéria-prima não era derivada de produtos originados da biotecnologia e que a presença acidental desses ingredientes não poderia exceder 1%. A partir deste limite, a rotulagem é obrigatória. Uma

[19] No caso do algodão, deverão ser mantidos cinturões com variedade comum em volta das plantações de transgênicos e os algodoeiros terão de ser retirados até a raiz na época da colheita.

nova legislação européia, de abril de 2004, exige etiquetagem específica de OGM apenas quando a sua presença num produto for igual ou superior a 0,9 %.

Em julho de 2003, o Parlamento Europeu aprovou as mais rígidas e abrangentes regras no mundo para rotulagem e rastreabilidade de OGMs. As novas regras da UE devem possibilitar que os consumidores exerçam seu direito de rejeitar alimentos que contêm OGMs. Os produtos fabricados a partir de matéria-prima transgênica devem exibir no rótulo uma advertência, e os alimentos importados devem informar também sua história genética. Com a nova legislação, os produtos nos quais não é possível detectar a presença de OGMs, como os óleos vegetais, também devem ser rotulados. Além disso, os países da comunidade européia terão agora autonomia para limitar o plantio de transgênicos. A UE decidiu adotar uma legislação progressiva, que facilita o desejo do mercado de identificar e excluir ingredientes GMs.

Também em julho de 2003, a Comissão Européia adotou uma recomendação que estabelece orientações para a definição de estratégias e normas de boa prática nacionais, para assegurar a coexistência de cultivos GMs com plantios convencionais e orgânicos, a fim de apoiar os Estados-Membros na definição de estratégias nacionais, legislativas ou de outro tipo, em matéria de coexistência. A maior parte dos Estados-Membros ainda está na fase de desenvolvimento das respectivas abordagens nacionais, sendo que, até ao final de 2005, só foi adotada legislação específica aplicável à coexistência em 4 Estados-Membros (Alemanha, Dinamarca, Portugal e seis dos *länder* austríacos). Ainda será necessário definir e aplicar programas de acompanhamento que permitam verificar a eficácia e a viabilidade econômica das medidas adotadas (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2006).

Legislação Americana

Nos EUA qualquer novo produto a ser testado e posteriormente comercializado deve passar por análise de três órgãos do governo, conforme o caso (ANBio, 2003 a):

- APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service) – é vinculado ao Ministério da Agricultura dos EUA (USDA) que é responsável pela avaliação dos riscos para saúde animal e para agricultura;

- FDA (Food and Drug Admnistration) – responsável pela análise de risco de produtos sob o aspecto da saúde humana;

- EPA (Environmental Protection Agency) – responsável pela análise de risco de produtos sob o aspecto ambiental.

Independente da tecnologia utilizada para produção, produtos que possam vir a apresentar possíveis riscos para a saúde humana, animal ou ambiental devem ser aprovados por estes três órgãos.

A política de rotulagem de alimentos, atualmente em vigor nos EUA, estabelece que os alimentos derivados de biotecnologia devam ser rotulados se a composição ou valor nutricional do produto possuir uma diferença significante em comparação ao seu similar convencional, ou se apresentar risco à saúde. A FDA também exige a rotulagem se o alimento GM possuir material genético derivado de substâncias alergênicas, a menos que as pesquisas mostrem que não há risco de alergia.

Legislações dos Países da América Latina

Na América Latina existe uma grande variedade de sistemas de regulação, até mesmo em países nos quais não existe qualquer mecanismo de regulação. A Lei de Biossegurança nº. 8974/95 serviu de modelo para formulação das legislações dos países da América Latina tais

como Cuba, Colômbia, Venezuela e Uruguai. Apesar da maioria dos países possuir mecanismos formais de regulação, somente a Argentina, até 2002, já havia realizado liberações em escala comercial de soja, mandioca e algodão transgênicos (TRIGO *et al*., 2002).

Argentina

A Argentina foi a pioneira em criar uma regulamentação para OGMs. A Argentina dispõe, desde 1991, de um marco regulatório para a análise e gestão dos riscos associados com os ensaios de campo e para a autorização para cultivos extensivos de OGMs. Esta normativa é administrada pela Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria – CONABIA – que é uma comissão multidisciplinar de expertos que assessora o Secretário de Agricultura, Ganaderia, Pesca y Alimentación, justamente em temas de biossegurança referentes ao impacto dos OGMs no meio ambiente da Argentina.

Embora a avaliação da CONABIA refira-se, prioritariamente, à biossegurança ambiental, a análise de risco que esta Comissão realiza também inclui um rigoroso e exaustivo exame do OGM, desde a perspectiva da sua utilização como matéria prima alimentar. Ainda, leva muito em conta os resultados já obtidos no exterior.

A CONABIA apresenta um caráter misto com representação ampla de segmentos da sociedade. Seu papel legal é somente a análise técnica dos pleitos que lhe são submetidos e suas decisões são consensuais.

O arcabouço legal argentino constitui-se de normas preexistentes, sendo a análise de pleitos feita caso a caso. A Argentina não considera o processo de construção genética para análise das solicitações e possui rigoroso controle para monitoramento "in loco". A legislação contempla parâmetros próprios para garantir o isolamento de cada cultura (milho, girassol, algodão, colza e trigo). São apontados os seguintes êxitos da política argentina: ganhos de

experiência de CONABIA, processos operativos ágeis, vários intercâmbios entre países e difusão de critérios de biosseguranças (CTNBio, 1999).

A Argentina considera que o país possui uma série de pendências para colocação de produtos transgênicos no mercado, visando a melhor aceitação dos consumidores e para harmonização dos critérios de biossegurança a nível regional, bilateral e internacional.

Outras instâncias que devem percorrer os OGMs para se transformar em matérias-primas aceitas para uso alimentar incluem: a determinação da aptidão para o consumo alimentar (realizada pelo Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria – SENASA), e a avaliação do impacto que a produção do OGM em questão pode ter sobre as exportações (responsabilidade da Direção Nacional de Mercados Agroalimentares).

Até 2002, mais de 500 ensaios de campo foram realizados envolvendo mandioca, soja, algodão, girassol, batata, canola, trigo e arroz, com liberações em escala comercial de soja, mandioca e algodão (TRIGO, 2002).

Chile

No Chile, já houve solicitações para liberação em campo de milho, soja, canola, melão, tomate e beterraba. A legislação chilena contempla a análise caso a caso e a avaliação de risco para autorização de plantio em campo e contempla os seguintes pontos: alterações negativas para diversidade biológica; perda de recursos genéticos; alelopatia; alterações de flora e fauna do ecossistema; características do receptor; característica do doador; vetor; interações do meio ambiente e OGM (CTNBio, 1999).

Não existe normalização exclusiva para transgênicos e um estudo está sendo desenvolvido com vistas a um projeto normativo, considerando experiências prévias em outros países. O país possui capacidade técnica instalada, porém necessita ainda de "know

how" em transgênicos. A sociedade chilena está começando a receber informações sobre transgênicos e formando sua opinião.

2.4.4 A BIOÉTICA E A BIOSEGURANÇA EM MEIO AMBIENTE

A principal razão para que a Bioética viesse a ocupar lugar de tão grande destaque na atualidade foi, indubitavelmente, decorrente da acelerada evolução científica e tecnológica experimentada pelas ciências biológicas e da saúde. A legislação que instituiu a CTNBio pretendeu inserir o exame de aspectos éticos no âmbito das competências do seu colegiado e a CTNBio representa no âmbito federal aquilo que pode ser chamado de “vertente biogenética” da Bioética (FERNANDES JR., 2002).

O conflito gerado pela introdução dos cultivos transgênicos no Brasil tem sido analisado a partir de um enfoque bioético. Considera-se que o controle caso a caso deve se dar em patamar diferente dos planos científicos e tecnológicos que é o controle ético. A ética serve como instrumento preventivo e prudencial contra abusos atuais e futuros que venham trazer lucros abusivos para poucos, em detrimento do alijamento e do sofrimento da maioria da sociedade (GARRAFA, 2000).

O termo Bioética foi criado em 1971 pelo médico oncologista norte-americano Dr. Van Rensselaer Potter em seu livro: “Bioética: Ponte para o Futuro”, estabelecendo uma ligação entre os valores éticos e os fatos biológicos. Na concepção de Potter, bioética possuía um conceito muito mais amplo que o atual; estabelecia uma relação de equilíbrio e harmonia entre os homens e o ecossitema do planeta. Tratava-se de um compromisso global de buscar o progresso, porém, sempre protegendo o meio ambiente (MELO, 2002).

Atualmente, a Bioética tem compreensão e abrangência diversa daquelas dos anos 70, quando o neologismo foi proposto. Bioética não é mais apenas a junção de bio (vida) e ética,

representando uma idéia simples ao mau uso dos avanços da biotecnologia. Bioética implica em ética das ciências da vida e do meio ambiente, em visão multi e, sobretudo, transdisciplinar. A sua elaboração é progressiva e construída a partir da constante observação e experiência. A sociedade do terceiro milênio terá a necessidade de criar novas regras e novas leis para disciplinar as relações familiares e sociais determinadas pela nova biotecnologia (COSTA, 2001).

Ainda, considera-se a Bioética como sendo a ética aplicada às questões da saúde e da pesquisa em seres humanos, ou seja, é a Ética da Vida (CAMARGO, 1995).

Com o avanço da biotecnologia, a aplicabilidade dos procedimentos empregados na investigação científica precisa ser avaliada cuidadosamente em função dos riscos associados, considerando não somente as questões científicas como também as éticas. A Bioética vem se configurando como importante movimento no sentido da reflexão crítica e da busca por caminhos eticamente sustentáveis (TELLES, 2003).

A Bioética é também uma disciplina voltada para o Biodireito e para a legislação com a finalidade de garantir mais humanismo nas ações e relações médico-científicas. É importante ressaltar a diferença entre Bioética e Biodireito: enquanto a Bioética é um ramo da filosofia, o Biodireito representa um micro-sistema jurídico que trabalha com os avanços da biomedicina e da biotecnologia e com suas repercussões no mundo jurídico (MELO, 2002).

A relação da Bioética com o Biodireito surge da necessidade do jurista obter instrumentos eficientes para propor soluções para os problemas que a sociedade tecnológica cria, em especial no atual estágio de desenvolvimento, no qual a biotecnologia desponta como a atividade empresarial que vem atraindo mais investimentos.

Além da CTNBio, outra comissão que trata de “aspectos atinentes à Bioética” e trouxe a Bioética para o cenário da pesquisa no Brasil é a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, criada a partir da resolução 196/96 e vinculada ao Conselho Nacional de Saúde – CNS do Ministério da Saúde. Os princípios bioéticos de respeito à autonomia do sujeito da pesquisa, de beneficência, de não-maleficência e de justiça são referências para a análise de cada projeto de pesquisa e fundamentam os mecanismos pelos quais se dá a defesa da dignidade da pessoa humana (TELLES, 2003).

Ainda, vem sendo discutida, desde a realização do VI Congresso Mundial de Bioética no Brasil, em 2002, a realização de um Conselho Nacional de Bioética (CNB). Atualmente, a maioria dos chamados países industrializados já contam com seus CNBs, cuja tarefa básica é aconselhar os governos sobre os problemas éticos derivados do progresso do conhecimento nos domínios da biologia, da medicina, da saúde e da vida de um modo geral. Em dezembro de 2004, o grupo de trabalho, incumbido em elaborar uma proposta de anteprojeto de lei para a criação do futuro CNB do Brasil, encerrou seu trabalho que resultou num documento para análise da Casa Civil e da Presidência da República e posterior encaminhamento em forma de Projeto de Lei ao Congresso Nacional para apreciação (GUIMARÃES, DODGE e GARRAFA, 2005).

2.5 PROPRIEDADE INTELECTUAL

A questão relativa aos transgênicos tem implicações não apenas ao que se refere à saúde pública e ao impacto ambiental, mas também na economia, em função do alto interesse nacional sobre a produção, o uso e a comercialização das *commodities* agrícolas no Brasil.

Não só nos países ricos, mas também nos menos desenvolvidos, tem sido verificado um crescimento nos investimentos em ciência e tecnologia (C&T). O Brasil aprovou legislações sobre propriedade intelectual, o que aumentou o interesse pelo investimento em C&T. Não

são apenas as grandes corporações multinacionais que dominam as novas tecnologias de base biológica. No caso das aplicações agrícolas, o Brasil é um país que está muito próximo da fronteira. A força das multinacionais é mediada pela forte estrutura de pesquisa pública e privada no País. O papel de instituições de pesquisa como a EMBRAPA não se resume a produzir novas e melhores tecnologias. A EMBRAPA em algumas regiões regula o próprio mercado de sementes ao estimular a formação de associações de produtores (em geral pequenos produtores) que exploram comercialmente cultivares desenvolvidas e protegidas em nome da empresa (Revista Pesquisa FAPESP, edição 56, 08/00, Especial).

O desenvolvimento em biotecnologia exige um investimento considerável, pois envolve a criação de novas técnicas, dispendiosa pesquisa e complexa infra-estrutura material e pessoal. Com isso, o Estado, em troca dos benefícios a serem trazidos à sociedade em decorrência das invenções inovadoras, concede aos criadores dos desenvolvimentos realizados a exclusividade de exploração no mercado, além de estabelecer limites à mesma (KUNISAWA, 2004).

Tendo em vista as inúmeras dificuldades, particularmente as enfrentadas pelas criações biotecnológicas, não somente as relacionadas com a segurança e com as questões comerciais, mas também por conta de uma intensa instância regulatória e da soma de investimentos realizados no setor, torna-se imprescindível a busca por uma proteção jurídica adequada que garanta o retorno dos investimentos aplicados, permitindo a continuidade deste ciclo produtivo (SOUZA, APPEL e SOUZA, 2004).

Cada país tem sua legislação relativa à Propriedade Intelectual[20], sendo a proteção conferida restrita ao país que concedeu o privilégio ou outorgou o registro, não sendo válida em outros países. Entretanto, existem tratados internacionais que estabelecem regras que permitem a solicitação de proteção para criações intelectuais nos países onde o criador achar conveniente, sendo a obtenção da proteção dependente das leis nacionais (MACEDO, MÜLLER e MOREIRA, 2001).

Devido à natureza de seus produtos e processos e às características dos instrumentos regulatórios, a biotecnologia e os processos biotecnológicos são mais adequadamente protegidos no âmbito do sistema patentário e do sistema de proteção de melhoramentos vegetais. Em geral, as patentes despertam maior interesse, especialmente para a indústria farmacêutica e de agro-biotecnologia, sendo, inclusive, as áreas mais polêmicas (SCHOLZE, 1998).

Razões éticas e práticas induziram, por muito tempo à negativa de patente para toda a matéria viva. Os ambientalistas se preocupam com as conseqüências da liberação de novas formas de vida no ambiente sem a devida avaliação de seu impacto ambiental. As preocupações éticas se concentram na correção de tratar a vida como se fosse um bem comercial. Entretanto, há países, como por exemplo, os EUA, onde tais patentes são concedidas e existem empresas que as exploram comercialmente.

[20]Os direitos de Propriedade Intelectual referem-se a um conjunto de instrumentos legais que fornecem proteção para criações do engenho humano e do conhecimento, cuja característica é ser um bem incorpóreo. Todas as categorias protegidas legalmente contra cópia compartilham algumas peculiaridades, como a faculdade temporária de excluir terceiros não autorizados do uso do objeto protegido (SCHOLZE, 1998).
A Propriedade Intelectual abrange duas grandes áreas: Direito de Autor ou *Copyright*, que fornece proteção para obras literárias, musicais, artísticas, fotográficas e audiovisuais, e Propriedade Industrial, que é um nome coletivo para um conjunto de direitos relacionados com as atividades industriais ou comerciais de um indivíduo ou de uma empresa. A Propriedade Industrial abrange patentes de invenção de produtos e processos industriais, patentes de modelos de utilidade, as marcas registradas, os registros de desenhos industriais e as indicações geográficas. Estas criações, bem como outras criações intelectuais passíveis de proteção (*software*, circuitos integrados), possuem leis e regulamentações próprias e são gerenciados pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual – OMPI, com sede em Genebra (BERMUDEZ et al., 2000; MACEDO; MÜLLER; MOREIRA, 2001).

De acordo com as restrições impostas pela Lei da Propriedade Industrial (Lei n° 9.279/96), apenas o gene inserido (o gene em si ou o processo de inserção) pode ser protegido por patente. Já as novas variedades de plantas não são passíveis de proteção por patentes, mas podem ser protegidas por lei específica, como por exemplo, a Lei de Proteção de Cultivares (Lei n° 9.456/97). A Proteção de Cultivares (também denominada Direitos do Melhorista) é gerenciada por uma outra organização, a União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais – UPOV, que funciona em estreita relação com a OMPI (MACEDO, MÜLLER e MOREIRA, 2001; SOUZA *et al*., 2004; CARVALHO, S., 2003).

Os mecanismos de proteção à propriedade intelectual são relevantes para a organização e coordenação da pesquisa agrícola, fortalecendo a institucionalidade da pesquisa pública como um todo, dando uma nova conotação para o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, que inclui, além da EMBRAPA, as organizações estaduais de pesquisa agropecuária e as universidades (CARVALHO, S., 2003).

2.5.1 PATENTES

O patenteamento dos produtos e processos biotecnológicos teve início nos EUA nos anos 80 e ganhou força rapidamente nos países desenvolvidos. Em função de diversos fatores econômicos, principalmente, relativos às sanções comerciais ameaçadas pelos EUA, o governo brasileiro precisou atualizar o regime jurídico de propriedade industrial, sendo aprovada pelo Congresso Nacional, a Lei de Propriedade Industrial (LPI), Lei n° 9.279/96, sancionada sem vetos pelo Presidente da República Fernando Henrique Cardoso em 14 de maio de 1996 (SCHOLZE, 1998).

Com a aprovação da nova LPI, o Brasil implementou tempestivamente as obrigações assumidas internacionalmente no âmbito do Acordo TRIPS (Trade-Related Aspects of Intelectual Property Rights) ou ADIPIC (Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual

Relacionados ao Comércio) da OMC, tornando patenteáveis, no Brasil, determinadas categorias de inventos, anteriormente excluídas da proteção, como produtos e processos farmacêuticos e alimentícios, produtos químicos e ligas metálicas. Este acordo possibilita a aplicação de sanções comerciais aos países membros que tomarem unilateralmente decisões contrárias às suas disposições ou que permitirem práticas contrárias a tais disposições (MACEDO, MÜLLER e MOREIRA, 2001).

Pela Lei n° 9.279/96 são passíveis de patenteamento as invenções que atendam aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial (artigo 8°). Ainda que atendam a estas exigências fundamentais, para a invenção ser patenteável outros artigos da LPI devem ser atendidos, principalmente, os artigos 10 e 18. O artigo 10 estabelece o que não é considerado invenção, sendo excluídos da proteção patentária, entre outros itens, o todo ou parte de seres vivos naturais e materiais biológicos encontrados na natureza, ou ainda que dela isolados, inclusive o genoma ou germoplasma de qualquer ser vivo natural e os processos biológicos naturais (inciso IX). A exclusão da patenteabilidade de seres vivos é ainda expressa no artigo 18, inciso III, com exceção dos microrganismos transgênicos que atendam aos três requisitos de patenteabilidade previstos no artigo 8° e que não sejam mera descoberta. Ou seja, os microrganismos modificados pelo ser humano e os processos biotecnológicos não naturais tornaram-se passíveis de proteção patentária em consonância com o artigo 27.3.b do TRIPS (SCHOLZE, 1998).

No Artigo 18, inciso I, encontram-se também dispostos como não patenteáveis, mesmo que sejam inventos, o que for contrário à moral, aos bons costumes e à segurança, à ordem e à saúde pública. Todos outros inventos biotecnológicos, não vedados pela lei brasileira, dotados dos requisitos de patenteabilidade - novidade, atividade inventiva e aplicação industrial – são

patenteáveis. Encontram-se relacionados no quadro 2.1 alguns exemplos de matérias patenteáveis e não patenteáveis com base nos artigos 10 e 18 da LPI.

Quadro 2.1 MATÉRIAS PATENTEÁVEIS E NÃO PATENTEÁVEIS COM BASE NA LPI (ARTIGOS 10 E 18)

MATÉRIAS PATENTEÁVEIS	MATÉRIAS NÃO PATENTEÁVEIS
Processo relacionado à transformação de plantas	Células de plantas e animais
Genes recombinantes e vetores	Sementes
Proteínas recombinantes	Insulina humana isolada ou purificada de células beta
Microrganismos transgênicos	Gene que codifica insulina humana isolada ou purificada de células beta
Composição farmacêutica contendo extrato isolado da planta Y para o tratamento da doença Z	Microrganismo isolado da natureza, o qual produz um antibiótico X
	Antibiótico X produzido pelo dito microrganismo
	Extrato isolado da planta Y

Fonte: MULLER e CARMINATTI, 2003

Apesar da atual LPI possibilitar a proteção em áreas antes excluídas e a proteção dos microrganismos transgênicos, ainda continua a excluir as plantas de proteção por patente. Conforme determinação ainda do artigo 27.3.b do TRIPS, as variedades vegetais deverão ser protegidas por meio de patentes, por meio de um sistema *sui generis* eficaz ou por uma combinação de ambos. Assim, as plantas inventadas pelo ser humano por processos de melhoramento genético podem ser protegidas no Brasil por um sistema *sui generis* que é a Lei de Proteção de Cultivares – Lei n° 9.456/97.

2.5.2 PROTEÇÃO DE CULTIVARES

A Lei de Cultivares visa a oferecer ao melhorista brasileiro o reconhecimento do direito da Propriedade Intelectual pela obtenção de novas variedades vegetais[21], que são explicitamente excluídas de patenteabilidade pela nova LPI.

Considerando-se a realidade da agricultura no Brasil e o "estado da arte" das pesquisas na área vegetal, o Governo, em opção endossada pelo Congresso Nacional, afastou o sistema de proteção por patentes e entendeu que a proteção via sistema de cultivares era o instrumento mais adequado naquele momento. A Lei de Proteção de Cultivares (Lei n° 9.456/97) foi aprovada pelo Congresso Nacional em abril de 1997 e é compatível com o convênio internacional UPOV (SCHOLZE, 1998).

Ao contrário da patente, que exige os requisitos da novidade, atividade inventiva e aplicação industrial, o certificado de obtenções vegetais conferido por este sistema *sui generis* é outorgado àquele que apresenta uma nova variedade vegetal reproduzível por via sexuada ou assexuada, pouco importando que ela tenha se originado de uma descoberta ou de uma criação. O conceito de novidade não é entendido como em patentes, sendo, contudo, adotado o conceito de novidade comercial (artigo 3º, inciso IV, da Lei 9.456/97): "considera-se nova a cultivar que não tenha sido oferecida à venda no Brasil há mais de 12 meses em relação à data do pedido de proteção, e que não tenha sido oferecida à venda em outros países, com o consentimento do obtentor e observado o prazo de comercialização no Brasil, há mais de seis anos para espécies de árvores e videiras, e há mais de quatro anos para as demais espécies"(SOUZA *et al*., 2004).

[21] Nova variedade vegetal é definida como aquela que seja claramente distinguível de outras variedades vegetais por um conjunto mínimo de características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas ou moleculares, herdadas geneticamente. Tais características, chamadas de descritores, devem estar homogêneas e estáveis através das gerações sucessivas (SOUZA et al., 2004).

Dentre os direitos assegurados ao titular do material genético protegido destaca-se o de autorizar seu uso, mediante remuneração adequada. A lei prevê apenas duas exceções a esse direito exclusivo: a) resguarda o chamado *farmer's right*, ou privilégio do agricultor que, dentro de seu próprio estabelecimento, pode reservar uma parte de sua colheita para futura semeadura sem necessidade de prévia autorização ou pagamento de qualquer remuneração ao titular do material protegido (artigo 10, incisos I e II, da Lei nº 9.456/97); e b) assegura o chamado *breeder's exemption*, ou isenção do melhorista, que permite a livre utilização da cultivar protegida para pesquisa, como fonte de variação (artigo 10, inciso III, da Lei nº 9.456/97). Essa flexibilidade da lei de cultivares se contrapõe ao direito de exclusividade dos titulares de patentes que, se aplicado à área vegetal, não permitiria aos agricultores e aos pesquisadores o acesso ao material protegido, senão mediante o pagamento de *royalties*. Outro ponto importante da lei é o mecanismo da derivação essencial, que se destina a proteger, mediante possibilidade de negociação de *royalties*, os direitos do melhorista que obteve a variedade original, por métodos biológicos tradicionais, desenvolvida ao longo de anos e de gerações da planta (SCHOLZE, 1999).

O certificado de obtenção vegetal confere ao seu titular, por um prazo determinado, um direito exclusivo de produção, venda, oferta à venda e importação no que se refere à planta protegida. Este monopólio difere daquele da patente, por não se aplicar sobre todas as partes do produto ou sobre todas as formas de sua exploração, sendo, portanto, menos ampla.

Para fins exclusivos de comercialização da nova variedade, existe um segundo tipo de registro que é a inscrição no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Ainda, para fins de comércio, a cultivar deve ter sido testada em solo brasileiro - testes VCU (valor de cultivo e uso). O VCU representa o valor agronômico de uma dada cultivar para um ou mais sistemas

de agricultura utilizados por agricultores, a fim de satisfazer o consumidor com produtos de melhor qualidade.

2.5.3 ASPECTOS RELATIVOS ÀS LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS

Vários escritórios oficiais de patentes de diversos países e organizações estabeleceram conceitos e normas claras sobre o patenteamento de invenções biotecnológicas, determinando regras básicas e linhas gerais (*guidelines*) para o processamento do exame de pedidos de patente. Estes *guidelines* são usualmente elaborados levando-se em consideração, além dos aspectos legais e técnicos (legislações nacionais e tratados internacionais), os interesses econômicos sobre determinados desenvolvimentos tecnológicos.

Entre os diversos escritórios de patentes do mundo, existem opiniões discrepantes em relação à patenteabilidade de produtos isolados da natureza, de seres vivos e dos genes (RAYOL, 2003):

> - A Diretiva Européia de 1998 – Diretiva 44/98 – harmoniza o tratamento das patentes sobre matéria viva no âmbito de seus países membros. Compõe-se de 18 artigos e 56 “considerandos” e entrou em vigor em 30 de julho de 2000. Pelo artigo 3, fica claro que o material genético é patenteável, mesmo que já existente na natureza, desde que seja isolado do seu entorno natural ou obtido através de procedimento técnico. É necessário que o material isolado apresente aplicação industrial (artigo 5). No caso de seqüências totais ou parciais de DNA de um gene, a aplicação industrial deverá constar do pedido de patente, assim como a função destas seqüências. Por exemplo, uma enzima que é identificada na natureza pode ser patenteável se um efeito técnico for revelado para sua utilização, como no caso do uso da enzima na catálise de uma reação importante para a indústria. Ou seja, o Escritório Europeu de Patentes (EPO) somente considera patenteável uma substância

que já ocorra livre na natureza se ela constituir uma invenção e não uma descoberta (RAYOL, 2003).

- A Diretiva Americana, publicada em 5 de janeiro de 2001, requer que seja identificada a "utilidade" (aplicação industrial) do material a ser patenteável como condição para se ter acesso à proteção, ou seja, coincide com os termos da diretiva européia. Não basta se pretender obter uma patente para um material genético ou biológico isolado de seu entorno natural, sendo obrigatório que este material seja suscetível de aplicação industrial (WOLF, 2003). A Diretiva Americana é clara no que diz respeito à palavra "utilidade" e salienta que é obrigatório que a invenção se ajuste a três critérios que identificam a utilidade: a utilidade específica, a utilidade real e a utilidade admissível. Desde que sejam satisfeitos os critérios de patenteabilidade, tanto invenções como descobertas podem ser patenteáveis. A Lei Americana – United States Code Title 35 (35 U.S.C.) – não dispõe explicitamente que as descobertas não constituiriam matéria patenteável. Contudo, as decisões judiciais a respeito da matéria têm revelado exceções importantes sobre a patenteabilidade de produtos produzidos pela natureza, mas que não estejam presentes naturalmente na forma "útil" (RAYOL, 2003).

- A Lei de Patentes da Argentina de 1996 dispõe no artigo 6 que não se considera invenção toda a classe de matéria viva e substâncias preexistentes na natureza. No artigo 7, que não é patenteável a totalidade do material biológico e genético existente na natureza ou sua réplica, nos processos biológicos implícitos na reprodução animal, vegetal e humana, incluídos os processos genéticos relativos ao material capaz de efetuar sua própria replicação em condições normais e livres, tal como ocorre na

natureza. Nesta legislação não é objetado que um material biológico isolado e purificado diferente do encontrado na natureza não seria patenteável (WOLF, 2003).

- A Lei Chilena de 1991 não faz referência específica a material biológico encontrado na natureza (artigos 37 e 38) (WOLF, 2003).

- O Artigo 15 b da Decisão 486 da comissão da Comunidade Andina (Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela) tem sua redação baseada no artigo 10 (IX) da LPI brasileira (Lei n° 9279/96) (WOLF, 2003).

2.5.4 PATENTES EM BIOTECNOLOGIA E PROTEÇÃO DE CULTIVARES NO BRASIL

As novas biotecnologias têm provocado um deslocamento do "espaço tecnológico" até uma dimensão de caráter privado. Não se trata apenas de que uma grande parte dos produtos finais está sujeita aos mecanismos de proteção da propriedade intelectual, mas também um incentivo para que o setor privado mobilize grandes somas de dinheiro e inverta a pesquisa e desenvolvimento em pesquisa biotecnológica agrícola (TRIGO *et al*., 2002).

Isto está ilustrado pelo número crescente de patentes depositadas na área de engenharia genética. No início da década de 80, nos 52 países que concedem patentes, verificou-se crescimento na demanda da área de engenharia genética (Classificação Internacional de Patentes C12N 15 – "engenharia genética ou de mutação") de 360%, no período de 1981 a 1984. Só o Escritório Americano, recebeu, em 1986, 6000 pedidos na mesma área (BARBOSA, 2002).

No Brasil, o número de patentes depositadas envolvendo invenções relacionadas à agricultura é bem expressivo. Através de uma busca não exaustiva realizada por Müller e Carminatti (2003) no site do INPI (que disponibiliza os pedidos de patente depositados no

Brasil e publicados a partir de 1992) utilizando como ferramenta de busca a Classificação Internacional de Patentes, foram encontrados os seguintes resultados:

- C12N 15/00 (mutação ou engenharia genética; DNA ou RNA, vetores): 188 documentos;
- C12N 15/82 (vetores ou sistemas de expressão especialmente adaptados para células vegetais): 454 documentos;
- C12N 15/29 (genes que codificam proteínas vegetais): 167 documentos; e
- A01H 5/10 (sementes): 84 documentos.

Em relação ao depósito de pedidos de patentes relacionados à obtenção de plantas transgênicas, verificou-se, por meio de levantamento realizado no site do INPI, entre 1992 e 2001 (Tabela 2.4), que os maiores depositantes são empresas multinacionais que efetuaram fusões para apostar na biotecnologia agrícola, como uma área capaz de mudar o patamar de seus negócios. As empresas de agroquímicos, ameaçadas com a redução do uso dos mesmos, se associaram às empresas de sementes passando a direcionar parte de seus recursos no desenvolvimento de plantas transgênicas. Ainda, as multinacionais têm efetuado acordos para evitar disputas de patentes e comprado empresas produtoras de sementes e programas de melhoramento, com o objetivo de unir o trabalho de manipulação genética ao melhoramento convencional que resulta em híbridos e variedades para alcançar o mercado.

O Brasil tem uma posição de destaque nas pesquisas sobre OGMs tanto em instituições públicas como privadas. Diversas instituições realizam pesquisas técnicas nesta área de biotecnologia, desde a aprovação da lei de biotecnologia em 1995, e tem-se registrado aumento no número de instituições que estão envolvidas em diversas fases da pesquisa com biotecnologia no Brasil (Agência Estado, 31/10/06).

Tabela 2.4 DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTES RELATIVAS A PLANTAS TRANSGÊNICAS (1992 - 2001)

EMPRESA	N° DE DEPÓSITOS	(%)
Monsanto/Dekalb	34	**14**
Syngenta/Novartis/Zeneca	25	**10**
DuPont/Pioneer	23	**9**
Bayer/Aventis	20	**8**
Dow AgroSciences/Mycogen	8	**3**
EMBRAPA (3) Universidades (3) Empresas Privadas (1)	7	**3**
Outros depositantes isolados	133	**53**
TOTAL	**250**	**100**

Fonte: Elaboração Própria

Altos custos e retorno incerto da agricultura transgênica são as principais causas da crescente concentração da pesquisa biotecnológica em empresas, conforme estudo realizado pela consultoria *Bio Economic Research Associates*. O desenvolvimento de uma variedade pode consumir de 6 a 12 anos e de 50 a 300 milhões de dólares. De 180 instituições estudadas, apenas quatro empresas são responsáveis por 57% da pesquisa: Monsanto, Du Pont/Pioneer, Bayer/Aventis e Dow Agroscience (Folha de São Paulo, 21/02/03).

Estas empresas em conjunto ainda com a Syngenta/Novartis/Zeneca formam o oligopólio que detém 91% do mercado de sementes transgênicas (GUERRANTE, 2003).

A Monsanto firmou, ainda, parcerias com diversos fabricantes de sementes nacionais, como a Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico – COODETEC e a EMBRAPA, cedendo o gene RR em troca do monitoramento para posterior recebimento de *royalties* pelo plantio da soja transgênica (Gazeta Mercantil, 13/04/2005).

No que diz respeito à proteção de cultivares no Brasil, foram concedidos 654 Certificados de Proteção no período de 1° de janeiro de 1998 e 10 de maio de 2002 (SOUZA *et al*., 2004).

As principais espécies protegidas são algodão, arroz, batata, feijão, forrageiras, milho, soja e trigo, das quais a soja é a espécie que tem o maior número de cultivares protegidas. Os principais titulares de cultivares protegidas são as instituições públicas de pesquisa nacionais, com 39%, as empresas estrangeiras com 38% e as organizações de produtores ou fundações a elas ligadas, com 20%. As empresas nacionais e as universidades detêm posições marginais, participando com 1,5% cada do total das cultivares protegidas (CARVALHO, S., 2003).

2.6 O CENÁRIO ATUAL BRASILEIRO E A COMPETITIVIDADE DO AGRONEGÓCIO

A agroindústria é o principal segmento da economia brasileira, com importância tanto no abastecimento interno como no desempenho exportador. Possui grande potencial de crescimento, pela abundância de seus recursos naturais e pela disponibilidade de tecnologia e capacidade industrial.

Em 2004, o agronegócio foi responsável por 30% do PIB, movimentando R$ 534 bilhões, 40,4% das exportações brasileiras e gerando 37% dos empregos no País. É responsável, ainda, por manter a balança comercial superavitária. A evolução do setor tornou-se mais significativa a partir da segunda metade da década de 90 (FUSCALDI e OLIVEIRA, 2005).

Os números da produção agrícola indicam não apenas uma dimensão quantitativa da sua importância, mas são também indicativos de um longo processo de modernização tecnológica da agroindústria nacional, sendo inegável a importância dos institutos de pesquisa agrícola. Além da EMBRAPA, maior centro de tecnologia tropical do mundo, e da COODETEC,

outras instituições como o Instituto Agronômico de Campinas - IAC, o Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro - PESAGRO têm desempenhado papel crucial para a manutenção e a expansão das culturas que se sucederam como alicerces da economia nacional (MARIUZZO, 2003).

O bom desempenho do agronegócio brasileiro deve-se, principalmente, à expansão da safra de grãos, ao aumento das exportações agrícolas, à melhoria da produtividade no campo e à recuperação dos preços de algumas *comodities* com destaque para soja, arroz e suco de laranja (VOGT, 2003).

O primeiro levantamento de intenção de plantio da safra nacional de grãos 2006-2007 aponta que o Brasil vai colher entre 117,7 e 120,6 milhões de toneladas. A produção total deverá situar-se entre uma redução de 1,8% (2,2 milhões ton) e um ganho de 0,6% (689,1 mil ton), quando comparada com a safra anterior. Estima-se ganho de produção para o algodão, milho total, soja e feijão, e perdas para trigo, arroz e outros produtos. O crescimento na produção se destaca mais na soja (53,5 a 55,0 milhões ton), milho (41,9 a 42,9 milhões ton), algodão-caroço (1,9 a 2,0 milhões ton), e algodão em pluma (1,2 a 1,3 milhões ton). Em relação à área plantada é prevista uma redução de 4,3% em relação à safra anterior (CONAB, 5/10/2006).

Em novembro de 2004, registrou-se que o Brasil estava ocupando apenas 47 milhões de hectares com agricultura anual, quando tem um potencial de 170 milhões de hectares disponíveis para serem cultivados, apenas utilizando áreas apropriadas para fazer agricultura. Na safra 2003/04, o País produziu 57 milhões ton de soja (5 milhões a mais da safra anterior), 46 milhões ton de milho e 12 milhões ton de arroz. A produção de cana-de-açúcar foi de 384 milhões ton em apenas 5 milhões de hectares (NASCIMENTO, 2004).

A soja é a cultura de maior destaque no agronegócio. A produção mundial de soja cresceu 70% nos últimos 10 anos. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com uma área plantada de 47,7% do total da área cultivada com grãos, e um volume de produção que corresponde a mais de 44,2% do total de grãos produzidos no Brasil, (CONAB, abr. 2005).

Desde 1964, a liderança mundial na produção de soja é dos EUA, em termos de área colhida e de produção, porém, essa posição tem sido ameaçada por seus dois concorrentes: Brasil e Argentina. A partir de 2001, as áreas colhidas de soja no Brasil e nos EUA vêm convergindo e, a partir de 2002, a produção conjunta do Brasil e da Argentina passou a ser superior à dos EUA. Em 2005, as áreas colhidas foram de 29,3 milhões de hectares nos EUA e de 23,0 milhões de hectares no Brasil (CONTINI *et al*., 2006). Juntos, EUA, Brasil e Argentina produzem 90% da produção mundial de soja (GUERRANTE, 2003).

A razão apontada para o Brasil estar seguindo de perto os EUA refere-se ao custo de produção da soja no Brasil ser 40% inferior ao custo no meio-oeste dos EUA (menos de US$ 500 por hectare, incluindo o preço da terra e o capital de risco) (Gazeta Mercantil, 06/05/2003). O que diminui a competividade do grão nacional em comparação com o americano é o alto custo de transporte da soja das regiões produtoras do Brasil até os portos nacionais (Estado de São Paulo, 23/05/2003).

De 1998 a 2003, o Brasil aumentou sua produção de soja em 57%, levando os produtores americanos a mobilizar seu governo para examinar o que se passava no Brasil. A American Soybean Association - ASA, entidade que representa os produtores de soja nos EUA, pressionou o governo americano a tomar medidas comerciais contra o Brasil, em relação à produção de soja transgênica. A ASA acusou os agricultores do sul do Brasil de

plantar soja transgênica sem pagar os *royalties* devidos a Monsanto, violando os direitos de propriedade intelectual da multinacional (Estado de São Paulo, 07/05/2003).

Até os anos 80, as lavouras de soja estavam concentradas nos estados do sul (Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina), mas a pesquisa agropecuária adaptou essa cultura a outras áreas e a soja difundiu-se pelo centro-oeste, além do oeste da Bahia e sul do Maranhão e Piauí (SUERTEGARAY, 2004).

O maior estado produtor de soja é o Mato Grosso, responsável por 13,45 milhões ton de grãos colhidas na safra de 2002/03 e o segundo maior é o Paraná, cuja produção foi de 10,95 milhões ton (Valor Econômico, 29/10/2003). Dos anos 80 até o ano de 2003, a produtividade do Rio Grande do Sul cresceu 84,8% (Notícias Socioambientais, ISA, 31/10/2003). Estimava-se a existência de 245 mil produtores de soja, cobrindo cerca de 17 milhões de hectares, para uma tiragem recorde de até 60 milhões ton de grãos (Jornal da Ciência nº 2409 de 17/11/03). Pouco mais de 10% da produção nacional foi estimada para a safra de soja transgênica do Rio Grande do Sul (PELAEZ, 2004). O registro deste número, em 2004, bem inferior aos dos EUA e da Argentina era atribuído à proibição do plantio no país até esta época.

Junto a entidades públicas e privadas, algumas variedades transgênicas foram desenvolvidas no país e, a partir de 1996, chegaram a ocorrer cerca de oitocentas liberações para testes de plantas transgênicas em campo. A COODETEC e a EMBRAPA desenvolvem, desde 1998, algumas variedades próprias de sementes de soja sob licença da Monsanto (Jornal da Ciência n° 2375 de 30/09/2003). Atualmente, as variedades transgênicas da COODETEC (levam as iniciais CD) têm, como ponto de partida, material genético selecionado e desenvolvido em laboratórios de última geração da própria cooperativa e incorporam a tecnologia RR da Monsanto (Gazeta Mercantil, 13/04/2005).

Segundo o presidente da Bayer Cropscience no Brasil, dentro de dois anos deverão ser lançadas sementes transgênicas de arroz e algodão (O Estado de São Paulo, 15/04/2005).

Com o plantio e a comercialização de transgênicos proibidos pela justiça no Brasil em 1998, o plantio ilegal de plantações de soja transgênica ocorreu no sul do país com sementes contrabandeadas da Argentina. A adoção da soja transgênica foi aumentando cada vez mais, principalmente, no Rio Grande do Sul, com registro de alta eficiência produtiva. Por exemplo, com o uso de sementes transgênicas, a produtividade média da soja em Ibirubá – RS saltou de 45 sacas para até 57 sacas por hectare em 2003 (Correio do Povo, 06/05/2003).

Em 2003, o Rio Grande do Sul era responsável por 80% da plantação brasileira de soja transgênica (Ambiente Brasil Notícias, 23/10/2003). Na safra 2004/05, calculava-se que 95% da soja produzida no Rio Grande do Sul era GM (Valor Econômico – SP, 13/04/2005).

Com a adoção ilegal dos agricultores brasileiros ao plantio de soja transgênica, o governo acabou sendo forçado a rever seu posicionamento sobre a biossegurança, conforme abordado no item 2.4.2. Mesmo com as exigências impostas nas MPs editadas, os produtores gaúchos deram continuidade aos plantios. Em todo o país, segundo levantamento feito pelo MAPA, até 10/11/03, 11.199 produtores assinaram o Termo de Ajustamento de Conduta – TAC, estabelecido na MP131/03, informando que iriam plantar soja transgênica na safra 2003/04. Desse total, 10.790 produtores eram do Rio Grande do Sul e 225 do Paraná. A Federação da Agricultura do Paraná estimava em 15% o total de soja transgênica na safra 2002/03, apesar do posicionamento contrário deste estado, desejoso de se tornar uma "área livre de transgênicos". As demais assinaturas eram de agricultores de Minas Gerais (28), Piauí (22), Bahia (16), Santa Catarina (3), São Paulo (3), Goiás (3) e Mato Grosso do Sul (1). Este termo deveria funcionar, na prática, como um mecanismo de identificação de plantio de soja

no país, porém o número de assinaturas foi cerca de 10% do total estimado (cerca de 100.000 até 9/12/03) (Ambiente Brasil Notícias, 11/11/03).

Na safra 2004/05, o MAPA informou que foram assinados 112.652 termos de ajustamento de conduta, 34,8 % a mais que em 2003/04. Houve alta não somente no Rio Grande do Sul, de 81,6 mil para 104,3 mil[22], como também nos demais estados do sul (cerca de 6000) e em alguns do centro-oeste e na Bahia (cerca de 2000) e assinatura pela primeira vez de produtores do Pará (5) e do Distrito Federal (9), demonstrando que a soja transgênica estava sendo plantada em todo o país (Valor Econômico – SP, 14/04/2005).

Até 2005, a EMBRAPA havia desenvolvido 11 espécies de soja transgênica resistentes ao glifosato haviam sido desenvolvidas pela EMBRAPA. O desenvolvimento teve início na EMBRAPA SOJA em 1997 e a empresa dispõe de sementes transgênicas adaptadas às principais regiões produtoras do País (Folha de Londrina, 16/04/2005).

Com a promulgação da nova Lei de Biossegurança, Lei nº. 11.105/05, as empresas de sementes retomaram os projetos para lançamento de novos transgênicos e a soja resistente a glifosato deverá deixar de ser a única opção de cultivo agrícola GM. Para a safra de 2005/06, apenas sementes deste tipo de soja transgênica podiam ser vendidas comercialmente. O algodão Bollgard® também da Monsanto, resistente a lagartas, foi aprovado para plantio comercial pela CTNBio, mas precisa aguardar os registros da variedade nos termos da Lei de Sementes, e outras onze variedades já desenvolvidas estão aguardando aprovação para plantio comercial (quatro tipos de milho resistentes a insetos, três tipos de milho resistentes a herbicida, dois tipos de algodão resistente a herbicida, um tipo de arroz resistente a herbicida e um tipo de soja com alto teor de ácido oléico). Além das resistências a insetos e herbicidas,

[22] As lavouras do RS são em geral menores do que 50 hectares. Devido à pequena área, a maior produtividade apresentada no cultivo desta soja é mais relevante para redução dos custos de produção do que em áreas maiores

as empresas estão investindo no desenvolvimento de modificações genéticas que tragam vantagens ao consumidor final para produção de alimentos com maior teor de proteína ou vitaminas (O Estado de São Paulo, 15/04/2005).

Paralelamente ao problema do plantio e da comercialização da soja transgênica da safra 2002/2003, passou a ser discutida, a partir de 2003, a pretensão da cobrança de *royalties* pela Monsanto aos produtores que plantassem soja com sementes GMs, obtidas a partir da tecnologia RR, mesmo que tais sementes tivessem sido contrabandeadas. Os valores e a forma de cobrança dos *royalties* foram definidos por meio de acertos em reunião entre o relator da MP 131/2003 para legalização do plantio e comercialização da safra 2003/2004 (abordada no item 2.4.2.2) e os representantes da Monsanto. Apesar da MP convertida em lei (nº 10.814/2003), bem como as posteriores editadas até agosto de 2005, não estabelecerem percentuais ou valores para os *royalties* e nem a maneira como a cobrança se realizaria, a Monsanto discute anualmente o sistema de fixação de preços e cobrança de *royalties* com sindicatos, entidades representativas (?)[23] da agricultura, cooperativas e comerciantes de soja brasileiros. Os valores a serem cobrados dos produtores em cada safra são discutidos com os sindicatos e as entidades representativas (?)[23] da agricultura e acertado com as cooperativas e comerciantes a retenção compulsória dos valores que lhe seriam devidos, por ocasião da entrega da colheita para armazenamento ou venda. A quantia retida, desta maneira, é dividida entre todos os partícipes do "sistema" (Monsanto, sindicatos, entidades representativas, cooperativas e comerciantes) (SCALZILLI, SCALZILLI e DIAS, 2005).

O programa federal para a troca de sementes piratas por sementes certificadas estabelecido pelo decreto n° 5.891/06 (abordado no item 2.4.2.5), para incentivar o uso de

como as do Mato Grosso que chegam a 500 hectares, o que justifica o maior interesse dos agricultores do Rio Grande do Sul.

[23] Sinal colocado pela fonte da informação.

sementes transgênicas certificadas e fiscalizadas, deverá modificar mais uma vez o cenário brasileiro no sentido de estruturar e fortalecer o agronegócio.

A medida implementada junto com a prorrogação da autorização do plantio de sementes transgênicas armazenadas para a safra 2006/2007 (não certificadas) agradou aos produtores rurais (Agência Brasil, 14/09/06). Para o superintendente do Ministério da Agricultura no Rio Grande do Sul, Francisco Signor, mesmo com a incidência dos *royalties*, o uso de sementes certificadas é vantajoso aos produtores em função da qualidade e da produtividade (Valor Econômico, 29/08/06).

Apesar da perspectiva de redução da área plantada com soja no país na safra 2006/2007, devido aos problemas de rentabilidade alegados pelos agricultores, a ABRASEM e a BRASPOV acreditam que o plantio do grão transgênico deverá voltar a avançar, uma vez que os produtores deverão encontrar sementes certificadas com facilidade. De acordo com projeção da ABRASEM e da BRASPOV, a soja modificada deverá representar cerca de 60% da área total plantada, estimada em 20,5 milhões de hectares. Se confirmada a previsão, a área com soja transgênica passará de 9,4 milhões para 12,6 milhões de hectares no Brasil (Valor Econômico, 21/09/06).

Os mercados de produtos agrícolas e agroindustriais estão cada vez mais competitivos e o surgimento de novas bases de conhecimento acentua o papel do desenvolvimento científico e tecnológico para o futuro da produção agropecuária e agroindustrial. (MCT, 2001).

Apesar das críticas aos transgênicos, há evidências de que o mercado é crescente até mesmo na União Européia, considerada como mercado avesso a transgênicos. Em 2002, as importações européias de soja provenientes dos EUA e Argentina, países que plantam 75% e 90% de soja transgênica e a comercializam sem segregação, cresceram 50%, não sendo suficiente a soja convencional produzida por estes países para atendê-la. Como não houve

registro de pressão sobre a cotação da soja brasileira com prêmios – 90% de toda a soja brasileira vai para a Europa, podia-se deduzir que a União Européia importou soja transgênica (CARVALHO, V., 2003).

Em relação à soja transgênica exportada pelo Brasil, também não tem havido nenhuma restrição internacional. As exportações gaúchas cresceram 20% de janeiro a agosto de 2003, comparando-se com o mesmo período do ano anterior. Do total de US$ 870 milhões de aumento, US$ 218 milhões são resultados de vendas do complexo soja para o exterior, o que equivale a 25%, incluindo, portanto, a soja transgênica produzida por este estado. Ou seja, os números indicam que a comercialização de soja transgênica não sofre entraves no cenário internacional e que pouco ou nada se sabe sobre o tamanho de mercado para produtos não transgênicos e qual seria o valor agregado para esses produtos (CARVALHO, V., 2003).

As unidades de produção agrícola e as empresas agroindustriais do Brasil encontram-se numa situação de extrema necessidade por recursos tecnológicos para tornarem-se mais inovadoras e enfrentarem os desafios da competição internacional. A abertura comercial não só traz novas oportunidades de mercado no exterior, mas também facilita a presença de competidores estrangeiros no País (CRIBB, 2004).

2.7 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os benefícios prometidos pela biotecnologia moderna para o desenvolvimento de alimentos e de processos agroindustriais mais eficientes podem mudar as vantagens competitivas da agricultura, aumentando a velocidade de inovação. São aventados: aumento da produtividade, redução de custos, geração de produtos mais seguros e com novos atributos de sabor, composição, cor, tamanho, etc., além de melhor qualidade nutricional (EMBRAPA, 2003).

Porém, a tecnologia transgênica tem encontrado resistência, principalmente, pelos ambientalistas. As críticas divergem das opiniões dos acadêmicos, que por sua vez, divergem entre si, em relação à avaliação de riscos, levando dúvidas aos consumidores quanto aos reais benefícios econômicos e riscos à saúde. Segundo os ambientalistas, os transgênicos não aumentam a produtividade, ameaçam a biodiversidade, os alimentos não são seguros, e torna os agricultores dependentes de empresas multinacionais. Os opositores à tecnologia exigem garantia de que não haverá danos à saúde humana e ao meio ambiente, preconizando a completa ausência de riscos de qualquer natureza e magnitude. Não somente os riscos e os benefícios ambientais são controvertidos, mas também os alimentares e socioeconômicos.

Ainda, há na mídia jornalística todo o tipo de informação com diferentes construções de sentido sobre a transgenia, gerando ainda mais incertezas e até medo (CURVELLO, 2005). Muitas vezes os dados são imprecisos, gerando entendimentos errôneos e conclusões equivocadas. Porém, o debate precisa ser intensificado para permitir uma compreensão mais ampla da questão dos transgênicos, por parte dos consumidores. Siqueira *et al*. (2004) listaram algumas considerações, direcionadas aos ambientalistas, acadêmicos e consumidores, com o objetivo de esclarecer, pelo menos, parte dessas críticas:

> – Ambientalistas: devem considerar que a agricultura atual também apresenta problemas como: alto custo de produção, dependência de recursos não renováveis, poluição de solo e água, impactos à biodiversidade, erosão genética (monoculturas), não garante segurança alimentar (resíduos de pesticidas) e saúde dos trabalhadores (insalubridade), e a maioria dos insumos é de domínio de multinacionais. Os transgênicos, atualmente em comercialização, foram desenvolvidos para melhorar o comportamento agrícola, diminuindo as perdas de produtividade, reduzindo os custos de produção e, assim, aumentando, indiretamente, a produção. Houve algum relato de

menores produtividades em cultivares transgênicos, mas a produtividade atual dessas é igual ou excede às convencionais.

– Acadêmicos: devem considerar que raramente na ciência há unanimidade, porque esta trabalha com o desconhecido e com incertezas. É difícil estabelecer limites de segurança e de risco aceitável: risco zero é utopia, especialmente em se tratando de atividade agrícola. Riscos eventuais não podem ser generalizados, pois variações ocorrem em tempo e espaço. A avaliação de risco é feita com embasamento científico e caso a caso. Deve-se considerar que, até o advento dos OGMs, as novas cultivares não passavam por análises de segurança minuciosa como tem sido exigido para as plantas GMs.

– Consumidores: é preciso considerar que o público, em geral, não distingue informação de conhecimento. O público é muito influenciado pela mídia sensacionalista que promove a disseminação de forte preconceito sobre os transgênicos. Também é preciso considerar que aceitação não significa segurança. Mesmo após 8 anos de cultivos transgênicos em várias partes do mundo, não há qualquer evidência confirmada cientificamente de efeitos prejudiciais de culturas transgênicas ou de alimentos derivados destas. Os aspectos éticos, sociais, comerciais e de mercado internacional, muitas vezes, ganham enorme projeção pública na população urbana, que quer uma agricultura mais harmoniosa com o meio ambiente, mas que não dá a merecida importância aos impactos das tecnologias industriais e dos modelos de urbanização, predominantes na sociedade contemporânea.

Os autores concluem que a discussão polarizada tem levado à imposição de restrições ao plantio e à importação de commodities de produtos agrícolas contendo OGMs por vários países, especialmente, da União Européia.

Em meio a este contexto de rejeição aos transgênicos, foi criada pela Profa. Dra. Olívia Márcia Nagy Arantes, da Universidade Estadual de Londrina (UEL) a ideologia dos "Transgênicos Sociais" para designar os OGMs, particularmente, determinadas plantas transgênicas, que poderiam atender às necessidades das populações de baixa renda, à otimização da sustentabilidade da agricultura e auxiliar na redução da degradação do meio ambiente. O objetivo é distinguir as plantas transgênicas que devem ser aceitas e as que devem ser impedidas durante o processo de registro, pelos meios legais, de chegarem à etapa de comercialização. Desta forma, como exemplo de "Transgênicos Sociais", são citados pela Prof. Arantes aqueles que (RODRIGUES e ARANTES, 2005):

– aumentariam o valor nutritivo dos alimentos, como arroz dourado e feijão adicionados de vitaminas ou aminoácidos;

– resistiriam a doenças de culturas regionais, como as resistentes ao vírus da mancha anelar no mamão e ao fungo *Crinipellis perniciosa* da vassoura-da-bruxa no cacau;

– poderiam ser produzidas em condições áridas, como as plantas resistentes à seca e a outros fatores estressantes, ajudando as populações que vivem em regiões de pouca chuva ou solo pobre a subsistir;

– facilitariam o acesso aos medicamentos como as plantas-vacinas, como a banana e mamão vacinantes contra a hepatite B; o transporte e acondicionamento seriam facilitados nas localidades mais pobres e sem estrutura de refrigeração;

– produziriam moléculas de plantas medicinais, evitando o extrativismo;

– proporcionariam pureza às moléculas terapêuticas, como o hormônio do crescimento humano produzido em bactérias, ao invés da extração da hipófise de cadáveres, com

eliminação do risco de contaminação por vírus causadores de doenças presentes no doador da hipófise;

– deixariam de causar alergia nas pessoas pela interrupção do gene responsável pela substância alergênica;

– diminuiriam a necessidade de utilização de inseticida químico por meio da aquisição pela planta de substância de defesa contra os insetos-praga, como as plantas Bt.

A ideologia dos "Transgênicos Sociais", longe dos objetivos capitalistas das multinacionais, fundamenta-se na idéia de que sua a produção poderia se dar por meio de instituições públicas brasileiras de pesquisa agropecuária e o monitoramento pelos órgãos de fiscalização.

Com a proposta dos "Transgênicos Sociais" surge o desafio de como diferenciá-los dos demais, de maneira que a denominação não seja atribuída por empresas com segundas intenções de lucro, o que exigiria a avaliação do modo como cada transgênico atingiria as referidas metas, além da superação das alegações quanto à segurança biológica.

Considera-se que o escasso conhecimento das conseqüências e a falta de controle sobre as construções genéticas, após sua inserção no genoma da célula hospedeira, tornam imprevisíveis os efeitos da tecnologia do DNA recombinante. A tecnologia ainda não permite o controle sobre o sítio de inserção do transgene, a expressão gênica, o destino do transgene e os efeitos de sua disseminação, o que dificulta o uso das plantas transgênicas na agricultura. O escasso conhecimento sobre os impactos e efeitos da agricultura transgênica sobre a saúde humana, dos animais, das plantas e do meio ambiente levam a forma precaucionária, visando minimizar os possíveis riscos inerentes à tecnologia (SANTOS e SOUZA, 2003).

CAPÍTULO 3

GESTÃO AMBIENTAL

A gestão ambiental integra o sistema de gestão global de uma organização, que inclui, entre outros, estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para implementar e manter uma política ambiental (BRAGA *et al.*, 2002).

Cada vez mais, a gestão ambiental vem sendo entendida como um conjunto de atividades/procedimentos, cujo objetivo é garantir que um determinado território (bioma, ecossistema) e/ou recurso (fauna/flora) sejam utilizados de forma que sua sustentabilidade seja o requisito principal a se perseguir (SANTOS e CÂMARA, 2002).

O termo "gestão ambiental" é usado de várias maneiras na literatura, destacando-se abaixo as definições mais utilizadas (SHARLAND, 2000):

- Gestão de recursos naturais específicos;
- Gestão de atividades humanas dentro de limites ambientalmente toleráveis;
- Gestão de atividades humanas para minimizar riscos;
- Gestão de atividades humanas para minimizar conseqüências ambientais diretas ou indiretas;
- Decidir sobre como utilizar os recursos disponíveis;
- Controle para manter o estoque de recursos;

– Gestão para alterar e reverter processos de degradação.

A gestão ambiental envolve diversos componentes do meio ambiente e suas interações, devendo-se utilizar múltiplos instrumentos para sua efetivação. O gestor ambiental precisa ser cada vez mais polivalente, multiespecializado, com visão holística, dominando a técnica de gestão e os instrumentos de que dispõe. Grupos de trabalho e equipes com múltiplas especializações e habilidades no uso de vários instrumentos podem obter resultados eficazes (ALMEIDA *et al.*, 2004).

Grande parte dos instrumentos administrativos e gerenciais da política, do planejamento e da gestão ambiental possui caráter preventivo e são importantes mecanismos para o desenvolvimento sustentável, estando em consonância com o Princípio da Abordagem Preventiva/ Princípio da Prevenção e da Precaução, adotado na Declaração do Rio de Janeiro, por ocasião da Conferência das Nações Unidas, em 1992. Por sua vez a Convenção sobre a Diversidade Biológica reiterou a importância do Princípio da Precaução, explicando que tal princípio justifica-se pelos danos ambientais causados pela má aplicação de outras tecnologias no passado (VILLASBÔAS, 1998).

A Conferência das Nações Unidas teve um papel catalisador na disseminação do conceito de desenvolvimento sustentável, tendo se verificado a partir de então (MAGRINI, 2001):

– o avanço de atitudes pró-ativas das empresas que começaram a vislumbrar, através da introdução de mecanismos de gestão ambiental, oportunidades de mercado, num primeiro momento, e barreiras à entrada, num segundo;

- o avanço da chamada eco-diplomacia e da realização de convenções internacionais sobre problemas ambientais globais, com fortes repercussões diplomáticas, políticas e econômicas sobre os diferentes países;

- o avanço da atuação das administrações locais, movido pelo resgate da dimensão local em resposta ao processo de globalização em curso;

- o avanço de uma sensibilização ambiental difusa por toda a sociedade com o conseqüente crescimento de demandas e mobilização por parte desta.

Além da ação preventiva, a gestão ambiental envolve, ainda, ações mitigadoras, que reduzem ou amenizam os impactos ambientais, e ações corretivas, que reparam os danos já causados, restabelecendo a saúde dos sistemas ambientais. O uso do instrumento adequado se estabelece em função do estágio de evolução em que se encontra cada atividade e do potencial de degradação apresentado. A adoção de medidas preventivas, corretivas ou pró-ativas exige técnica e conhecimento para compor a arte e o ofício do gestor ambiental (ALMEIDA *et al.*, 2004).

De um modo geral, gestão ambiental nada mais é do que a forma como uma organização administra as relações entre suas atividades, produtos e serviços e o meio ambiente como um todo (VITERBO Jr., 1998).

3.1 GESTÃO AMBIENTAL APLICADA À AGRICULTURA

Gestão ambiental aplicada à agricultura significa desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter uma política ambiental agrícola. Produzir mais, degradando menos e a custos competitivos é um dos desafios que requerem a implementação de uma política tecnológica voltada para as atividades ligadas ao agronegócio.

Para a redução da degradação ambiental e do uso de insumos, entram a agricultura de precisão, a redução da quantidade da toxidade de pesticidas, o extrativismo sustentável, a recuperação de áreas degradadas, a menor contaminação de lençóis freáticos; enfim, o uso sustentável de recursos minerais (MCT, 2001).

Com o surgimento dos padrões da série ISO[24] 14000 e da abordagem do "ciclo de vida do produto", que considera o produto desde a matéria-prima até o processo de fabricação e o destino das embalagens pós-uso, a indústria de agrotóxicos começou a atuar de forma responsável no manejo e disposição das embalagens desses produtos. Entretanto, com a fusão as indústrias de agrotóxicos e de sementes dando origem às sementes transgênicas, originou-se uma nova preocupação mundial diante da escassez de informações sobre a segurança ambiental e à saúde humana relativa à transgenia (KITAMURA, 2001).

Paralelamente a polêmica dos cultivos transgênicos, um grande movimento para o surgimento de uma nova agricultura talvez venha dos chamados sistemas de agricultura orgânica que reúnem a agricultura biológica, a biodinâmica, a natural, a agroecológica[25] e a orgânica propriamente dita.

Com base em princípios agroecológicos, o gerenciamento ambiental é encarado como uma nova função da agricultura, tornando-se responsável pela conservação dos recursos naturais (água, solo, biodiversidade), do patrimônio natural (paisagem) e pela qualidade dos alimentos. Apesar de ser encarado como o mais apropriado para a grande maioria dos estabelecimentos rurais do Brasil, o modelo baseado em princípios agroecológicos é muito

[24] ISO – International Organization for Standardization (Organização Internacional para a Normalização).
[25] Agroecologia – ciência que apresenta uma série de princípios e metodologias para estudar, analisar, dirigir, desenhar e avaliar agroecossistemas. Formas alternativas de agricultura, como por exemplo: a agricultura orgânica, natural, biodinâmica, permacultura, entre outras, são consideradas agroecológicas porque utilizam princípios agroecológicos em seus sistemas de produção, tendo em comum o respeito ao meio ambiente e ao ser humano.

questionado pelos defensores da agricultura convencional, que só o consideram viável em pequenas propriedades (MARGARIDO, 2003).

Diante de tais conceitos e modelos, a gestão ambiental do agronegócio deve se alicerçar numa abordagem holístico – ecológica. Esse enfoque implica o tratamento integral (antes – durante – e depois da produção) de todas as questões ambientais relevantes, de forma a exercitar o conceito do berço ao túmulo. Requer uma percepção completa e responsável do negócio, desde a sua concepção, incluindo as relações com os fatores de produção, notadamente os aspectos sociais, até o destino final de todos os produtos e serviços. Nessa perspectiva, podem ser relevantes as seguintes questões: adequação à legislação; alternativas viáveis; as indústrias de fatores de produção; implicações da opção, ou não, pela monocultura; erosão dos solos; poluição (ar, água e solo) química e orgânica; questões de transporte, tanto de fatores, como de produtos; tecnologias disponíveis e inovações esperadas (certamente inclui a questão dos transgênicos); indústria de transformação e todas as questões relativas a mercados e preços (IRIAS, 2000).

Em relação à agricultura transgênica, a expectativa ainda é de crescimento contínuo das lavouras desta modalidade, bem como do número de agricultores envolvidos. Pelo alto valor do agronegócio para a economia brasileira, verifica-se a necessidade de se criar uma infra-estrutura adequada para gestão ambiental aplicada à agricultura que considere a coexistência dos cultivos transgênicos com os demais convencionais e orgânicos.

Os benefícios da implantação de um sistema de gestão ambiental em outros setores também são válidos para o setor agroindustrial. Os benefícios de acordo com Keβeler e Silva Jr. (1997) são listados a seguir:

– Redução de Custos (economia de matéria-prima, aumento da produtividade, redução do consumo de energia, redução de dejetos);

– Melhoria da Competitividade da Empresa (melhoria da imagem da empresa frente a opinião pública, conquista de novos clientes e mercados, melhoria do posicionamento no mercado);

– Melhoria da Organização Interna na Empresa (motivação dos empregados, melhoria da qualificação dos empregados);

– Redução de Riscos (diminuição de risco de processos legais contra a empresa; diminuição do custo de seguros; aumento do limite de crédito, diminuição das exigências para aprovação de projetos; análise de erros na empresa).

Com a difusão da gestão ambiental, estes autores esperam que ocorra o mesmo fenômeno verificado com a gestão da qualidade, ou seja, empresas que possuam sistemas de gestão ambiental certificados, passarão a exigir que seus fornecedores também implantem sistemas eficientes. O aumento das exigências dos consumidores em relação à origem e a diferentes aspectos relacionados à qualidade de produtos, como verificado em outros setores econômicos, também poderá ser valido para a produção agrícola. As exigências do consumidor, demonstrada em última instância na decisão de compra, afetam todos os elementos da cadeia produtiva, chegando num efeito "dominó" até o produtor rural.

A importância e difusão da gestão ambiental na agricultura são ainda muito pequenas. Entretanto, é possível que cada vez mais empresas implantem tais sistemas e os certifique conforme normas internacionais, tal como ocorre em outros setores. A literatura, tanto nacional (XAVIER e CALDEIRA-PIRES, 2004) quanto internacional (WALL, WEESINK e SWANTON, 2001), dispõe de estudos das normas ISO série 14.000 na agricultura.

Além das características ecológicas espaciais diferenciadas no Brasil, deve-se também considerar que grande parte dos problemas de gestão ambiental na agricultura decorre de um

conhecimento insuficiente das condições e modalidades de produção existentes, bem como da conseqüente inadequação dos mecanismos e instrumentos de gestão propostos aos agricultores (NEUMANN e LOCH, 2002).

A implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para Agricultura deve considerar os benefícios já alcançados em outros setores como o das indústrias químicas – redução de riscos e de custos, melhoria organizacional – de modo a estendê-los para o setor agrícola. Para isso é necessária uma política ambiental agrícola bem definida, por ser este o requisito básico fundamental de um SGA.

3.2 SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL

A gestão ambiental procura integrar as diversas atividades produtivas com os recursos tecnológicos, humanos e naturais de forma que não haja degradação ambiental, sendo utilizados os SGAs adequados às suas necessidades e atividades, para gerenciar efetivamente o seu desempenho ambiental de maneira pró-ativa, continuada e sistemática (SHARLAND, 2000).

Os SGAs surgiram a partir de movimentos de organismos governamentais e não-governamentais em busca de uma metodologia que permitisse estabelecer requisitos básicos para criar um sistema de gestão ambiental que pudesse ser aplicado pelas empresas que tivessem interesse ou necessidade em proteger o meio ambiente. Nesse movimento, foram criadas as normas ISO série 14.000 com o objetivo de que serem adequadas a qualquer tipo de empresa. Podem estar sob a forma de uma norma internacional específica (ISO 14001 – certificável – Especificações para Implantação e Guia; ISO 14004 – não certificável – Diretrizes Gerais) ou um esquema (Environmental Management and Audit Scheme – EMAS, da Europa) ou atos (Environmental Protection Act – EPA, dos EUA) ou mesmo um sistema independente para os requisitos e modelo específicos de uma organização em particular.

O objetivo principal de um SGA deve ser a prevenção de ações que degradem o meio ambiente, independentemente se o SGA é certificável ou não, através da criação de uma estrutura e de mecanismos que permitam minimizar a poluição ambiental promovendo o desenvolvimento sustentável. Para efetividade de um SGA, devem ser atendidos os requisitos legais e as regulamentações e devem ser dispostos requisitos que permitam avaliar o desempenho ambiental de todas as atividades da empresa que possam afetar de alguma forma o meio ambiente, de modo a serem implementadas ações que visem a obtenção dos benefícios advindos do SGA.

Os SGAs não são obrigatórios, porém têm se mostrado instrumentos importantes para a competitividade industrial, sendo mais utilizados por indústrias, apesar de ser direcionado a qualquer tipo de empresa (NEUMANN e LOCH, 2002). São difundidos e aplicados principalmente em grandes indústrias, mas são pouco adotados nas pequenas indústrias e nas propriedades rurais. Nestes casos, segundo Prietto e Silva Jr. (2000), é preciso ser transposta uma barreira econômica e cultural. Estes autores citam inúmeras vantagens que podem ser alcançadas quando se implementa SGA; dentre as principais estão:

- diferencial no mercado;
- otimização na adoção e utilização de recursos;
- identificação de oportunidades de melhorias;
- identificação ao longo do tempo de custos e benefícios intangíveis; e
- redução expressiva da possibilidade de dano ambiental.

Na implantação de um SGA se distinguem cinco etapas (Conscientizar, Comprometer, Organizar, Verificar e Revisar/Aperfeiçoar o SGA) e em cada uma dessas etapas existe uma

série de fatores psicológicos implicados: valores, atitudes e condutas; formação ambiental, cultura organizacional e gestão das mudanças nas organizações, condições ambientais de trabalho como elementos de conforto, de segurança, de oportunidade ou facilitadoras dos comportamentos desejados, relações de grupo, influência social, comunicação e liderança (POL, 2003).

Mesmo que a implantação de SGA signifique um progresso em direção a um modelo sustentável, ela não está isenta de aspectos críticos, devido à defasagem entre teoria e prática. O principal obstáculo é a própria organização e suas resistências às mudanças internas e às mudanças em suas relações com a comunidade e parceiros externos (POL, 2003).

Um dos requisitos mais importantes para a implantação de um SGA é o planejamento[26], pois é nessa fase que a organização deve identificar seus aspectos ambientais e avaliar os impactos a ele associados, a fim de determinar aqueles que tenham ou possam ter impacto significativo sobre o meio ambiente (MARTINS e TARALLI, 2000).

A norma ABNT NBR (Associação Brasileira de Normas Técnicas, Normas Técnicas Brasileiras) ISO 14001:2004 [27] define impacto ambiental como sendo "qualquer modificação no meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização" e define aspecto ambiental como sendo o "elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente".

[26] O termo planejamento abrange atividades diversas nas categorias de planejamento estratégico (tomadas de decisões) e operacional, podendo-se ainda usar outros critérios de grandeza espacial (planejamento local, regional, nacional, etc.) ou de setores de atividades (planejamento rural, ambiental, econômico, etc.) (CHRISTOFOLETTI, 1999).

[27] ABNT NBR ISO 14001:2004 – Sistemas da gestão ambiental – requisitos com orientações para uso – segunda edição, 31/12/2004, 27 p.

O levantamento de aspectos e impactos ambientais é fundamental para um gerenciamento pró-ativo de qualquer sistema, devendo ser realizado de modo sistemático para que seu sucesso seja garantido. Esse levantamento deve fornecer um inventário para ações e formar uma base para implementar medidas de controle, ações corretivas ou preventivas, sendo uma ferramenta essencial para a tomada de decisões quanto à seleção correta de uma ação ou de um conjunto de ações (MARTINS e TARALLI, 2000).

A literatura dispõe ainda de um estudo sobre a implementação de um Sistema Informatizado (ou Computadorizado) de Gestão Ambiental (KEβELER e SILVA JR., 1997). Trata-se da implementação prática de um sistema de informações ambientais de empresas de atividade agrícola, cuja função principal é disponibilizar informações relevantes para a gestão ambiental, contribuindo para a diminuição dos efeitos no meio ambiente da atividade agrícola, conforme o esquema mostrado na figura 3.1.

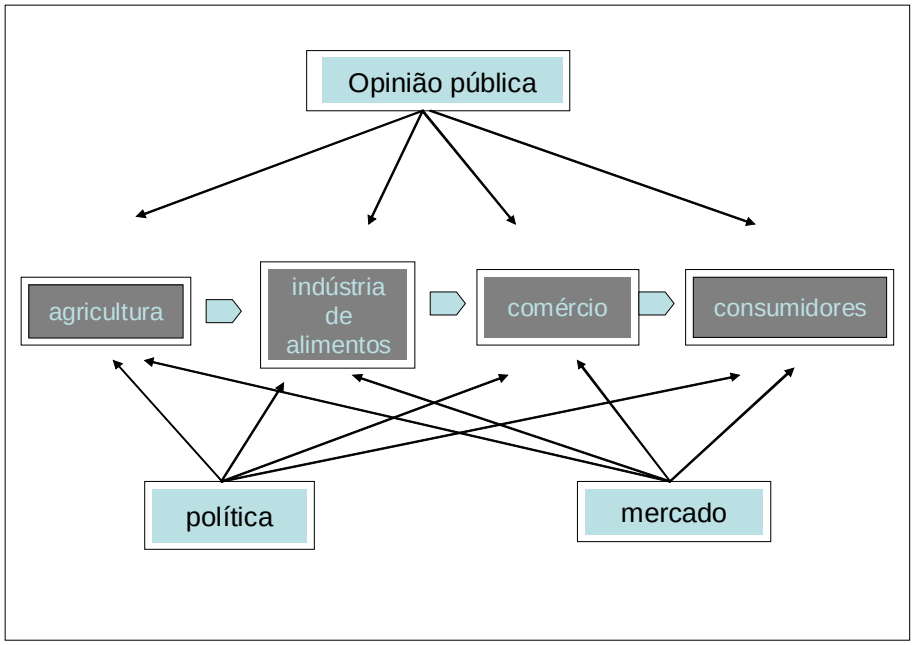


Figura 3.1 ESTRUTURA ESQUEMÁTICA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS
Fonte: Keβeler e Silva Jr., 1997

O sistema evidencia a necessidade de integrar informações externas. Além de apoiar a documentação, o sistema em avaliação é também um instrumento de planejamento, implementação e controle da gestão ambiental.

3.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) é um processo que pode ser definido como um conjunto de procedimentos que procuram assegurar que fatores ambientais, e também sociais, sejam adequadamente considerados no processo de tomada de decisões de empreendimentos de desenvolvimento (EGLER, P., 2001; ALMEIDA e BASTOS, 2002).

Uma versão das características básicas de uma AIA foi dada por Munn em 1975 (BRAGA *et al.*, 2002):

a. descrever a ação proposta e as alternativas também;

b. prever a natureza e a magnitude dos efeitos ambientais;

c. identificar as preocupações humanas relevantes;

d. listar os indicadores de impacto a serem utilizados e para cada um definir sua magnitude; e

e. a partir dos valores previstos em (b) acima, determinar os valores de cada indicador e o impacto ambiental total.

A AIA é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei n° 6.938/81, de grande importância para gestão institucional de planos, programas e projetos, em nível federal, estadual e municipal. Para implementação da AIA, dispõe-se de instrumentos legais como o EIA/RIMA e de outros documentos necessários ao Licenciamento Ambiental: o

Plano de Controle Ambiental – PCA, o Relatório de Controle Ambiental – RCA e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD (ABSY, ASSUNÇÃO e FARIA, 1995).

Atribui-se à AIA quatro papéis complementares entre si de apoio à tomada de decisão, com base nas próprias características dos problemas ambientais que são multidisciplinares, multidimensionais e multisetoriais (CANTARINO, 2003):

- Instrumento de ajuda à decisão, que é considerado o objetivo principal da AIA;
- Instrumento de ajuda à concepção de projetos;
- Instrumento de negociação entre atores sociais;
- Instrumento para gestão ambiental.

Os EIAs têm por objetivo a condução, no final do processo de AIA, à formulação de um Plano de Gestão Ambiental – PGA de determinado empreendimento que, por sua vez, subsidiará a estruturação do SGA .

A partir da regulamentação pelo Decreto nº 88351 em 1983, os EIAs para intervenções de âmbito local e regional – como projetos agrícolas em escala, estradas, barragens, fábricas e agroindústrias – passaram a ser obrigatórios. Posteriormente, outras atividades como as realizadas com OGMs, foram incorporadas, levando ao aumento de pesquisas relacionadas com os problemas técnicos e metodologias diretamente relacionadas com os mesmos (MARTINS, 2004).

Os impactos ambientais devem ser analisados em termos de sua natureza, magnitude e significância, levando-se em consideração as funções e fluxos que definem suas inter-relações, bem como a dinâmica e a estrutura (organização) do meio ambiente no tempo e no espaço, para se alcançar uma concepção global (CANTARINO, 2003).

Dependendo do tipo de empreendimento, encontram-se na literatura diferentes métodos de avaliação de impactos ambientais. Para identificação de aspectos ambientais são utilizadas ferramentas analíticas criadas para identificar riscos de processos, sendo reconhecidas como importantes instrumentos na gestão efetiva da segurança de processos e do meio ambiente. Entre as ferramentas e técnicas mais utilizadas tem-se: APR (Análise Preliminar de Riscos); "What / if"; HAZOP (Hazard and Operability Studies); FMEA (Failure Mode and Effect Analysis); AAF (Análise de Árvores de Falhas). Um outro exemplo é a aplicação da técnica desenvolvida pela Fundação Christiano Ottoni (Belo Horizonte, 1996), baseada no preenchimento da Tabela de Identificação de Impactos Ambientais. Nesta tabela são discriminadas todas as atividades operacionais de cada uma das unidades e faz-se a identificação de aspectos a ela relacionados, através das entradas e saídas de matérias-primas e recursos naturais em cada atividade (TORQUETTI, 2001).

Em relação à identificação e avaliação de impactos ambientais, há uma ampla variedade de métodos disponível na literatura, a saber: métodos ad hoc, das listagens de controle, das matrizes de interação, da superposição de cartas, das redes de interação, dos modelos de simulação, da análise benefício-custo e da análise multiobjetivo (BRAGA *et al.*, 2002). Cada método apresenta vantagens e desvantagens, por tratar problemas e objetivos específicos, e a seleção, adaptação e desenvolvimento dos métodos dependem dos objetivos da avaliação (RODRIGUES e CAMPANHOLA, 2003).

Com o objetivo de disponibilizar um instrumento para suprir a carência de informações sobre os aspectos ambientais das atividades produtivas no Brasil, foi elaborado pelo Banco do Nordeste (1999) um Manual de Impactos Ambientais através de consultas a vários documentos existentes em nível mundial. Ao mesmo tempo, foram desenvolvidos e implementados mecanismos operacionais para observância da variável ambiental no seu

processo de concessão e gestão de crédito. Para cada tema abordado (agropecuária, agroindústria, indústrias diversas, turismo, mineração, infra-estruturas como saneamento, irrigação, projetos de transporte e represas) foram relacionadas medidas atenuantes a serem adotadas para minimizar ou compensar o efeito dos principais impactos negativos das atividades envolvidas, além de serem apresentadas as principais legislações federais aplicáveis a cada atividade.

Na área agropecuária, Xavier e Caldeira-Pires (2004) atentam para o fato de que o desenvolvimento e a aplicação de ferramentas de análise de impacto ambiental dos sistemas de produção visam produzir uma exploração agrícola ajustada aos princípios de sustentabilidade.

3.4 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL NA AGRICULTURA

Para atividades do espaço rural, Rodrigues e Campanhola (2003) consideraram que o método de avaliação de impactos ambientais deve atender à grande variedade de atividades agrícolas e não-agrícolas do que foi denominado “Novo Rural”, nas mais diferentes condições ambientais. O método deve ser apropriado para guiar a escolha de atividades, tecnologias e formas de manejo, de acordo com as potencialidades e restrições de uso do espaço rural e de sua inserção nos objetivos de desenvolvimento local sustentável.

Estes autores desenvolveram o Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA - Novo Rural) dedicado a AIA das atividades emergentes do Novo Rural, adotando-se os seguintes princípios: ser aplicável a qualquer atividade do meio rural brasileiro, indicando pontos críticos para correção do manejo; atender ao rigor da comunidade científica e ao mesmo tempo permitir o uso prático pelos agricultores/empresários rurais; contemplar, de forma abrangente, os aspectos ecológicos,

econômicos e sociais em um número adequado e suficiente de indicadores específicos; ser informatizado e prover uma medida final integrada do impacto ambiental da atividade. O método foi considerado abrangente e suficiente para aplicação em campo na avaliação do impacto de atividades agropecuárias, tendo como grande vantagem em relação a outros métodos disponíveis a possibilidade de agregar componentes de diferentes naturezas. Isto permite a composição de índices parciais de impacto ambiental para cada dimensão – ecológica, sociocultural, econômica e de gestão – e ao mesmo tempo de um índice agregado de avaliação de impacto ambiental.

O sistema APOIA - Novo Rural é composto de 62 indicadores quantitativos que integram as dimensões de ecologia da paisagem, qualidade dos compartimentos ambientais, valores socioculturais e econômicos e gestão e administração, proporcionando uma medida objetiva da contribuição da atividade agropecuária pra o desenvolvimento local sustentável. O sistema permite a interação entre pesquisadores, produtores/responsáveis e gestores sociais dos municípios, e serve para a comunicação e armazenamento das informações sobre os impactos ambientais. O método foi aplicado em 20 estabelecimentos rurais com atividades de agricultura orgânica em Ibiúna (SP) e região (Ambiente Brasil Notícias, 12/06/2004).

Para atividades agropecuárias foi também desenvolvido o Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Sistema AMBITEC). O sistema emprega um conjunto de planilhas eletrônicas (plataforma MS-Excel®) construídas para permitir a consideração de diversos aspectos ambientais de contribuição de uma dada inovação tecnológica para melhoria ambiental na produção agropecuária (RODRIGUES, CAMPANHOLA e KITAMURA, 2002). Os aspectos considerados são compostos por indicadores organizados em matrizes de ponderação automatizadas, nas quais os componentes dos indicadores são valorados conforme conhecimento pessoal do produtor adotante da

tecnologia, para gerar o índice de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária (IRIAS *et al.*, 2004).

A literatura dispõe ainda do Método AGRO*ECO de Avaliação de Impactos Ambientais de Práticas Agrícolas no Meio Ambiente (GIRARDINI, BOCKSTALLER e WERF, 2000). O método é adaptado para caracterizar tanto o efeito de uma atividade agrícola sobre todos os componentes ambientais quanto a suscetibilidade de um componente ambiental em relação a todas as práticas agrícolas relativas a um dado cultivo. É apresentado em dois estágios, sendo o primeiro de cálculo de módulos de avaliação que estimam o impacto de cada técnica agrícola sobre cada componente ambiental. No segundo estágio, esses módulos de avaliações individuais são agregados para elaborar um critério de síntese simples ou para escolher, selecionar ou classificar os sistemas de gestão dos cultivos por métodos multicritérios ou para gerar indicadores ambientais. Nove indicadores foram testados, entre eles: pesticidas, irrigação, estruturas ecológicas, fornecendo em conjunto um painel de controle para o agricultor.

Para caracterização de impactos ambientais na agricultura foi avaliado o uso potencial da metodologia de Análise de Ciclo de Vida (ACV). Trata-se de uma ferramenta para análise das relações entre os sistemas ambientais produtivos e o ambiente (XAVIER e CALDEIRA-PIRES, 2004). A ACV é um instrumento de gestão ambiental centrado sobre um produto concreto, e não sobre a atividade global da organização. Sua finalidade é avaliar e reduzir, desde a fase de projeto, os impactos associados e associáveis ao produto. Além do benefício de melhorar o comportamento ambiental da organização produtora, ao submeter um produto a uma ACV tem-se a possibilidade de obter o direito de usar uma ecoetiqueta. A ACV está regulada pela ISO 14040 e a regulação das ecoetiquetas pela ISO 14020, além das leis específicas de cada país (POL, 2003).

A aplicação da ACV à agricultura é relativamente nova e complexa. As bases dessa metodologia foram desenvolvidas nos países de clima temperado, principalmente os europeus com foco orientado especialmente para os produtos industrializados. No Brasil, há poucos trabalhos dedicados à ACV, sobretudo para produtos agrícolas. Esta restrição reside no fato de o processo de produção agrícola, bem como a aplicação da metodologia de ACV a produtos da agricultura apresentar complexidades e particularidades em relação a sua aplicação a produtos industrializados.

Conforme avaliação dos estudos disponíveis, Xavier e Caldeira-Pires (2004) concluem que a ACV é uma ferramenta promissora na avaliação de impactos ambientais na agricultura, visando ao desempenho ambiental dos sistemas de produção agrícola. No entanto, para sua plena utilização, é necessário um maior desenvolvimento metodológico, visando adequá-la às peculiaridades e à complexidade da agricultura. Além disso, nos estudos de ACV para a agricultura é necessária a inclusão de elementos econômicos e sociais, uma vez que a viabilidade da agricultura necessita da análise destes elementos além dos aspectos ambientais a ela relacionados, visando ajustar as avaliações ao conceito do desenvolvimento sustentável.

3.4.1 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE CULTIVOS TRANSGÊNICOS

Em relação aos cultivos transgênicos, o número de pesquisadores envolvidos em estudos de avaliação de impacto ambiental é pequeno comparado com os que trabalham no desenvolvimento de novas variedades. Mesmo nos EUA, a verba destinada à pesquisa de avaliação de risco representa apenas 1% de todo o programa de pesquisa de biotecnologia do departamento de Agricultura dos EUA – USDA (ERVIN *et al.*, 2003).

Quanto à avaliação de impacto ambiental da introdução de plantas transgênicas por meio de EIA no Brasil, Schlindwein (2004) chama atenção para falta de clareza que existe sobre a diferença entre a avaliação científica dos impactos ambientais da introdução destas

plantas e a estimativa ou projeção de impacto ambiental, normalmente apresentada em um EIA. Este autor salienta que a avaliação científica dos impactos ambientais implica a adoção de um procedimento normativo próprio, baseado em procedimentos próprios à investigação (experimentação) científica, como a adoção de um delineamento experimental e a aplicação de testes estatísticos e que os EIAs não são estudos científicos no seu sentido estrito, ainda que embasados em resultados científicos, não sendo um instrumento objetivo de avaliação de impacto ambiental e sim um instrumento político em um processo de tomada de decisão, uma vez que incorpora elementos não científicos.

Exemplos de estudos sobre avaliação de impactos ambientais de cultivos transgênicos são citados por Siqueira *et al.* (2004), os quais passam por várias fases até o produto ser colocado no mercado, conforme ilustra a figura 3.2. Os protocolos de liberação consideram, além dos preceitos técnicos, questões éticas locais e de tratados internacionais, sendo a análise sobre a segurança dos OGMs feita com base na legislação e em mecanismos regulatórios específicos. Como medidas de precaução, as cultivares liberadas para plantios comerciais devem seguir as recomendações agronômicas indicadas para produção sustentável, além de aspectos específicos dos cultivos transgênicos, como: estabelecimento de áreas de refúgio, rotação com culturas não transgênicas e isolamento espacial ou temporal para evitar a disseminação do transgene.

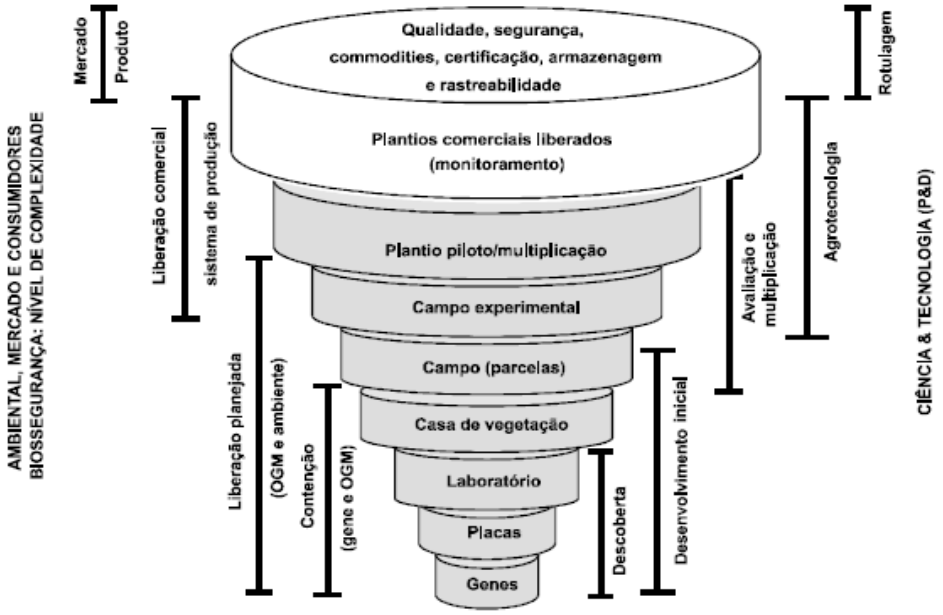


Figura 3.2 HIERARQUIZAÇÃO E INTEGRAÇÃO SEQÜENCIAL DE ANÁLISE DA BIOSSEGURANÇA DE OGMS NO ÂMBITO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E NÍVEL DE COMPLEXIDADE AMBIENTAL, DE MERCADO E CONSUMIDORES
Fonte: Siqueira *et al.*, 2004

A necessidade de informações fidedignas relativas aos lançamentos comerciais e às conseqüências ambientais e à segurança alimentar dos OGMs é requerida pela sociedade em nível global, sendo de grande importância o desenvolvimento de métodos para a avaliação dos impactos ambientais da agricultura transgênica. Diante dessa situação, o potencial de risco de produtos GMs vem sendo estudados e metodologias de avaliação de risco ambiental de OGMs vêm sendo desenvolvidas pela EMBRAPA, como já abordado no item 2.3.4 , principalmente pela Rede BioSeg e pelo Projeto GMO ERA.

Recentemente, uma proposta metodológica desenvolvida por pesquisadores da EMBRAPA Meio Ambiente destina-se à análise de risco de vegetais GMs, com o objetivo de prever, ou mitigar, a ocorrência de um impacto negativo, preconizando a análise realizada *ex ante*, ou seja, antes dos testes de campo ou do impacto propriamente dito (JESUS *et al.*, 2006). A metodologia é realizada por meio de duas ferramentas: planilha de evidência de

risco e matriz de avaliação de risco. Na primeira, uma série de indicadores de risco são inseridos, desde parâmetros diretamente ligados às características das plantas ou de suas modificações genéticas, até questões relacionadas às ocorrências inesperadas, como, por exemplo, fluxo gênico e disseminação de OGMs devido à falha operacional. Os riscos são ponderados de modo a estimar a magnitude e a significância dos riscos. Posteriormente, os dados são plotados na matriz de avaliação de risco que permite a visualização de forma abrangente dos riscos envolvidos. Deste modo, o produtor consegue visualizar quais são os indicadores que mais necessitam de monitoramento para, em seguida, tomar atitudes específicas para cada caso e as medidas a serem tomadas são agrupadas de acordo com um nível crescente de exigências[28].

3.5 GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA

Tem sido observada no Brasil uma fragmentação na definição e implementação de políticas para o tratamento de sistemas complexos e incertos como o ambiente. Muitos fatores podem ser invocados para explicar a fragmentação de políticas ambientais, sendo destacado o que se refere à questão do ambiente ser tratado como formado de distintos e separados recursos, meios e sistemas – ar, água, energia, solos, plantas, etc. A iniciativa que vem sendo desenvolvida pelo MMA, visando superar a fragmentação no tratamento das questões ambientais, é o redesenho de procedimentos de planejamento e mais especificamente de gestão ambiental, de uma forma integrada (SANTOS e CÂMARA, 2002).

O Brasil tem buscado a integração dos diferentes instrumentos disponíveis para propiciar de forma conjunta um avanço nas práticas de gestão ambiental. Para esta nova perspectiva, decidiu-se cunhar o nome Gestão Ambiental Integrada, visto que ela integra os

[28] Com a finalidade de otimizar e facilitar a utilização desta metodologia, um software, o GMP-RAM v.1.1, encontra-se disponibilizado no site da EMBRAPA Meio Ambiente: http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp_ram.php3.

diferentes instrumentos de planejamento e gestão ambiental que vêm sendo desenvolvidos, desde o surgimento dos EIAs, com o objetivo de propiciar uma perspectiva mais abrangente e efetiva de gestão ambiental, considerando o ambiente de forma integrada.

Cabe mencionar que a denominação Gestão Ambiental Integrada é também empregada nos trabalhos desenvolvidos integrando as áreas de meio ambiente, qualidade, segurança e saúde ocupacional, de modo a promover uma conscientização maior de todas as camadas da organização (SOBRAL, MADRUGA e FIGUEIREDO, 2001).

O processo de gestão ambiental integrada proposto por Santos e Câmara (2002) deve incluir atividades e práticas de previsão (planejamento), avaliação (controle) e acompanhamento (monitoramento) que devem ser iniciadas desde o nível mais geral até o detalhamento no nível mais específico. Deve ser aplicável às relações das atividades desenvolvidas com o meio ambiente desde sua origem e ao longo de toda sua vida útil.

3.5.1 PLANEJAMENTO

As atividades que servem de base às tomadas de decisões podem ser categorizadas em dois grupos: a organização do próprio processo de tomada de decisão e a produção de resultados tangíveis na forma de políticas, planos e programas – PPPs (CHRISTOFOLETTI, 1999). Para o planejamento na gestão ambiental integrada é proposta a aplicação da Avaliação Ambiental Estratégica – AAE (Strategic Environmental Assessment – SEA), cujo objetivo principal é avaliar as implicações das PPPs[29] no contexto das dimensões econômica, ambiental e social.

Trata-se de uma prática recente no campo da avaliação ambiental. Com a AAE, os projetos devem ser pensados de forma integrada, ainda na fase de planejamento, observando

[29] PPPs também é a sigla empregada para Parcerias Público-Privadas para realização de obras e prestação de serviços públicos, segundo acordo firmado entre a administração pública e entes privados que estabelece vínculo

previamente e de maneira bem ampla as questões ambientais e sociais, antecipando possíveis conflitos judiciais.

Os diferentes documentos e estudos sobre a AAE, elaborados em nível internacional, têm apontado que a prática do planejamento é fundamental para questão ambiental e, mais especificamente, para a viabilização do desenvolvimento sustentável (EGLER, P.C., 2001).

Muitos especialistas e organizações internacionais têm fortemente apoiado o uso da AAE para superar deficiências verificadas na AIA. Enquanto a AIA apresenta as mesmas características seja qual for a natureza do empreendimento, o processo da AAE assume distintas e variadas formas tanto em termos de modelos institucionais em que opera quanto em termos do seu conteúdo técnico (LIMA, 2003).

A deficiência considerada mais importante do processo de AIA é que ele tende a ocorrer muito tarde no processo de planejamento e de desenho de um empreendimento, tornando-se difícil assegurar que todas as alternativas possíveis e relevantes ao projeto sejam adequadamente consideradas. O processo de planejamento de um empreendimento é tido como convergente, isto é, as decisões iniciais são feitas com base em informações pouco precisas, evoluindo progressivamente para decisões fundamentadas com base em informações mais detalhadas, sobretudo em nível técnico e econômico. Contrariamente, a AIA, de acordo com seus princípios básicos, é usualmente considerada como um processo pelo qual uma ampla gama de opções deve ser estudada de forma igualmente detalhada, até que uma opção possa ser feita após avaliação comparativa detalhada (EGLER, P.C., 2001).

3.5.1.1 AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA – AAE

jurídico entre eles, visando a implantação ou gestão no todo ou em parte de serviços, empreendimentos e atividades de interesse público.

A AAE foi definida por Partidário em 1999 como “um procedimento sistemático e contínuo de avaliação da qualidade e das conseqüências ambientais de visões e de intenções alternativas de desenvolvimento, incorporadas em iniciativas de política, planejamento e de programas, assegurando a integração de considerações biofísicas, econômicas, sociais e políticas, o mais cedo possível em processos públicos de tomada de decisão” (PARTIDÁRIO, 2003).

A avaliação ambiental aplicada a políticas, planos e programas (PPPs) foi mencionada pela primeira vez no National Environmental Policy Act – NEPA, que introduziu a avaliação de impacto ambiental na política de meio ambiente dos EUA em dezembro de 1969. Porém, foi somente nos últimos anos que em diferentes formas, contextos e intensidade, passou a ser implementada, formal ou informalmente, em países como o Canadá, a Holanda, a Nova Zelândia e a Austrália.

No Brasil, estudos de AAE têm sido realizados na esfera do MMA, para verificar que ações se apresentam como necessárias, para que a implementação da AAE seja exeqüível no contexto da estrutura de planejamento nacional, e do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MP, para realização de uma AAE para os PPPs relativos às regiões Norte e Centro-Oeste do Programa Avança Brasil (SANTOS e CÂMARA, 2002). Outro estudo relevante foi o de “Avaliação Ambiental Estratégica dos Planos de Desenvolvimento das Atividades de Exploração, Produção, transporte e Uso de Petróleo e Gás Natural no Litoral Sul da Bahia” pelo Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente (LIMA), da COPPE/UFRJ. Ainda, o Deputado Fernando Gabeira (PV-RJ) é autor de projeto que propõe a alteração da Lei do Meio Ambiente para determinar a realização de AAE na formulação de PPPs pelo poder público (Ambiente Brasil Notícias, 08/03/2005).

De modo específico, a AAE é um prolongamento e aplicabilidade dos EIAs. Trata-se de uma forma de política ou programa de análises de impactos ambientais em etapas, aninhadas ou seqüenciais, que procuram propiciar uma estrutura dentro da qual possa ser situado cada projeto, programa ou avaliação de impactos ambientais. Os EIAs podem ser empregados ao nível de projeto, em etapa que se incorpora com os estudos ambientais estratégicos, interligando-os aos programas e aos níveis políticos (CRISTOFOLETTI, 1999).

Como já mencionado, o processo de AAE possui capacidade potencial de superar as deficiências técnicas identificadas no processo de AIA, sobretudo no que diz respeito à natureza reativa ao invés de pró-ativa desse processo. Nesse sentido, questões como a consideração de diferentes alternativas (por exemplo: de escala, de localidade, de tempo, de tecnologia) e as medidas de mitigação são entendidas e concebidas como já decididas no âmbito dos projetos (o nível de aplicação do processo de AIA) o que deixa limitadas as possibilidades para sua modificação. Ademais, a AIA de projetos é regularmente restrita à consideração dos impactos diretos do empreendimento, desconsiderando uma diversidade de outros possíveis impactos que usualmente recebem a designação de impactos cumulativos, que podem assumir diferentes formas, a saber (EGLER, P.C., 2001):

- impactos aditivos dos empreendimentos que não requerem a AIA, de acordo com a maioria das legislações existentes, tais como os projetos de pequena escala, projetos agrícolas que ocupem áreas menores que 10.000 hectares, etc.;

- impactos sinergéticos, no qual o impacto total de diferentes projetos excede a mera soma dos impactos individuais;

- impactos de limite ou de saturação, onde o ambiente pode ser resiliente até um certo nível, a partir do qual se torna rapidamente degradado;

– impactos induzidos ou diretos, onde um projeto de desenvolvimento pode estimular/induzir projetos secundários, sobretudo de infra-estrutura;

– impactos por estresse de tempo ou de espaço, onde o ambiente não tem nem tempo nem espaço para se recuperar de um impacto, antes que seja submetido a outro; e

– impactos globais, tais como os que ocorrem na diversidade biológica e no clima do planeta.

O quadro 3.1 resume as diferenças entre AIA e AAE.

Quadro 3.1 - DIFERENÇAS ENTRE AIA E AAE

AIA	AAE
Forma de avaliação ambiental que apresenta as mesmas características processuais e natureza, qualquer que seja o projeto que se aplica, distinguindo-se apenas no conteúdo substantivo da análise.	Forma de avaliação ambiental flexível e adaptativa apresentando maiores variações no quadro da sua aplicação efetiva e potencial.
Nível de precisão mais quantitativo.	Nível de precisão mais qualitativo.
Descrição do projeto (especialidades e dados precisos), definição geográfica ou tecnológica específicas.	Descrição dos objetivos e das diretrizes práticas, do programa e dos principais projetos que o compõem, e descrição do quadro legal e institucional do setor.
Diagnóstico ambiental da área de influencia freqüentemente em nível de detalhamento adequado a uma escala local.	Diagnóstico ambiental em escala regional, identificação de áreas homogêneas, determinação da área ambientalmente frágil.
Avaliação dos impactos ambientais das ações do projeto (relações causa/efeito, a partir de ações específicas do projeto, nível de precisão acurado).	Avaliação dos impactos ambientais típicos e gerais de um setor ou em uma área, identificação de impactos cumulativos e sinérgicos de diversos projetos.
Medidas mitigadoras predominantemente de natureza técnica e equipamentos.	Medidas mitigadoras de natureza legal, institucional econômica e técnica.

Fonte: LIMA, 2003

Outro aspecto que o processo de AAE pode vir a desempenhar é na promoção da sustentabilidade do desenvolvimento, através da sua atuação como procedimento de coordenação dentro dos diferentes níveis das atividades de planejamento governamentais,

promovendo a integração das dimensões ambiental, social e econômica no processo de tomada de decisão (SANTOS e CÂMARA, 2002).

De acordo com a literatura sobre o processo de AAE e, também, com a análise das principais experiências relacionadas com a aplicação prática desse processo em âmbito nacional, regional e local, três tipos principais de ação podem ser submetidos a um processo de AAE (SANTOS e CÂMARA, 2002):

a) PPPs setoriais (por exemplo, energia e transporte);

b) PPPs relacionados com o uso do território, que cobrem todas as atividades a serem implementadas em uma determinada área e;

c) Políticas ou ações que não, necessariamente, se implementam por meio de projetos, mas que podem ter impactos ambientais significativos (por exemplo, políticas de incentivos ou de créditos).

Devido a natureza integrada desta tripla contextualização, é preciso considerar o território onde serão implantados os PPPs para aplicação do processo de AAE, bem como o contexto político e ideológico para concepção e aprovação dos mesmos (EGLER, P.C., 2001). Ainda, devem ser ponderadas as atividades setoriais que serão desenvolvidas dentro e fora das fronteiras deste território. Por exemplo, com estas considerações, vem sendo proposto pelo MMA o procedimento de gestão por ecossistemas/biomas que requer uma compreensão mais aprofundada dos sistemas sociais e econômicos e de suas interações com os sistemas biofísicos (SANTOS e CÂMARA, 2002).

Como o processo de AAE pode ser descrito como a análise e a avaliação tanto dos impactos ambientais, como dos efeitos sociais e econômicos das políticas, planos e programas estabelecidos em um determinado contexto (nacional, regional, local ou setorial), a aplicação

desse processo pode facilitar o desenvolvimento e a implantação de procedimentos de coordenação, de forma a evitar inconsistências e conflitos entre os objetivos, as metas e os atores participantes desses PPPs. No que diz respeito à implementação de um exercício de avaliação estratégica, aspecto relevante é a identificação dos tópicos que deverão ser considerados e incluídos no estudo a ser desenvolvido. A escolha dos tópicos a serem incluídos na AAE é influenciada pelos seguintes fatores:

a) Leis, regulamentos e padrões ambientais;

b) Objetivos das políticas ambiental, social e econômica;

c) Consulta ao público, e

d) Decisões anteriores ou posicionamento de grupos relevantes.

Diferentes tópicos/atividades a serem avaliados pela AAE podem ter características diversas, podendo-se adotar uma visão biofísica (estreita) do ambiente ou uma visão mais ampla, incorporando aspectos socioeconômicos. Para mensuração dos impactos relativos a estes diferentes tópicos/atividades são utilizados indicadores ambientais ou de sustentabilidade (que inclui os econômicos e sociais). Como é impossível medir e prever todos os impactos de um PPP, indicadores são usados para representar o estado e os impactos sobre os diferentes aspectos do ambiente. Por exemplo, eles podem ser usados para medir as condições do ambiente inicial (sem nenhuma intervenção), prever impactos, comparar alternativas e monitorar a implementação do PPP (SANTOS e CÂMARA, 2002).

A AAE possui diversas aplicações, desde a composição de tratados internacionais, processos de privatização, programas operacionais de ajustamento, programas operacionais de estruturação, orçamentos nacionais, planos plurianuais de investimento, propostas de legislação e regulamentação, políticas globais e setoriais, planejamento físico de uso do solo,

planejamento de recursos hídricos, até planejamentos setoriais, dentre outros. Apesar de seu enorme leque de aplicações, a AAE só se torna eficaz se realizada de forma integrada e compatibilizada aos outros mecanismos de decisão, como por exemplo: com os programas nacionais de política ambiental, com os planos operacionais de gestão ambiental, com as agendas 21 – gerais ou setoriais, nacionais, regionais ou locais (LIMA, 2003).

A realização da AAE envolve algumas questões iniciais e uma seqüência de atividades incluindo a identificação das decisões estratégicas que devem ser avaliadas, das etapas de avaliação e das técnicas e métodos apropriados para a execução de cada uma delas. São sugeridas as seguintes etapas para a realização da AAE (LIMA, 2003):

- Seleção de propostas de decisão estratégica (screening);
- Estabelecimento de prazos (timing);
- Definição do conteúdo da avaliação (scoping);
- Avaliação dos impactos estratégicos;
- Documentação e participação;
- Revisão;
- Decisão;
- Acompanhamento da implementação da decisão estratégica.

3.5.2 CONTROLE

Em relação ao controle na gestão ambiental integrada, é proposta uma reavaliação do processo de EIA, devido a questionamentos relativos à sua efetividade e eficiência como instrumento no processo de tomada de decisões. Segundo avaliações desenvolvidas pelo

MMA, três questões têm sido consideradas como fundamentais para que a prática do EIA no Brasil seja desenvolvida de forma efetiva e conseqüente (SANTOS e CÂMARA, 2002):

- A primeira questão refere-se a mudanças na forma de participação do público, passando a acontecer desde o momento inicial do processo de EIA, propiciando o desenvolvimento de um estudo de maior qualidade e legitimidade, evitando futuras reações ao projeto a ser implantado por parte de uma população;

- A segunda questão apontada, como merecendo medidas corretivas no contexto do EIA, diz respeito à necessidade de montagem de sistemas de informação que permitam organizar e tornar disponíveis dados fundamentais para o desenvolvimento de estudos de avaliação. O escopo dessa questão transcende o do EIA e tem pertinência também para AAE[30];

- A terceira e última questão que vem sendo enfrentada no Brasil (SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente) no domínio dos EIAs refere-se à sustentabilidade do processo, envolvendo reforma institucional compreendendo aspectos de natureza tanto legal quanto conceitual e organizacional.

3.5.3 MONITORAMENTO

Quanto ao monitoramento na gestão ambiental integrada, a atividade pode ser dividida em duas: monitoramento de implementação e o monitoramento dos impactos. A primeira

[30] No Brasil, o SINIMA – Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente, estabelecido quando da implementação da Política Nacional do Meio Ambiente na década de 1980, nunca se tornou viável por problemas institucionais. Na década de 1990, a questão foi retomada com o Programa de Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE que só foi possível de ser realizado apenas em alguns estados da federação, sobretudo na Amazônia Legal Brasileira. Dento do propósito de estabelecer no País um sistema de licenciamento ambiental mais efetivo, o SISNAMA incluiu como uma das prioridades nas ações de fortalecimento dos EIAs a questão da informação. Finalmente, na nova Lei de Biossegurança nº 11.105/05 é criado um Sistema de Informação em Biossegurança no âmbito do MCT, destinado à gestão das informações decorrentes das atividades de análise, autorização, registro, monitoramento e acompanhamento das atividades que envolvam OGM e seus derivados. Os sistemas de informações funcionam como instrumentos ou modelos de suporte às tomadas de decisões,

corresponde à tarefa de aferir se a ação sob avaliação foi implementada de acordo com o que foi aprovado, e que as medidas mitigadoras foram realizadas como especificado na AAE ou no EIA; a segunda envolve a comparação entre os resultados da implementação da ação e de seus impactos, vis a vis às previsões e aos compromissos feitos anteriormente no processo de AAE e de EIA.

Para estabelecer procedimentos mais eficientes de monitoramento, superando os problemas advindos das incertezas das práticas de gestão ambiental, tem sido proposto o uso da gestão adaptativa, conforme definição de Lee & Dancey (1993) (SANTOS e CÂMARA, 2002):

"Gestão adaptativa é aquela que aplica o conceito de experimentação ao desenho e implementação de políticas de recursos naturais e ambientais. Uma política adaptativa é aquela que desde seu início é desenhada para testar hipóteses claramente formuladas sobre o comportamento de um ecossistema que está sendo alterado pelo homem... se a política funciona, a hipótese é confirmada. Mas se falha, um desenho adaptativo ainda permite o aprendizado, de forma a que futuras decisões possam se beneficiar de uma base melhor de conhecimentos."

O processo de gestão adaptativa provê a melhor oportunidade para a escolha da melhor ação de gestão. Quando os sistemas sob gestão são complexos, a gestão adaptativa permite que decisões erradas ou inadequadas possam ser detectadas e apreendidas em um processo de aprendizado, de forma que decisões futuras possam ser mais bem desenvolvidas.

3.5.4 COMPARAÇÃO ENTRE GESTÃO TRADICIONAL E GESTÃO INTEGRADA

---

procurando estabelecer determinados critérios e requisitos para que os objetivos possam ser alcançados (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Além dos aspectos apontados no domínio do planejamento, do controle e do monitoramento, um outro desafio se coloca para a implantação do processo de gestão integrada é a questão institucional. A efetiva implementação do processo de gestão ambiental integrada depende do resgate da prática do planejamento governamental, como mecanismo de concertamento e integração de políticas. O quadro 3.2 apresenta as principais diferenças entre os procedimentos de gestão tradicional e de gestão integrada.

Quadro 3.2 DIFERENÇAS ENTRE GESTÃO TRADICIONAL E GESTÃO INTEGRADA

GESTÃO TRADICIONAL	GESTÃO INTEGRADA
- Tomada de decisão 'TOP DOWN'	- Participação de diferentes níveis
- Centralizada, Linear	- Descentralizada, com retro-alimentação
- Aversa a riscos	- Admite riscos
- Decisões finalistas	- Aceita revisar/revisitar e admite erros
- Visão Impositiva	- Visões compartilhadas
- Dentro dos limites administrativos	- Através dos limites administrativos
- Ator individual	- Parcerias

Fonte: Santos e Câmara, 2002.

As principais dificuldades para a implementação dessa nova perspectiva de gestão ambiental são relativas (1) ao desenvolvimento de procedimentos metodológicos adequados a trabalhar os altos níveis de incerteza dos sistemas ambientais; (2) às mudanças institucionais para maior cooperação e parceria intra e inter-agências governamentais; (3) ao desenho de novos arranjos institucionais, principalmente, no que se refere à participação do público no processo de tomada de decisão e à necessidade de uma ciência com características de maior interdisciplinaridade.

Portanto, a gestão integrada representa a conjugação de diferentes procedimentos/instrumentos de gestão e de avaliação que foram sendo desenvolvidos, desde o início da década de 1970. Os recentes instrumentos desenvolvidos – AAE, gestão adaptativa,

gestão de ecossistemas/biomas, tiveram como objetivo dar soluções a problemas identificados no processo de implementação dos instrumentos de gestão ambiental em uso, sobretudo o EIA.

3.6 CENÁRIOS PARA GESTÃO AMBIENTAL

Na fase de planejamento para implantação de um SGA são utilizados modelos como instrumentos para simulação de cenários possíveis, em função de mudanças ambientais. A construção de cenários prospectivos é uma tarefa importante para o conhecimento das dimensões da questão ambiental e para contribuir na busca de soluções para superá-la, sendo considerado um instrumento fundamental nos estudos sobre impactos ambientais, a fim de avaliar as repercussões em face das possíveis alternativas na implantação dos projetos (SANTOS e CÂMARA, 2002; CHRISTOFOLETTI, 1999).

A construção de cenários é considerada uma das principais ferramentas para avaliar futuros desenvolvimentos em sistemas complexos que são geralmente imprevisíveis, não totalmente compreendidos e que têm um grande nível de incertezas associadas. Em estudos de impactos, os cenários são vitais para auxiliar na avaliação de opções de mitigação, para ilustrar mudanças, comunicar sobre as conseqüências potenciais de ações no futuro, no planejamento estratégico, para guiar políticas ou para atender objetivos metodológicos específicos (LIMA, 2003).

Os cenários são conjuntos formados pela descrição de situações futuras, construídos com o objetivo de focar os processos determinantes e os pontos críticos para tomada de decisão, buscando reduzir a complexidade dos sistemas através da diminuição das incertezas. Com isso, espera-se a geração de respostas mais acertadas e de maior velocidade à mudança (PIO, 2004).

Um conceito básico em cenários se refere ao de futuro múltiplo. Esta diversidade de futuros no processo de cenários é enfatizada por Godet (1993) que explica que o futuro é múltiplo e diversos futuros potenciais são possíveis; a descrição de um potencial futuro e das progressões necessárias para atingi-lo constitui um cenário (BOAVENTURA, COSTA e FISCHMANN, 2004).

Alguns autores atentam para o fato de que os cenários se distinguem das previsões, uma vez que além de mostrarem como o futuro pode ser, mostram também como as alternativas das condições futuras podem influenciar um dado sistema ou atividade. Desta forma, os cenários permitem uma análise integrada, o que é importante para identificar interações e negociações (LIMA, 2003).

A utilização de cenários como ferramenta em estudos de prospecção repousa na possibilidade de se ter análises qualitativas e quantitativas de tendências, análises retrospectivas e análises do inter-relacionamento entre os atores e identificação dos fatores nos quais irão ocorrer mudanças, tensões e conflitos.

Atualmente, a simulação de cenários encontra-se mais desenvolvida no campo das mudanças climáticas, considerando as implicações das novas condições no arranjo espacial e funcionamento das atividades humanas. No quadro de perspectivas setoriais, há registros de modelagem em função das mudanças na área de recursos hídricos e modelagem nos cenários ecossistêmicos e geomorfológicos. Também há registros no contexto de cenários econômicos (CHRISTOFOLETTI, 1999).

No âmbito da pesquisa agropecuária, há o registro da construção de cenários do setor de sementes para o ano de 2013, visando à formulação de estratégias de gestão de tecnologias de interesse da pesquisa pública no Brasil (CASTRO *et al.*, 2004). Neste trabalho foram

empregadas as técnicas de entrevistas e de impactos cruzados com o objetivo de elaborar uma base de informação para a formulação da estratégia tecnológica agropecuária pretendida.

Em relação aos cultivos transgênicos, também há registro do emprego da metodologia de cenários; o estudo da coexistência de cultivos GM, não-GM e orgânicos vem sendo realizado na Europa pela simulação de cenários elaborados através do modelo computacional GENESYS (COLBACH *et al.*, 2003). Ainda, Killpatrick (2003) emprega este modelo com os objetivos de (1) identificar as mudanças necessárias nos procedimentos agrícolas para minimizar o fluxo gênico e mistura de cultivos GM e não-GM e (2) identificar e analisar os diferentes custos associados com a coexistência de diferentes sistemas agrícolas.

Estudos sobre a simulação de cenários relativos às mudanças na biodiversidade, considerando variações de biomas, foram realizados em nível global por Sala *et al.* (2000). Os cenários das mudanças na biodiversidade global foram simulados para o ano de 2100 e basearam-se nas mudanças relativas ao dióxido de carbono atmosférico, clima, vegetação e uso da terra e na sensitividade conhecida da biodiversidade a estas mudanças. Neste trabalho foi empregado o modelo IMAGE[31] para estudar as mudanças relativas ao uso da terra para cada bioma.

Em nível nacional, a simulação de cenários relativos às mudanças na biodiversidade foi realizada pelo MMA, disponível na obra GEOBRASIL 2002[32]. A construção de cenários prospectivos para a gestão ambiental no Brasil teve por objetivo dar continuidade aos trabalhos realizados sobre implantação da gestão territorial integrada no Brasil, visando

[31] Alcamo, J. – Image 2: Integrated Modeling of Global Climate Change (Kluwer Academic, Dordrecht, Netherlands, 1994).
[32] A série GEOBRASIL é composta de documentos básicos elaborados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável (IIDS) para avaliar as atividades antrópicas que afetam o meio ambiente.

contribuir para coibir ou reduzir agressões ambientais de modalidades distintas ainda praticadas nos vários biomas brasileiros (SANTOS e CÂMARA, 2002).

3.6.1 MÉTODOS E FERRAMENTAS USUAIS PARA CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS

Diversos métodos são empregados no processo de construção de cenários. Segundo classificação dos métodos disponíveis, elaborada por Huss e Honton em 1987, três são as principais categorias encontradas (*apud* BOAVENTURA, COSTA e FISCHMANN, 2004; *apud* PIO, 2004):

- **Lógica Intuitiva**: os cenários caracterizam-se pela lógica, formalidade e disciplina e destinam-se a provocar a intuição dos gestores a respeito das incertezas e possibilidades futuras; enfatiza a necessidade de criar um conjunto de histórias críveis e coerentes sobre o futuro para testar planos de negócios ou projetos. Nesta categoria são enquadrados os métodos da SRI International (originalmente Stanford Research Institute), da GBN (Global Business Network) e da DSI (Decision Strategies International);

- **Análise de Impacto Cruzado**: todas as tendências e pontos identificados na resposta a uma questão de estudo são inter-relacionados, sendo esta inter-relação mensurada através de um modelo matricial a que atribui valores numéricos. Esta categoria caracteriza-se por analisar como as forças que influenciam uma organização podem interagir para produzir efeitos maiores, ou alavancar o efeito de uma força em função de sua realimentação. Pertencem a esta categoria os cenários desenvolvidos pelos métodos empregados por Michel Godet, através do modelo de Análise Prospectiva, e pelo Battele Memorial Institute. O modelo de Godet é o mais utilizado e está sempre sendo aprimorado. Godet considera necessário e inevitável o casamento entre a análise

prospectiva e a estratégia e, portanto, fundamental o emprego de cenários como uma ferramenta de planejamento estratégico;

- **Análise de Impacto de Tendências**: se enquadram nesta categoria os métodos que analisam os efeitos das tendências do ambiente e as influências de outros fatores no futuro, podendo ser usado o resultado desta análise no desenvolvimento de possíveis futuros. Um modelo desta categoria praticado pelo Futures Group, uma empresa de consultoria americana, fundamenta-se na projeção de variáveis dependentes, com base nas tendências que se ajustam numa fase terciária a partir da ocorrência de eventos. Os modelos baseados na estrutura da metodologia **PEIR** e na análise **SWOT**, os quais são empregados na elaboração de cenários futuros e abordados com mais detalhe nos itens 3.6.1.1 e 3.6.1.2, também são exemplos que se enquadram nesta categoria.

Entre as principais ferramentas utilizadas no desenvolvimento dos métodos de construção de cenários, destacam-se as seguintes (PIO, 2004):

- **Entrevistas**: utiliza-se quando é feita busca de informações mais complexas e precisas e podem ser obtidas informações esclarecedoras e/ou não disponíveis em documentos oficiais que podem ser fundamentais para conclusão dos estudos.

- **Brainstorming**: considerada uma das ferramentas de mais simples aplicação. Consiste na formação de um grupo de trabalho, geralmente multidisciplinar, com o objetivo de gerar o maior número de informações para servir como base de análise para orientar as organizações na construção de cenários possíveis.

- **Método Delphi**: consiste na aplicação de questionários previamente elaborados por especialistas a um conjunto de peritos sobre a tendência de futuro de um determinado fator crítico, sistema ou parte deste. Considerado um processo de exploração das

oportunidades futuras que objetiva buscar um consenso através de uma combinação de questionamentos de estrutura qualitativa e quantitativa. Os questionários são feitos em várias rodadas (três são suficientes na maioria dos casos), após análise e reavaliações, buscando convergir as opiniões dos peritos e levantar determinados pontos em comum sobre assuntos consistentes. Num processo de feedback, os especialistas ficam cientes dos valores atribuídos para cada opinião e as razões para atribuição dos mesmos.

- **Técnica de Impactos Cruzados**: implantada com o objetivo de complementar os resultados obtidos pelo método Delphi. Trabalha através de simulação, analisando as relações causais entre eventos, busca determinar os cenários mais prováveis dentre os cenários possíveis.

- **Análise SWOT**: tem como objetivo a avaliação de fatores internos e externos que geram influência sobre a organização, buscando-se verificar a existência de relação entre eles. As forças (recursos ou capacidades da organização que podem efetivamente ser usados para que seus objetivos sejam alcançados) e fraquezas (limitações, falhas ou defeitos da organização que dificultam a busca de seus objetivos) referem-se aos fatores internos. As oportunidades (tendências externas à organização que a auxiliam no alcance de seus objetivos) e ameaças (tendências externas à organização que podem prejudicá-la a alcançar seus objetivos) definem os fatores externos. Estes fatores são avaliados numa matriz (quadro 3.3), mostrando as áreas do ambiente que são mais críticas à organização e auxiliando a análise de cenários.

  No item 3.6.1.1, esta ferramenta será mais detalhada, por ter sido uma das empregadas no desenvolvimento da metodologia proposta neste trabalho.

Quadro 3.3 - MATRIZ SWOT

	OPORTUNIDADES	**AMEAÇAS**
FORÇAS	**Quadrante I** Mostra a potencialidade de ação ofensiva. *Aproveitamento das oportunidades através de seus pontos fortes.*	**Quadrante II** Mostra a capacidade de ação defensiva. *Mitigação das ameaças através de seus pontos fortes.*
FRAQUEZAS	**Quadrante III** Indica os pontos de debilidade. *Os pontos fracos impedem o aproveitamento das oportunidades vislumbradas.*	**Quadrante IV** Indica os pontos de vulnerabilidade. *Devido às fraquezas apresentadas, as ameaças terão grandes chances de concretização.*

Fonte: Adaptada de PIO, 2004.

– **Modelos PER**, **PEIR** e **DPEIR**: A estrutura do modelo **PER** – Pressão, Estado, Resposta (figura 3.3) foi proposta pela OCDE como suporte ao desenvolvimento de sistemas de indicadores ambientais (RAMOS, 2002). Os indicadores derivados do modelo **PER** visam avaliar fatores relacionados às pressões sobre os recursos naturais ("causas"), passando pelo estado atual do meio ambiente ("efeito"), assim como políticas governamentais de resposta à situação encontrada ("reações"). Por ser um modelo cíclico, cada indicador realimenta a obtenção de novos indicadores visando mitigar os impactos ambientais gerados (CANTARINO, 2003). A estrutura do modelo **PER** está sempre em evolução, com a inclusão de novos indicadores dando origem a novos modelos: o modelo **PEIR** – Pressão, Estado, Impacto, Resposta (figura 3.4) com a introdução do indicador de impacto da pressão sobre o meio ambiente e o modelo **DPEIR** (figura 3.5) com a inclusão adicional do indicador referente a *Driving force* (atividade humana), pela importância da relação da atividade com a pressão exercida sobre o ambiente, como medida da eficiência da tecnologia em análise e como um mecanismo geral para a análise de problemas ambientais (EEA, 1999).

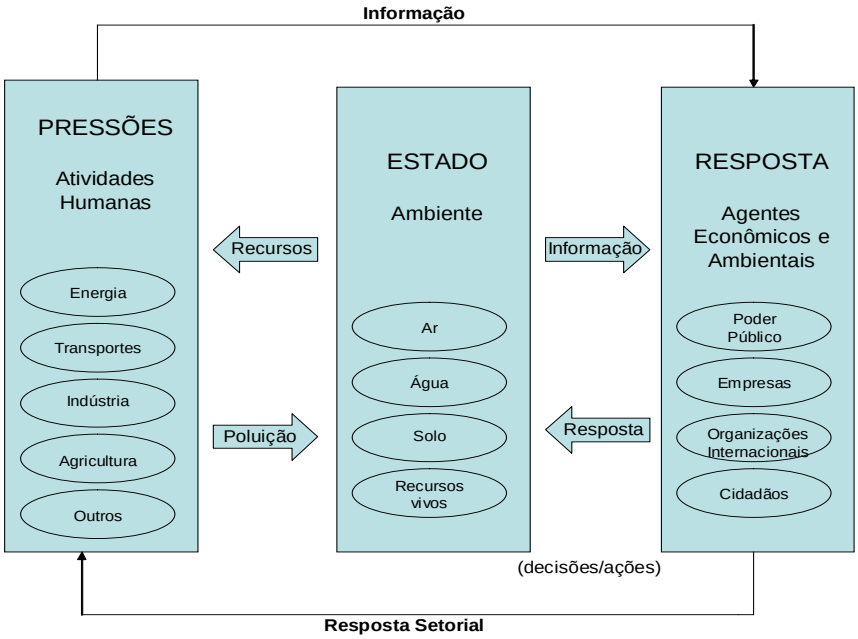


Figura 3.3 ESTRUTURA CONCEITUAL DO MODELO PER (OCDE)
Fonte: Cantarino, 2003

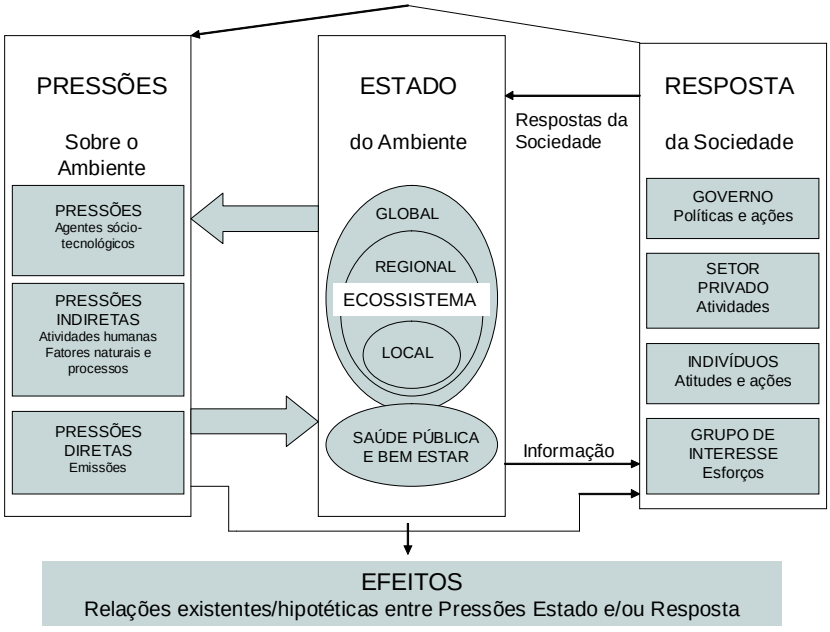


Figura 3.4 ESTRUTURA CONCEITUAL DO MODELO PEIR (EPA)
Fonte: Cantarino, 2003 (EPA, 1995)

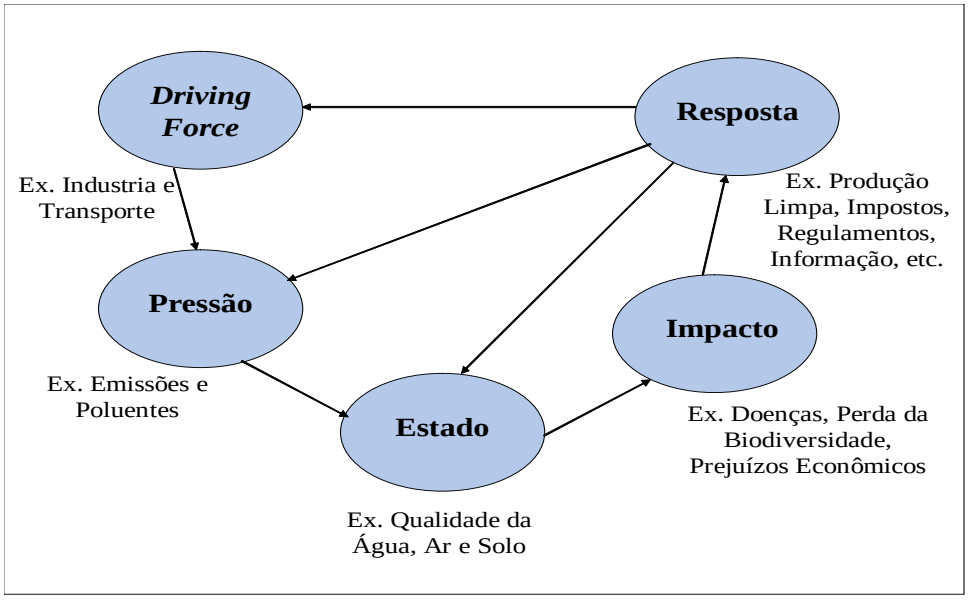


Figura 3.5 ESTRUTURA CONCEITUAL DO MODELO DPEIR
Fonte: Segnestan, 2002

Além de descrever as ações que os diferentes agentes sociais exercem sobre as condições ambientais, estes modelos podem orientar os gestores nas tomadas de decisão (EGLER e RIO, 2002). O modelo DPEIR encontra-se mais detalhado no item 3.6.1.2 por ter sido também empregado no desenvolvimento da metodologia proposta no presente trabalho.

3.6.1.1 - ANÁLISE SWOT

A análise **SWOT** consiste na avaliação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que geram influência sobre o ambiente em análise, com o objetivo de traçar cenários e avaliar o mercado e a competitividade. As forças e fraquezas perfazem a dimensão interna do ambiente em análise, enquanto as oportunidades e ameaças referem-se à dimensão externa do mesmo. Estes quatro elementos-chave são correlacionados numa matriz, a Matriz **SWOT**, buscando perceber as possibilidades de ações e estratégias que venham a aproveitar as oportunidades e forças e a defender-se de ameaças e fraquezas. Por auxiliar a construção de visão futura, facilita a identificação de ações para proposição aos tomadores de decisão, ao apontar as áreas do ambiente que são mais críticas à organização. A partir da análise **SWOT**,

foram desenvolvidas técnicas para interpretar o comportamento organizacional diante de transformações ambientais, com modificações na estrutura das matrizes elaboradas para adequá-las à avaliação de informações econômicas, sociais, culturais, demográficas, ambientais, políticas, tecnológicas e competitivas. São exemplos, as matrizes descritas em David, 1998 (*apud* AZEVEDO e COSTA, 2001) que possibilitam melhor conhecimento dos pontos fortes e fracos da organização e da capacidade de aproveitamento das oportunidades e de defesa das ameaças (quadro 3.4).

Nestas matrizes, os pontos fortes e os fracos (fatores críticos de sucesso internos) e as oportunidades e as ameaças (fatores críticos de sucesso externos) são avaliados por meio da atribuição de pesos e de valores relativos a desempenho. Os pesos indicam a importância de cada fator para o sucesso da organização e variam de 0.0 (não importante) a 1.0 (muito importante); a soma dos pesos associados aos fatores deve ser igual a 1.

Os valores relativos a desempenho indicam a efetividade da organização na resposta a cada fator e são pontuados de 1 (resposta pobre) a 4 (resposta superior); o valor 2 significa que a resposta é média e o 3, que a resposta é acima da média. Os pesos de cada fator são multiplicados pelos respectivos valores de desempenho e o somatório dos resultados da multiplicação fornece informações sobre os recursos organizacionais disponíveis e indica a capacidade da organização de aproveitar as oportunidades e reduzir as ameaças.

Estas matrizes constituíram a base para a avaliação pretendida no presente trabalho, conforme apresentado no item metodologia proposta.

FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO (Internos)		PESO W	DESEMPENHO D	RESULTADO W x D
PONTOS FORTES	Fator 1	W1	D1	W1 x D1
	Fator 2	W2	D2	
	.....	....	....	
	.....	....	....	
	.....	....	....	
PONTOS FRACOS	.....	....	....	
	.....	....	....	
	.....	....	....	
	Fator n-1	....	....	
	Fator n	Wn	Dn	Wn x Dn
SOMATÓRIO				

FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO (Externos)		PESO W	DESEMPENHO D	RESULTADO W x D
OPORTUNIDADES	Fator 1	W1	D1	W1 x D1
	Fator 2	W2	D2	
	.....	....	....	
	.....	....	....	
	.....	....	....	
AMEAÇAS	.....	....	....	
	.....	....	....	
	.....	....	....	
	Fator n-1	....	....	
	Fator n	Wn	Dn	Wn x Dn
SOMATÓRIO				

Quadro 3.4 MATRIZES DE FATORES INTERNOS E EXTERNOS
Fonte: Azevedo e Costa, 2001

3.6.1.2 MODELO DPEIR

Para avaliação de políticas setoriais com reflexos sobre o meio ambiente, tornou-se necessária a agregação de indicadores que não se encaixavam muito bem na estrutura **PER**. O desdobramento foi realizado pela Agência Ambiental Européia (European Environmental Agency – EEA), através da inclusão de mais duas categorias dando origem à estrutura denominada **DPEIR**, que se baseia nas relações: *Driving forces* (atividades humanas ou

forçantes socioeconômicas) – Pressão – Estado – Impacto – Resposta. Esta estrutura, utilizada pela EEA na elaboração da "Avaliação do Ambiente Europeu", tem por objetivo proporcionar um mecanismo geral para análise de problemas ambientais. Acima de tudo, esta estrutura proporciona uma metodologia de análise das várias informações pertinentes a diferentes temas, mais do que simplesmente fornecer uma organização para apresentação dos indicadores (CANTARINO, 2003).

As pressões ambientais são originadas pelas forçantes socioeconômicas (urbanização, indústrias, agricultura, pesca, comércio, transportes, etc.), causando mudanças no condicionamento ambiental, isto é, na qualidade e na quantidade ou disponibilidade dos sistemas ambientais (por exemplo, na qualidade do solo). Tais mudanças produzem impactos perceptíveis, a partir de análises de custo e benefícios, em termos de mudanças no bem-estar social, como alterações em processos e em funções ambientais que geram impactos sobre a saúde, a produtividade econômica, etc. Essas mudanças servem como estímulo para ações de gestão, isto é, repostas políticas, sociais e econômicas, as quais dependem da estrutura institucional, da cultura e do sistema de valores, da demanda competitiva por recursos escassos e por outros bens e serviços (BIDONE, CASTILHOS e AZEVEDO, 2004).

A figura 3.6 apresenta um exemplo de aplicação do modelo **DPEIR**.

A elaboração de cenários empregando a metodologia **PEIR** é considerada uma ferramenta para Avaliação Ambiental Integrada – AAI, que é definida como um processo de produção, análise e comunicação de informações sobre questões relacionadas ao ambiente natural e à sociedade, relevantes do ponto de vista de políticas públicas. A AAI responde as questões associadas à interferência antrópica no meio ambiente, ao modo como o estado de seus componentes é afetado e às ações necessárias para minimizar os impactos ambientais.

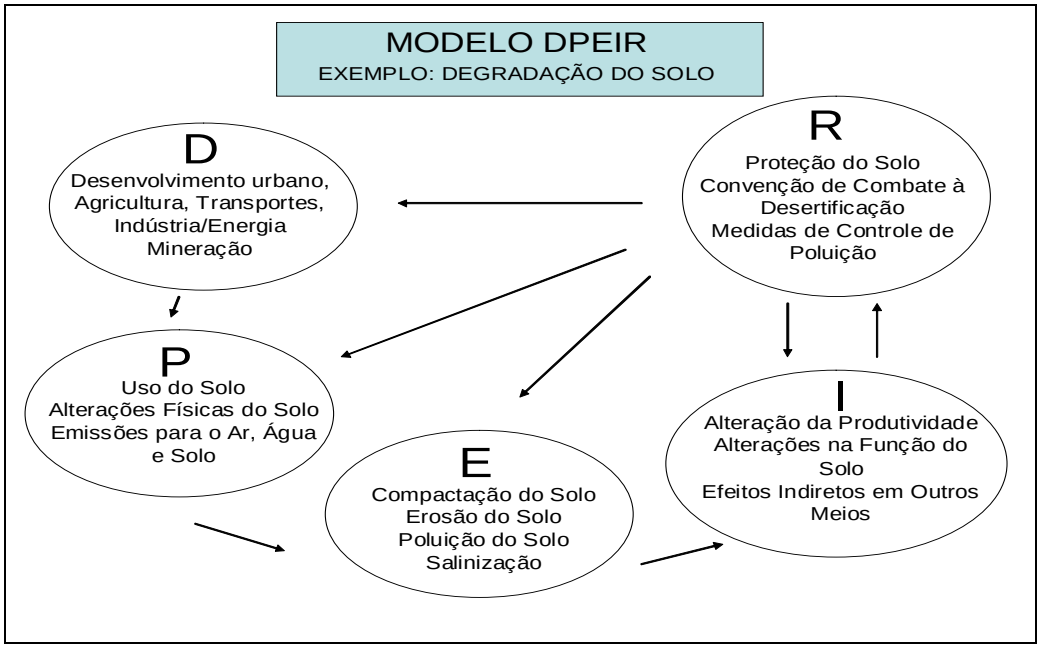


Figura 3.6 APLICAÇÃO DO MODELO DPEIR PARA AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO SOLO
Fonte: FAO, 2004

A interferência antrópica no meio ambiente afeta o estado de seus componentes e gera uma resposta, imediata ou não, na sua qualidade. Como todo sistema complexo, o impacto da alteração de um componente fomenta mudanças de acordo com a pressão que foi exercida sobre ele. Essas interações de causa e efeito podem ser melhor vislumbradas quando se consegue ordenar os estados dos componentes ambientais ligando-os com os respectivos fatores de pressão. Essa é uma forma simples de obter os impactos ambientais baseados nas pressões que os geraram e, portanto, nas possíveis ações de resposta de políticas que podem minimizá-los ou mesmo os anular (SANTOS e CÂMARA, 2002).

Tal como no modelo **PEIR**, os três aspectos diferentes de um problema ambiental são sumarizados por indicadores ambientais que devem responder as seguintes questões (CANTARINO, 2003):

- Quais são as pressões sobre o meio ambiente? (identifica as questões ambientais e suas causas)

– Qual é o estado do meio ambiente? (informa sobre o que monitorar e onde, referente às questões ambientais)

– O que está sendo realizado sobre as questões ambientais? (identifica as ações de gerenciamento e de inserção de políticas).

A lógica subjacente às metodologias baseadas no modelo **PER** possibilita organizar e agrupar os fatores que incidem sobre o meio ambiente, os efeitos que as ações humanas produzem nos ecossistemas e recursos naturais, o impacto que isto gera à natureza e à saúde humana e as intervenções da sociedade e do Poder Público. Ainda, torna-se possível estabelecer uma ponte para projetar os desdobramentos futuros das condições do meio ambiente, incluindo o exercício de análise das conseqüências possíveis de nossas ações atuais (cenários). Com isto, existe a possibilidade de ser gerada uma ação estratégica visando à correção dos rumos dos problemas ambientais de cada localidade.

3.6.2 INDICADORES AMBIENTAIS

Indicadores, independente de serem ambientais ou de outro gênero (financeiros, de saúde, etc.) são selecionados para fornecer informação acerca do funcionamento de um sistema específico, ou para uma finalidade específica, visando apoiar a tomada de decisões e a gestão. Os indicadores expressam dados reais e ajudam os testes de campo de modelos e análise de possíveis cenários futuros (FAO, 2004).

Os indicadores ambientais resumem extensos dados referentes ao meio ambiente a um número limitado de informações significativas, assegurando uma rápida avaliação de melhorias e pontos fracos do controle ambiental, bem como da qualidade do ambiente em que ocorre a atividade. A finalidade dos indicadores é mudar a forma como se vê os dados, buscando exercer algum impacto sobre o julgamento e o comportamento dos tomadores de

decisão. Além de aumentarem o grau de conscientização e informação do público sobre aspectos ambientais e de serem utilizados nos processos de decisão, podem dar suporte ao desenvolvimento de políticas, identificando os fatores chave que causam problemas ambientais, e serem eficazes no monitoramento das políticas adotadas (CANTARINO, 2003).

Tem se constatado que estão sendo propostos cada vez mais sistemas de indicadores à escala mundial, correndo-se o risco de serem proliferados de forma inconsistente, quer em relação à tipologia, quer em relação à necessidade de existirem dados, base para sustentarem os indicadores desenvolvidos. No limite, conforme ilustra a figura 3.7, a situação real poderá chegar a um ponto de existirem mais sistemas de indicadores do que variáveis de base regularmente monitorizadas (RAMOS, 2002).

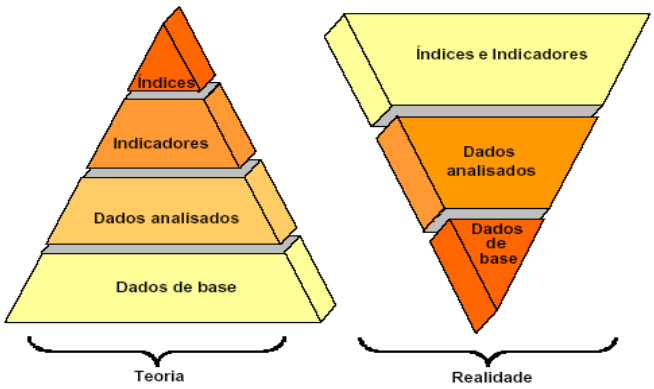


Figura 3.7 PIRÂMIDES DE INFORMAÇÃO: REALIDADE E TEORIA DA UTILIZAÇÃO DE INDICADORES
Fonte: Ramos, 2002

Para evitar esta inversão, é importante que os seguintes pontos sejam considerados quando se utilizam indicadores ambientais: necessidade de um conjunto de dados, baseados no monitoramento e de estabelecimento de objetivos para comparar o desempenho; possibilidade dos indicadores serem capazes de considerar diferentes localizações, pessoas, culturas e instituições; os conjuntos de indicadores são geralmente incompletos e evoluem no tempo; com a mudança dos indicadores, o sistema poderá mudar, muito provavelmente

(discordo da correção); a medição dos indicadores tende a reduzir a incerteza, mas não a elimina (FAO, 2004).

Os indicadores das ações que visam o desenvolvimento sustentável são dispostos em nível global, referente ao planeta como um todo, em nível regional, abrangendo áreas delimitadas e regiões de uso comum, e em nível local, abrangendo focos de emissões de poluentes e contaminantes, atividades de extração de recursos naturais e locais de depósitos de rejeitos (BOOG e BIZZO, 2003).

Os indicadores globais foram classificados em indicadores de impulso (atividades, processos e padrões humanos que impactam o desenvolvimento sustentável), indicadores de estado (que indicam a situação do desenvolvimento sustentável) e indicadores de reação ou de resposta (referentes às atuações e opções humanas que visam alcançar o desenvolvimento sustentável). Os indicadores regionais oferecem dados e informações bem focadas a respeito das condições ambientais da atmosfera, do solo, subsolo etc., por delimitarem melhor as áreas geográficas envolvidas e os indicadores locais, muito similares aos regionais, precisam da caracterização da(s) fonte(s) emissora(s) de resíduos a serem medidos ou monitorados.

O desenvolvimento e seleção de indicadores ambientais foram iniciados pela Organização das Nações Unidas – ONU em conjunto com a Comissão para o Desenvolvimento Sustentado (CDS), baseando-se na estrutura conceitual do modelo **PER**. Com a publicação da Norma ISO 14031 para Avaliação de Desempenho Ambiental – ADA, que tem por objetivo medir e melhorar os resultados da gestão ambiental praticada numa dada organização ou atividade econômica, esta atividade foi impulsionada (BOOG e BIZZO, 2003).

Os indicadores de pressão ou das forças controlantes, os indicadores de estado e os indicadores de resposta, comuns às metodologias desenvolvidas com base na estrutura **PER**, são assim caracterizados (CHRISTOFOLETTI, 1999; BOOG e BIZZO, 2003).

- Indicadores de Pressão: refletem o conjunto das dimensões ambientais, econômicas, sociais e institucionais do desenvolvimento sustentável, constituindo-se em pontos chaves para as formulações de políticas; apresentam as atividades humanas como elemento de pressão no meio ambiente, resultando em alterações na qualidade do meio ambiente e na qualidade e quantidade de recursos naturais do meio ambiente

- Indicadores de Estado: descrevem as condições reais dos sistemas ambientais. São especialmente informativos quando identificam problemas e levantam questões a serem conscientizadas. Por exemplo: os dados sobre a depleção da camada de ozônio são apenas informativos, mas chamam a atenção mundial para reflexão sobre o assunto; apresentam e caracterizam a qualidade do meio ambiente e a qualidade e quantidade de recursos naturais disponíveis, possibilitando uma percepção do estado físico e biológico em que o meio ambiente se encontra.

- Indicadores de Resposta: refletem as intensidades das medidas adotadas, sendo úteis para avaliar a efetividade das decisões políticas; como exemplo, a redução da emissão de gases na atmosfera seria uma resposta à depleção da camada de ozônio; mostram os esforços desenvolvidos pelas comunidades para contrapor-se às alterações do estado do meio ambiente, buscando sua melhoria ou a mitigação de sua degradação.

São, portanto, indicadores descritivos que permitem caracterizar problemas socioeconômico-ambientais. Já as relações entre os indicadores de pressão e as "*Driving*

forces" são definidas como indicadores de eficiência, por permitirem caracterizar a eficiência dos processos socioeconômicos na utilização de recursos e na geração de resíduos e emissões, e as distâncias dos indicadores de pressão, estado ou impacto às metas estabelecidas ou a valores alvo de sustentabilidade são definidas como indicadores de desempenho, por permitirem avaliar a eficácia das respostas e o progresso em relação às metas (EEA, 1999).

A figura 3.8 ilustra as relações entre os indicadores do modelo **DPEIR**.

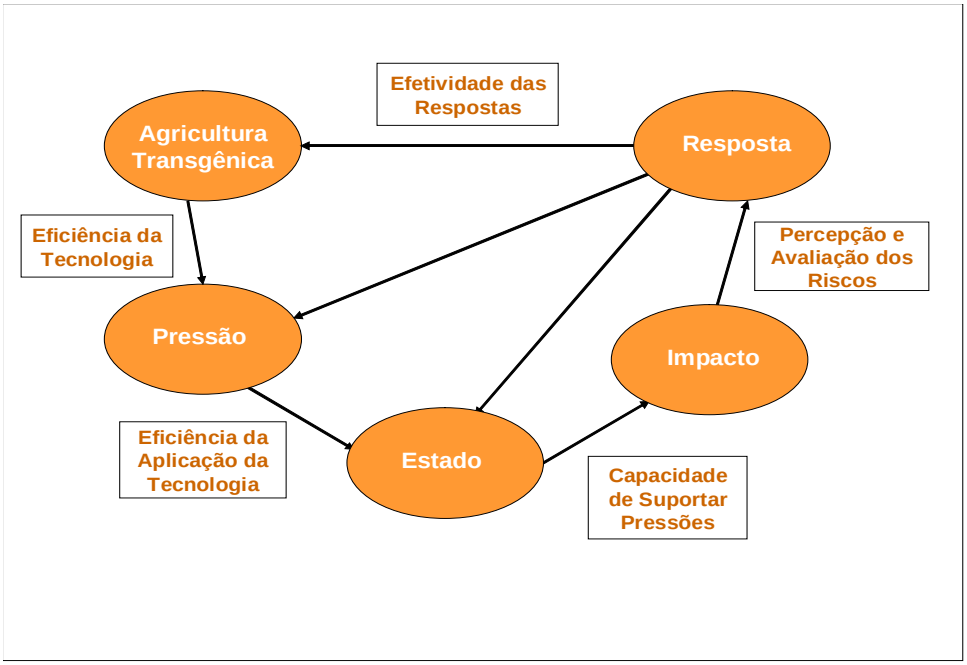


Figura 3.8 RELAÇÕES ENTRE OS INDICADORES DO MODELO DPEIR
Fonte: EEA, 1999

A Norma ISO 14031 estabelece metodologias de obtenção de indicadores para as ADAs para empresas (indicadores locais). Os indicadores são apresentados em dois grandes grupos (BOOG e BIZZO, 2003):

a) Grupo A: Indicadores de desempenho ambiental (EPI – environmental performance indicators), que são subdivididos em dois tipos:

a.1) Indicadores de desempenho de gestão (MPI – management performance indicators); parâmetros utilizados: implantação de políticas e programas; conformidades; desempenho financeiro; relações com a comunidade.

a.2) Indicadores de desempenho operacional (OPI – operacional performance indicators); parâmetros utilizados: quantidade de materiais e energia utilizados nos processos; infraestrutura e equipamentos utilizados; serviços de suporte e os executados pela empresa; produtos, resíduos e emissões da produção.

b) Grupo B: Indicadores de condições ambientais (ECI – environmental conditions indicators); parâmetros utilizados: ar, água, solo; flora; fauna; seres humanos, comunidade; estética, cultura e heranças para próximas gerações.

Uma correspondência entre os indicadores ECIs com os indicadores de estado, entre os OPIs com os indicadores de pressão e entre os MPIs com os indicadores de resposta, ou seja, uma correspondência entre os indicadores globais e regionais, demonstra que o modelo PER também é reproduzido na Norma ISO 14031 que define os indicadores ambientais locais (BOOG e BIZZO, 2003).

Enquanto os indicadores definidos pela Norma ISO 14031 visam avaliar o desempenho ambiental do sistema de gestão de uma determinada companhia, os indicadores derivados da metodologia PER visam avaliar para um determinado ambiente, os fatores relacionados às pressões e ao seu estado, assim como as políticas governamentais de resposta à situação encontrada (CANTARINO, 2003).

Os indicadores ambientais são considerados uma poderosa ferramenta para aumentar o grau de conscientização e informação do público sobre aspectos ambientais. Além de serem utilizados nos processos de decisão, de modo a fornecer informação relativa aos problemas

ambientais, podem dar suporte ao desenvolvimento de políticas, identificando os fatores chave que causam problemas ambientais, e serem eficazes no monitoramento das políticas adotadas (EEA, 1999). Como exemplo de aplicação na agricultura, o trabalho de Dantas (1997) sugere o uso de indicadores de sustentabilidade como ferramenta para análise do desenvolvimento agrícola e para formulação de políticas ambientais, com base no modelo **PER**.

Os seguintes pontos são importantes quando se utilizam indicadores ambientais (FAO, 2004):

- necessidade de um conjunto de dados, baseados no monitoramento;
- necessidade de estabelecimento de objetivos para comparar o desempenho;
- possibilidade dos indicadores serem capazes de considerar diferentes localizações, pessoas, culturas e instituições;
- os conjuntos de indicadores evoluem no tempo;
- os conjuntos de indicadores são geralmente incompletos;
- a medição dos indicadores tende a reduzir a incerteza, mas não a elimina;
- com a mudança dos indicadores, o sistema poderá mudar, muito provavelmente.

A sustentabilidade ambiental engloba os procedimentos de mensuração e a qualificação dos indicadores para operacionalizar o desenvolvimento sustentável, não se devendo esquecer que o conceito e os critérios para analisar a sustentabilidade são essenciais para os estudos de impactos ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os indicadores ambientais são considerados eficazes como instrumentos de gestão por apresentar de forma clara e incontestável as condições operacionais e ambientais, direcionando os esforços das empresas rumo a ações preventivas e/ou ambientalmente corretas (BOOG e BIZZO, 2003).

3.7 CONSIDERAÇÕES RELATIVAS AO USO DE MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES E DE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

Métodos de construção de cenários foram considerados relevantes para o desenvolvimento de indicadores e de metodologias para avaliação da agricultura transgênica, por serem considerados como as principais ferramentas empregadas na fase de planejamento para avaliar futuros desenvolvimentos em sistemas complexos, geralmente imprevisíveis, não totalmente compreendidos, e com um grande nível de incertezas associadas.

O estudo de métodos de construção de cenários neste trabalho teve como ponto de partida a avaliação realizada pelo GEOBRASIL 2002, mencionada no item 3.6, que considerou adequada a utilização da metodologia **PEIR** para descrever as ações que os diferentes agentes sociais exercem sobre as condições ambientais, bem como para orientar os gestores na tomada de decisão. Foram construídas duas matrizes de avaliação: uma considerando as relações entre os indicadores de pressão e de impacto, que permite estabelecer o "cenário tendencial", e outra a partir da intervenção das políticas pró-ativas sobre o estado atual, isto é, através das interações entre os indicadores de impacto e resposta que permite apontar para o "cenário desejado".

O emprego da metodologia **PEIR** na avaliação realizada pelo GEOBRASIL 2002 considerou ainda a pertinência em relação à AAI, por responder às quatro questões básicas

seguintes, com base em como a interferência antrópica no meio ambiente afeta o estado de seus componentes e gera uma resposta, imediata ou não na sua qualidade:

- O que está acontecendo ao meio ambiente?
- Porque está acontecendo?
- O que estamos fazendo sobre isso (políticas)?
- O que acontecerá se não agirmos prontamente?

Com base nestas questões e com a evolução da metodologia **PEIR**, originando o modelo **DPEIR**, considerou-se adequado o emprego deste modelo no desenvolvimento dos indicadores e da metodologia proposta no presente trabalho para avaliação da agricultura transgênica, como será abordado no capítulo 4. O desenvolvimento foi realizado empregando-se também a análise **SWOT** por possibilitar a avaliação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que geram influência sobre o ambiente em análise, no caso a tecnologia transgênica e o uso da mesma na agricultura.

A aplicação da metodologia desenvolvida no presente trabalho não tem a finalidade de originar cenários futuros, dentro da visão prospectiva usual, e sim de originar cenários como referência para orientar a avaliação dos riscos e fornecer as respostas necessárias, tais como ações de controle e gestão ambiental, para prevenir e/ou mitigar os impactos negativos, corrigir danos ou tirar proveito dos impactos positivos observados. Ainda, a identificação de ações tem por objetivo buscar a integração de aspectos relativos à biotecnologia, biodiversidade, biossegurança e propriedade intelectual, visando a sustentabilidade ambiental e o aumento da competitividade do agronegócio brasileiro.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia de avaliação ambiental estratégica de OGM na agricultura foi desenvolvida empregando-se técnicas decorrentes da análise **SWOT** e o modelo **DPEIR**, também como suporte ao desenvolvimento e avaliação de indicadores.

Para as avaliações da tecnologia e da aplicação da agricultura transgênica, foram elaboradas matrizes adaptadas das matrizes de avaliação de fatores externos e internos derivadas da análise **SWOT**[33], descritas em David, 1998 (*apud* Azevedo e Costa, 2001), com a definição dos elementos-chave: forças e fraquezas, considerando-as como vantagens e desvantagens da tecnologia de produção dos cultivos transgênicos, e oportunidades e ameaças, como benefícios e riscos do uso da agricultura transgênica.

Empregando-se a terminologia do modelo **DPEIR**[34], as forças (vantagens) e as fraquezas (desvantagens) da tecnologia de produção de cultivos transgênicos foram contextualizadas como indicadores de pressão e as oportunidades (benefícios) e as ameaças (riscos) da aplicação da tecnologia, como indicadores de impacto. Foram considerados aspectos relacionados, tanto ao meio ambiente físico (solo, água e ar) e à biodiversidade, quanto à alimentação, saúde, segurança, qualidade de vida, produção agrícola e pesquisa e desenvolvimento.

[33] Apresentada no Capítulo 3, item 3.6.1.1, quadro 3.4.
[34] Apresentada no Capítulo 3, item 3.6.1.2.

Os indicadores de pressão, correspondentes aos fatores críticos de sucesso internos (forças e fraquezas), foram empregados na matriz elaborada para avaliação da tecnologia (dimensão interna da questão em análise) e os indicadores de impacto, correspondentes aos fatores críticos de sucesso externos (oportunidades e ameaças), foram empregados na matriz elaborada para avaliação do uso da agricultura transgênica (dimensão externa).

Os indicadores de pressão foram definidos com base na tecnologia de obtenção dos cultivos transgênicos e os indicadores de estado, de impacto e de resposta foram definidos com a aplicação do modelo **DPEIR**, considerando as relações entre os indicadores, conforme ilustrado no Capítulo 3, figura 3.8. Os indicadores de impacto resultaram da análise da capacidade do meio ambiente suportar as pressões impostas pela aplicação da tecnologia, ou seja, a partir dos indicadores de estado. Os indicadores de resposta resultaram da percepção e da avaliação dos impactos decorrentes da capacidade do estado do meio ambiente em suportar as pressões impostas pela atividade desenvolvida.

Para definição e análise dos indicadores, foram estudados os dados relativos aos impactos observados por pesquisadores e agricultores dos principais cultivos transgênicos: soja tolerante ao herbicida glifosato e milho e algodão resistentes a insetos (Bt). Alguns dados relativos a impactos de outros cultivos transgênicos foram incluídos na análise de indicadores de estado referentes a aspectos gerais de disponibilidade e expansão da produção agrícola e de entraves no desenvolvimento e na comercialização de novos produtos, os quais serão detalhados nos itens 4.2.2.4 e 4.2.2.5.

Os indicadores de pressão e de impacto, empregados nas matrizes elaboradas para avaliação da agricultura transgênica, foram valorados com base em critérios estabelecidos, de modo a serem obtidos índices comparativos. Conforme detalhado no item 4.3.1, os valores foram atribuídos de forma relativa, com base nos fundamentos da agricultura transgênica, nas

avaliações da dimensão global e dos impactos ambientais, alimentares e econômicos estudados (Capítulo 2).

Além das informações dispostas no Capítulo 2, breves resumos das referências estudadas encontram-se reunidos nos Anexos A1 a A5, tabelados por aspecto relativo aos indicadores de estado por cultivo citado. No Anexo B, constam endereços eletrônicos referentes a demais relatórios e levantamentos consultados.

As avaliações da agricultura transgênica realizadas por meio das matrizes elaboradas no presente trabalho têm por objetivo verificar a viabilidade da continuidade do desenvolvimento da tecnologia e do uso da mesma.

Concluindo a metodologia de avaliação ambiental estratégica, os indicadores *Driving Force*, Pressão, Estado, Impacto e Resposta, definidos para agricultura transgênica, foram inter-relacionados no modelo **DPEIR,** de modo a produzir e comunicar informações sobre a percepção e avaliação dos impactos gerados, e a identificar ações de controle e gestão ambiental e novas atividades humanas ou forçantes socioeconômicas (*Driving Forces*).

Em resumo, a metodologia de avaliação ambiental estratégica de OGM na agricultura compreende as seguintes etapas:

Etapa 1 – Definição dos indicadores de pressão, de estado, de impacto e de resposta.

Etapa 2 – Elaboração de matrizes para avaliação da tecnologia de produção e do uso da agricultura transgênica.

Etapa 3 – Estabelecimento de critérios para obtenção de índices dos indicadores de pressão e de impacto para as avaliações pretendidas.

Etapa 4 – Aplicação das matrizes elaboradas para as avaliações pretendidas, gerando um cenário para verificação da viabilidade da continuidade do desenvolvimento da tecnologia e do uso da mesma.

Etapa 5 – Apresentação do modelo **DPEIR** agricultura transgênica, gerando um cenário para produção e comunicação de informações sobre a percepção e avaliação dos impactos potenciais, e para identificação de ações de controle e gestão ambiental e de novas atividades humanas ou forçantes socioeconômicas (*Driving Forces*).

O presente capítulo apresenta considerações relativas ao levantamento de dados para definição dos indicadores e à execução das etapas 1 a 3 da metodologia proposta.

4.1 CRITÉRIOS PARA O LEVANTAMENTO DE DADOS

Os temas e termos empregados na busca de informações podem ser visualizados no quadro 4.1. Foram ainda empregados na busca outros parâmetros como autores e demais citações disponíveis nos levantamentos realizados, como critérios de seleção.

Quadro 4.1 – TEMAS E TERMOS EMPREGADOS NA BUSCA DE INFORMAÇÕES

TEMAS	TERMOS
Agricultura	Agronegócio; Agrotóxicos; Defensivos Agrícolas; Práticas Agrícolas
Biotecnologia	Alimentos transgênicos; Biofábricas/biorreatores; Engenharia genética; Melhoramento vegetal; Plantas transgênicas; Organismo(s) geneticamente modificado(s); Tecnologia do DNA Recombinante; Transgênicos; Sementes transgênicas
Biodiversidade	Ameaça ou Perda ou Redução; Desmatamento; Impacto
Biossegurança	Certificação de sementes; Fiscalização; Legislação Nacional e Estrangeira; Protocolos; Rotulagem; Segurança alimentar
Meio Ambiente	Contaminação ambiental; Cenários; Fluxo gênico; Gestão ambiental; Impacto ambiental (avaliação; estudos); Indicadores; Poluição genética; Sustentabilidade ambiental
Propriedade Intelectual	Legislação nacional e estrangeira; Patentes; Proteção de Cultivares

A busca de informações foi efetivada não somente em periódicos e teses científicas, mas também em bases de dados eletrônicas disponíveis em portais de instituições de ensino, órgãos do governo e de organizações não governamentais. Outra fonte de informação foi a mídia jornalística (artigos de jornais e revistas), sendo selecionadas as matérias de cunho científico.

Devido à quantidade de informação abundante, foram selecionados para a aplicação da metodologia proposta, principalmente, estudos e avaliações globais, tais como os disponibilizados em arquivos científicos, material de apoio, relatórios e levantamentos sumarizados no Anexo B, além de outros citados ao longo do texto, disponibilizados nas Referências Bibliográficas.

4.2 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE PRESSÃO, DE ESTADO, DE IMPACTO E DE RESPOSTA DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

4.2.1 INDICADORES DE PRESSÃO

Foram considerados como indicadores de pressão relativos às forças ou vantagens da tecnologia de produção de cultivos transgênicos, as alterações relativas à tolerância a herbicidas e a estresses abióticos e à maior proteção contra pragas e doenças, pela possibilidade que oferecem para redução do uso de agroquímicos e para melhores condições de cultivo com aumento de produtividade nas lavouras. Estas pressões podem provocar mudanças no meio ambiente físico (solo, água e ar) e na biodiversidade, além de mudanças na alimentação e na economia com reflexos na saúde, segurança, qualidade de vida, produção agrícola e pesquisa e desenvolvimento.

A síntese de produtos com atributos diversos também fez parte deste grupo pela oferta, principalmente, de alimentos e fármacos com melhorias na qualidade nutricional e/ou medicamentosa e na estabilidade dos mesmos.

Como indicadores de pressão relativos às fraquezas ou desvantagens foram consideradas as limitações da aplicação da transgenia no melhoramento de plantas, tais como: as incertezas relacionadas à produção e à ocorrência de efeitos pleiotrópicos e a possibilidade de produção de sementes com características indesejáveis à prática agrícola.

As incertezas relacionadas ao local de inserção e de expressão do(s) gene(s) introduzidos têm motivado discussões sobre os efeitos imprevisíveis que podem provocar mudanças nas características nutricionais e potencializações de toxidades e de alergias, além de efeitos em organismos alvos e não-alvos, ameaçando a saúde humana e a biodiversidade. Os genes marcadores de resistência a antibiótico ou a herbicidas, para identificar as células transgênicas das não-transgênicas, oferecem riscos de transferência para bactérias da flora intestinal. A dificuldade de prever estes efeitos torna complexa a análise de riscos das plantas transgênicas.

Ainda, em relação às incertezas relacionadas à produção, referem-se aos sistemas de regeneração a partir de culturas de células pouco eficientes, bem como a pouca disponibilidade de genes diretamente relacionados com a regulação do desenvolvimento e dos processos metabólicos. Estes fatores têm limitado o sucesso do melhoramento genético de plantas.

Quanto à produção de sementes com características indesejáveis ao cultivo, relativas às tecnologias *Traitor* e *Terminator*, a inclusão no grupo das desvantagens foi feita, principalmente, em função da maior dependência química das sementes e da alteração do trabalho usual dos agricultores de guardar sementes para a safra seguinte, impedindo-os de realizar o trabalho usual de melhoramento das variedades.

Outras desvantagens consideradas para definição de indicadores de pressão referem-se à falta de familiaridade com os OGMs e com aspectos relativos à biossegurança e à propriedade intelectual, retardando o uso da tecnologia disponível e o desenvolvimento de novos produtos. Como abordado no Capítulo 2, até o momento, só está autorizado no Brasil o cultivo de dois produtos transgênicos: a soja Roundup Ready® – RR, resistente ao herbicida glifosato, e o algodão Bollgard®, resistente a insetos da ordem dos Lepidópteros, ambos da Monsanto. O atraso se deve à demora da CTNBio em aprovar o cultivo comercial dos transgênicos e à visão de que a autorização pode beneficiar as multinacionais.

Os indicadores de pressão, definidos para avaliação da tecnologia de produção de cultivos transgênicos, encontram-se reunidos no quadro 4.2.

4.2.2 INDICADORES DE ESTADO

Os indicadores de pressão definidos para a agricultura transgênica sinalizaram para as mudanças decorrentes da aplicação da tecnologia, tais como: mudanças no uso de agroquímicos e nos sistemas de cultivo, na biodiversidade e nos cultivos e alimentos convencionais, na disponibilidade e nas características dos alimentos, nos sistemas de comercialização e plantio das sementes, e nos cenários social, econômico e jurídico. Estas mudanças definiram os indicadores de estado da agricultura transgênica que se encontram dispostos no quadro 4.3.

Quadro 4.2 INDICADORES DE PRESSÃO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

FORÇAS (Vantagens)	FRAQUEZAS (Desvantagens)
Tolerância a Herbicidas	Incertezas Relacionadas à Produção
Maior Proteção contra Pragas e Doenças	Possibilidade de Ocorrência de Efeitos Pleiotrópicos
Tolerância a Estresses Abióticos	Possibilidade de Produção de Sementes com Características Indesejáveis à Prática Agrícola
Combinação de Tolerância a Herbicidas e Resistência a Insetos	Falta de Familiaridade com os OGMs
Síntese de Produtos com Atributos Diversos	Falta de Familiaridade com Aspectos Relacionados à Biossegurança e à Propriedade Intelectual

Quadro 4.3 - INDICADORES DE PRESSÃO E DE ESTADO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

INDICADORES DE PRESSÃO	INDICADORES DE ESTADO
Tolerância a Herbicidas	Mudanças no Uso de Agroquímicos e nos Sistemas de Cultivo
Maior Proteção contra Pragas e Doenças	
Tolerância a Estresses Abióticos	
Combinação de Tolerância a Herbicidas e Resistência a Insetos	Mudanças na Biodiversidade
Síntese de Produtos com Atributos Diversos	Mudanças em Cultivos e Alimentos Não-Transgênicos
Incertezas Relacionadas à Produção	
Possibilidade de Ocorrência de Efeitos Pleiotrópicos	Mudanças na Disponibilidade e nas Características dos Alimentos
Produção de Sementes com Características Indesejáveis à Prática Agrícola	
Falta de Familiaridade com os OGMs e com Aspectos Relacionados à Biossegurança e à Propriedade Intelectual	Mudanças Socioeconômicas e Jurídicas

4.2.2.1 MUDANÇAS NO USO DE AGROQUÍMICOS E NOS SISTEMAS DE CULTIVO

A maioria das referências estudadas comprova a redução do uso de defensivos agrícolas, tanto herbicidas quanto inseticidas, atendendo ao objetivo principal do desenvolvimento dos cultivos tolerantes a herbicidas, como a soja, e resistentes a pragas e doenças, como o milho e o algodão. Os cultivos transgênicos desenvolvidos proporcionaram também mudanças nos sistemas de cultivo, com a adoção de práticas agrícolas conservacionistas (plantio direto e cultivo mínimo) e com aumento das alternativas para controle de pragas e doenças, impactando positivamente o meio ambiente pela maior proteção e conservação ambiental que oferecem (Anexo A1 - quadros A1.1, A1.2 e A1.3).

As avaliações apontam para os reflexos positivos, tanto ambientais quanto produtivos, não somente pela redução das operações de pulverização de defensivos agrícolas e de cultivo, levando a menor uso de máquinas e combustíveis, mas ainda pela maior flexibilidade, facilidade e melhor logística de manejo e controle de plantas daninhas. São citados menores custos industriais decorrentes, também, do menor consumo de água necessária às pulverizações e da redução do transporte e do armazenamento de agroquímicos, cujas embalagens muitas vezes não possuem um destino final seguro no meio ambiente.

As referências estudadas apresentam valores monetários referentes à redução no uso de agroquímicos, bem como outros associados à redução das emissões de CO_2, resultantes do menor número das operações de pulverização. Segundo Brookes e Barfoot (2005), o cultivo de soja transgênica proporcionou os maiores ganhos em termos de rendimentos globais, chegando a mais de US$ 17 bilhões de aumento, enquanto produtores de algodão transgênico melhoraram suas rendas em até US$ 6,5 bilhões, entre 1996 e 2004. Os autores mencionam,

ainda, a eliminação de mais de 10 bilhões de kg CO_2 na atmosfera em 2004, decorrentes da redução do uso de combustível, em função das mudanças nas práticas agrícolas[35].

A conseqüente redução da contaminação ambiental, tanto do solo, do ar e da água, quanto dos alimentos agrícolas, é benéfica para a sustentabilidade ambiental e da produção agrícola, sendo ainda proporcionado aos agricultores um ambiente de trabalho menos contaminado.

Estudos práticos realizados também no Rio Grande do Sul, com o plantio de soja transgênica, relatam a viabilização do plantio direto na palha, com redução na perda do solo por erosão e maior eficiência no controle das invasoras. Constataram-se redução do trabalho com as ervas daninhas, lavouras mais limpas, flexibilização e melhoria de qualidade dos cultivos, bem como conservação das máquinas agrícolas e redução do consumo de óleo diesel, devido à redução do número de operações. Os estudos ainda fazem referência à melhoria no manejo da rotação da soja com trigo, milho e arroz, a aumentos de produtividade e a menores quantidades de impurezas no produto (PEDROZO, 2003; REBELLO, 2005).

Alguns estudos citam aumento ao invés de redução do uso de herbicidas, bem como queda de produtividade, devido à ampliação de fungos nas raízes da soja tolerante ao glifosato e/ou à alteração do processo de fixação de nitrogênio (Anexo A1, quadro A1.4). O aumento do uso de glifosato é apontado como necessário para alcançar o mesmo nível de controle de ervas daninhas de cultivos não-transgênicos e pode ser decorrente, ainda, de problemas de resistência das ervas daninhas ao herbicida, devido à pressão de seleção do glifosato, ou da própria expansão do agronegócio. Estes dados levam a expectativa das ameaças de aumento

[35] Equivalente a tirar 5 milhões de carros (1/5 dos carros registrados no Reino Unido) das ruas por um ano.

da contaminação ambiental e de aumento de custos. Mesmo com o uso de um herbicida menos tóxico, o aumento do uso pode levar à ameaça de aumento da contaminação ambiental.

O levantamento realizado por Benbroock (2004), relativo ao período 1996 a 2004, mostrou que enquanto os cultivos Bt (resistentes a insetos) levaram à redução do uso de pesticida de cerca de 15,6 bilhões de libras, os cultivos tolerantes a herbicidas levaram ao aumento do uso de herbicidas de cerca de 138 milhões de libras. Atribuiu-se esse aumento ao suprimento limitado de sementes convencionais, à manipulação de preços dos herbicidas a base de glifosato pelos produtores dos mesmos, e como resultado de emergência e espalhamento de ervas daninhas resistentes ou menos sensíveis ao glifosato.

Um número menor de referências relata ainda redução de empregos e de populações agrícolas (Anexo A1, quadro A1.4).

4.2.2.2 MUDANÇAS NA BIODIVERSIDADE

A redução da biodiversidade é uma das principais críticas dos cultivos transgênicos. Enquanto a adoção de práticas agrícolas conservacionistas pode favorecer maior conservação do solo, do ar e da biodiversidade, a introdução de transgenes em plantas pode causar efeitos negativos em organismos alvos e não-alvos, devido ao fluxo gênico, e o aparecimento de novas espécies e de substâncias indesejadas (Anexo A2, quadro A.2.1).

Como abordado no Capítulo 2, item 2.3.2, o aparecimento de plantas daninhas com tolerância múltipla a herbicidas de amplo espectro e a proliferação de insetos resistentes às toxinas dos genes de resistência a insetos são os possíveis efeitos negativos em organismos alvos, resultantes de eventos de transferência gênica e de elevada pressão seletiva.

Na avaliação da soja RR pela CTNBio em 1998, para a liberação comercial de variedades transgênicas no Brasil, concluiu-se que não existia razão científica para se

suspeitar de qualquer risco de efeito adverso da soja transgênica para o ecossistema brasileiro. Ainda, estudos agronômicos de rendimento de grãos, adaptabilidade, estabilidade de comportamento, incluindo outras características agronômicas da soja RR foram conduzidos em diferentes ambientes e anos de plantio, no Brasil, a partir de 1997. Os dados coletados indicaram que a soja RR era tão segura para o plantio em escala comercial quanto às demais variedades convencionais e não oferecia nenhum risco para o meio ambiente ou para os sistemas agrícolas de se tornar invasora (BORÉM, 2005c).

Analisando diferentes linhagens de soja e milho tolerantes ao herbicida glifosato e de milho resistentes a insetos, a CTNBio concluiu, ainda, que possuem o mesmo potencial que as plantas de milho e soja não transgênicas de se tornarem plantas daninhas, uma vez que a possibilidade de transferência dos transgenes é a mesma do que de qualquer outro gene do milho e da soja, e ocorre somente em plantas de milho e de soja. Devido às características das proteínas produzidas pelas linhagens transgênicas, esta transferência não apresentou impacto negativo ao meio ambiente, e em relação ao cruzamento, não existem espécies silvestres, de plantas daninhas ou não, capazes de cruzar com o milho e com a soja no Brasil (RECH, 2002).

Também, a CTNBio concluiu que na avaliação do algodão Bollgard®, para liberação do plantio comercial no Brasil, suas relações ecológicas e funcionais não serão diferentes daquelas causadas pelas variedades convencionais e que alterações no solo não deverão ocorrer. Devido à especificidade de ação da proteína Cry1Ac sobre algumas espécies *Lepidoptera,* não se espera um efeito negativo direto sobre o terceiro nível trófico (inimigos naturais). Considera-se, ainda, que, com base nos estudos realizados em outros países, a ocorrência de transferência gênica tem representado um risco mínimo nos cultivos do algodão Bollgard®, não se esperando efeito adverso da proteína Cry1Ac sobre os inimigos naturais.

Mesmo após quase 10 anos de uso cultivo em outros países, não houve relatos de evolução de resistência de qualquer praga às toxinas de Bt no campo. A proteína NPTII degrada-se rapidamente, como as outras proteínas encontradas nos tecidos vegetais e não é tóxica para os seres vivos. A resistência à canamicina e neomicina, conferida pelo gene *nptII*, é presença ubíqua nos microrganismos, e não há evidência de transferência gênica da planta para bactérias (CTNBio, Parecer n° 513/2005).

Quanto a efeitos em organismos não-alvos, avaliando-se os micróbios encontrados no solo, insetos benéficos e populações de pássaros nos campos de soja RR e convencional, verificou-se que foram similares em número e variedade (CARPENTER et al., 2002). Em outros estudos, também não foram verificadas diferenças entre cultivos de soja transgênica e não transgênica na colonização de fungos micorrízicos, nos processos biológicos do solo, rizóbio e nodulação. No levantamento realizado por Pedrozo (2003), relativo ao plantio de soja RR no Rio Grande do Sul, não foram verificadas variações nas nodulações relacionadas com a fixação biológica de nitrogênio (FNB), nem necessidade de maior uso de adubos nitrogenados nas lavouras. Entretanto, estudos realizados pela ASA reportaram efeitos indesejados em relação a organismos não-alvo nos cultivos de soja transgênica tolerante ao glifosato, mostrando que após o 5º ano de cultivo ocorreu ampliação de fungos nas raízes da soja, levando a perda de produtividade de até 25%. Verificou-se, ainda, redução na capacidade imunológica das plantas tratadas com glifosato e necessidade de uso de defensivos agrícolas (FOLHA SP, 05/10/2003).

Dos estudos de impacto do milho Bt sobre insetos não-alvo, até o caso da provável ameaça de extinção das borboletas Monarca evidenciou que mais pesquisas ainda são necessárias para que se possa avaliar o real efeito do pólen Bt nas borboletas (GUERRANTE, 2003).

Também, nas avaliações realizadas pela CTNBio, não foram observados efeitos das linhagens de milho Bt para controle de insetos lepidópteros em outros insetos, aves, peixes, mamíferos e seres humanos, o que foi atribuído à especificidade das proteínas introduzidas para o controle dessa espécie de insetos. No caso do milho e da soja tolerantes a herbicidas, estudos extensivos têm demonstrado que as proteínas herbicidas não têm causado efeitos deletérios em organismos alvo, demonstrando que os níveis das proteínas nas linhagens transgênicas não são tóxicos para organismos benéficos (RECH, 2002).

Outra ameaça à biodiversidade deve-se à ocupação de ambientes frágeis (Anexo A2, quadro A.1.2). Segundo Altieri e Pengue (2005), milhares de hectares foram desflorestados não só no Brasil, como também na Argentina, em Salta e em Santiago del Estero para cultivo de soja. No Brasil, o Cerrado e as Savanas têm sido os biomas mais prejudicados. O aumento da expansão da monocultura da soja e o conseqüente aumento de resistência de ervas daninhas ao herbicida glifosato e de pragas e doenças, levando ao maior uso de defensivos agrícolas foram apontados como os principais riscos de degradação do solo e de vulnerabilidades ecológicas. Ainda, cientistas do Brasil e dos EUA, após cruzarem dados de satélites, mapas de perda de cobertura vegetal e pesquisas de campo, estimaram que, entre 2001 e 2004, foram convertidos 5.400 km^2 quadrados de floresta, apenas no Mato Grosso, diretamente para áreas de sojicultura. Conforme a pesquisa, o desmatamento para dar lugar aos grãos subiu 10% no período analisado, enquanto para dar lugar às pastagens houve um decréscimo de 12%, sendo falsa a idéia de que o cultivo de soja se instala em áreas que foram desmatadas para pastagens. Os cientistas apontaram, ainda, que as taxas de desmatamento estão diretamente relacionadas ao preço da *commoditie*, sendo que os períodos mais críticos foram em 2003 e 2004, quando a cotação da soja estava mais alta. Concluiu-se que a destruição trazida pela soja é acelerada, faz uso intensivo de tecnologia e tem potencial de se espalhar para outras regiões da floresta (MORTON *et al.*, 2006).

Cabe adicionar a observação feita por Scaléa (2005) na avaliação relativa aos benefícios do emprego do plantio direto com o cultivo da soja transgênica. O autor concluiu que a melhoria do nível tecnológico do plantio direto com a soja transgênica pode evitar o desmatamento da Amazônia e do Cerrado, caso haja ocupação dos mais de 30 milhões de hectares de pastagens degradadas existentes no Brasil.

4.2.2.3 MUDANÇAS EM CULTIVOS E ALIMENTOS NÃO-TRANSGÊNICOS

A contaminação não intencional dos cultivos não-transgênicos (convencionais e orgânicos) é apontada como a principal conseqüência do fluxo gênico vertical, sendo o devido ao pólen o que implica em maiores cuidados. A polinização cruzada parece ser a principal causa da maior parte dos incidentes de contaminação dos cultivos.

Devido às diferentes características de fecundação de cada cultivo, as medidas para conter o fluxo gênico também variam e muitos estudos foram realizados para determinação das mesmas (Anexo A3, quadro A.3.1).

Para a soja, o risco de fluxo gênico da característica de resistência ao glifosato é insignificante para as regiões de cultivo da América do Norte e América Latina, devido às características de polinização. A ocorrência de introgressão do gene de tolerância ao glifosato é considerada extremamente improvável no Brasil e demais países da América, por não ser encontrado nenhum parente de soja cultivado, além de ser uma espécie autógama, com taxa de fecundação cruzada em geral menor que 1%, como já abordado no Capítulo 2, item 2.3.3.

Avaliando-se a freqüência de polinização cruzada entre uma linhagem de soja transgênica resistente ao glifosato (cp4 epsps) em diferentes distâncias entre plantas transgênicas e não-transgênicas na região do Cerrado, no Brasil, foram verificadas baixas taxas de polinização cruzada: inferior a 0,5% para distância de 1 m da fonte transgênica, e de 0,005% a 10 m de distância. Concluído que o fluxo gênico em plantas autógamas pode ser

evitado com o isolamento espacial de apenas 10 a 20 m, bem menor do que as preconizadas para o milho transgênico, cuja taxa de fecundação cruzada atinge valores mínimos acima de 21 m de distância da fonte de pólen transgênico (ABUD et al. 2004).

A possibilidade de disseminação de genes funcionais de plantas de milho transgênico para as de milho convencional é considerada pequena e de fácil controle por isolamento espacial entre as plantações. Usando, também, isolamento temporal (semeadura dos campos em momentos diferentes, normalmente, 30 dias de diferença), impedindo a coincidência no florescimento, pode ser minimizado ainda mais a probabilidade de ocorrer fluxo gênico. Para manter a pureza genética superior a 99%, o MAPA recomenda a distância de 200 a 300 m entre os campos de sementes (SIQUEIRA et al., 2004).

De acordo com estudo do Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica - IBET de Portugal, o milho transgênico resistente a pragas pode coexistir com o tradicional na mesma lavoura. A comprovação foi baseada na análise feita sobre a porcentagem de polinização cruzada em três campos semelhantes, compostos de um hectare de milho transgênico, cercado de quatro hectares de milho convencional (MONSANTO, 2006).

Outro estudo de fertilização cruzada entre milho Bt e convencional foi realizado, em condições reais de coexistência em duas regiões de cultivo destas espécies na Espanha. Em geral, as taxas de fertilização cruzada foram maiores nas bordas e, na maioria dos campos, diminuíram em direção ao centro do campo. Os principais fatores que determinaram a polinização cruzada foram a sincronicidade de florescência e a distância entre os campos doadores e receptores. Estabelecendo um índice sobre estas duas variáveis, concluiu-se que uma distância de cerca de 20 metros, seria suficiente para manter a presença indesejável de OGMs abaixo de 0,9% devido ao fluxo de pólen (MESSEGUER et al., 2006).

Para o algodoeiro, não se tem relato do pólen pelo vento, sendo a polinização cruzada realizada por insetos, principalmente por abelhas. De acordo com Freire (2002), a taxa de fecundação cruzada em algodoeiro varia de 0,2 a 97%, sendo de 29,2 a 54% para até 1 (um) metro de distância da fonte doadora de pólen, e praticamente nula a partir de 10 m de distância. Embora o autor comente que 20 m de isolamento possam ser suficientes, para evitar fluxo gênico entre cultivares transgênicas e não-transgênicas, na Argentina, essa distância é de 500 m, e na Califórnia e nos EUA, recomenda-se uma distância mínima de 1600 m tanto para cultivos tradicionais para evitar mistura de fibras brancas com fibras coloridas quanto para cultivos transgênicos. No Brasil, o MAPA exige isolamento mínimo de 800 m de outra lavoura de algodão ou de 250 m de outras lavouras, permitindo a redução para 100 m, quando existir uma barreira física mais alta entre os dois campos (SIQUEIRA et al., 2004).

Apesar dos estudos acima comentados, contaminações de lavouras de milho crioulo por lavouras de milho transgênico têm sido denunciadas pelo GREENPEACE. Devido aos níveis de contaminação que variaram entre 3 e 10%, resultantes de testes realizados no México, o risco de que a "poluição genética" acabe com a biodiversidade do milho é grande, uma vez que o México é o centro de origem e diversidade desta cultura (GUERRANTE, 2003). Recentemente, esta mesma ONG encaminhou à CTNBio o relatório "Coexistência Impossível", mostrando que a contaminação causada pelo milho transgênico na Espanha causou grandes prejuízos para os agricultores, que não puderam mais vender seu produto com o prêmio pago a produtos convencionais e orgânicos. O relatório traz resultados de testes de laboratório de amostras de campos de milho de 40 propriedades de orgânicos e convencionais, comprovando a contaminação não intencional em quase um quarto dos casos (Correio do Povo – RS/Rural, 08/09/2006).

Outras contaminações, não somente de cultivos não-transgênicos, mas também de alimentos, ração animal e sementes, têm sido registradas na literatura decorrentes da baixa qualidade do controle e da segregação pós-colheita (Anexo A3, quadro A.3.2). O relatório "Contamination Report 2005" emitido por Gene Watch UK e Greenpeace International (2006) contém um levantamento de casos de contaminação transgênica, dentre outros casos de plantios e liberações ilegais no mundo, desde 1996 (dados da literatura científica e dados comunicados pelo público em geral). Das 113 ocorrências do registro, 88 são casos de contaminação de cultivos e/ou alimentos não-transgênicos, sendo a maioria de soja, milho e algodão.

4.2.2.4 MUDANÇAS NA DISPONIBILIDADE E NAS CARACTERÍSTICAS DOS ALIMENTOS

Ainda não se pode atribuir ao aumento da safra brasileira de grãos nos últimos anos à produção da soja e do algodão transgênicos, devido aos problemas relativos aos plantios ilegais. Com as regularizações que vêm sendo realizadas, em termos de certificação de sementes, e com a aprovação dos demais cultivos transgênicos, os indicadores poderão, futuramente, representar dados reais.

Os resultados da produção nacional das últimas safras e os dados mundiais, que revelam o aumento da produção de cultivos transgênicos em 50 vezes, são indicativos da maior disponibilidade de alimentos (Anexo 4, quadro A.4.1).

Com o desenvolvimento dos produtos da 2ª geração, resistentes a fungos e bactérias, maior conteúdo de fibras, vitaminas e gorduras e mais adequados às condições abióticas, é prevista a disponibilidade de alimentos em maior quantidade e com mais nutrientes. Ainda, os produtos da 3ª geração como as plantas "vacinas" exemplificam também as mudanças nas características dos alimentos disponíveis não somente para alimentação, mas também para o controle e combate de doenças crônicas.

Quanto às mudanças nas características dos alimentos, devido à presença de transgênicos, são temidas pelos supostos efeitos nocivos à saúde, apesar dos 7 a 8 anos de estudo até o lançamento no mercado. Conforme o critério de equivalência substancial (desenvolvido pela FAO, Agência das Nações Unidas, e a OMS, Organização Mundial de Saúde), os alimentos transgênicos ou GMs têm sido considerados tão seguros quanto os convencionais. Com base nos riscos potenciais dos alimentos GMs e na literatura científica disponível, não há evidências de que os alimentos existentes possam vir a ter riscos diferentes dos riscos dos alimentos convencionais. Os alimentos GMs vêm sendo consumidos há muitos anos em diversos países, sem relatos de efeitos adversos, mostrando-se seguros para a saúde humana e animal (Anexo 4, quadro A.4.2).

Após 10 anos de experiência nos EUA, a FDA considera que há razões suficientes para concluir que os alimentos GMs são tão seguros quanto seus análogos convencionais, e que é necessário acompanhar a evolução da bioengenharia para garantir que qualquer questionamento sobre segurança seja resolvido antes da comercialização dos produtos. O Tribunal de Contas Geral dos EUA (GAO) e a Academia Nacional de Ciências (NAS) emitiram pareceres que respaldam essa avaliação (CRAWFORD, 2003).

A preocupação em relação aos riscos de transferência de genes com resistência a antibióticos nas plantas transgênicas direta ou indireta para as bactérias do intestino, tem se verificado que se trata essencialmente de um risco hipotético e a probabilidade de ocorrer é extremamente remota (BENNETT et al, 2004).

Em relação à soja resistente a herbicidas, por meio de levantamento de dados da literatura, não foram verificados riscos nem variação do valor nutricional de alimentos derivados de cultivos resistentes à herbicida. Também não foi verificada qualquer influência do glifosato e de outros herbicidas no nível das isoflavonas e dos glicosídeos presentes na soja

transgênica; verificou-se que os níveis de chiquimato (dá origem às isoflavonas e glicosídeos) foram baixos e não significativamente afetados. Quanto às outras preocupações relativas à alergenicidade e à alteração das funções digestivas da soja transgênica, os resultados têm mostrado que não são afetadas pela presença do transgene (Anexo 4, quadro A.4.2).

Em relação ao milho e algodão Bt resistentes a insetos, os estudos também têm revelado que são equivalentes e tão seguros e nutritivos quanto os convencionais.

4.2.2.5 MUDANÇAS SOCIOECONÔMICAS E JURÍDICAS

Com a ampla adoção dos cultivos transgênicos, principalmente da soja, do milho e do algodão, de grande importância para o Brasil, têm sido cobrada a introdução contínua de inovações para aumento da competitividade do agronegócio. Entretanto, as novas legislações de biossegurança e de propriedade intelectual, alteraram o curso do desenvolvimento tecnológico e das questões comerciais.

Como abordado no Capítulo 2, item 2.3.2.3, o patenteamento da tecnologia de produção e dos genes inseridos nos cultivos transgênicos levou a mudanças não somente no sistema de comercialização, mas também nas práticas de cultivo dos agricultores.

Para demostrar a influência do patenteamento da tecnologia de produção e dos genes inseridos nos cultivos transgênicos, a experiência da Argentina com o algodão resistente a insetos fornece uma comparação interessante com o caso da China que possui um sistema de pesquisa agrícola pública. Com o desenvolvimento independente de duas variedades resistentes a insetos, a China pode competir diretamente com o algodão transgênico da MONSANTO, o que resultou em preços muito menores do que em qualquer lugar e em lucros substancialmente maiores para os agricultores. Já na Argentina, a MONSANTO forçou rigorosamente seus direitos de propriedade intelectual sobre o algodão transgênico e cobrou preços significantemente maiores do que o da semente de algodão convencional. Como

resultado, o algodão transgênico não foi amplamente adotado por ter oferecido baixo retorno aos agricultores, ao contrário da soja resistente a herbicidas que não foi patenteada na Argentina (Anexo 5, quadro 5.1).

Entraves burocráticos, regulatórios e políticos para aprovação das pesquisas biotecnológicas têm atrasado o desenvolvimento tecnológico e a obtenção de novos produtos, ameaçando a competitividade do agronegócio. Por exemplo, a Votorantin Novos Negócios (VNN)[36], controladora das empresa de biotecnologia Cana Vialis e Alellyx, aventou a possibilidade de ter que vender suas patentes tecnológicas de cana-de-açúcar transgênica para concorrentes internacionais e atribuiu o motivo à lentidão do governo em regulamentar o uso de produtos GMs (Anexo A5, quadro 5.2).

Outro motivo ainda de mudanças nos sistemas de comercialização e de plantio agrícola, é a necessidade de rotulagem de sementes e produtos GMs. A necessidade de rastreabilidade de cada etapa do processo de produção para verificação da presença de transgenes exige que novas atividades sejam introduzidas, desde a fase de plantio até a comercialização, bem como aumento de custos de produção. Além das dificuldades impostas ao agricultor, há a possibilidade de aumento do preço final do produto.

A polêmica dos transgênicos tem levado também a uma ampla divulgação na mídia jornalística, levando informações à sociedade. Além das informações políticas, econômicas e tecnológicas, a mídia tem transmitido também receio à sociedade. Apesar das incertezas geradas pelo tema, os questionamentos proporcionam um maior conhecimento da sociedade tanto a respeito da tecnologia quanto do meio ambiente.

[36] Votorantin Novos Negócios desenvolve pesquisas com cerca de 15 variedades transgênicas e investiu R$ 200 milhões em biotecnologia.

4.2.3 INDICADORES DE IMPACTO

Com base nos dados levantados sobre impactos ambientais da agricultura transgênicas, verificou-se que os impactos resultantes das mudanças do estado do meio ambiente, considerando também as questões sociais, econômicas e jurídicas, podem ser tanto positivos ou negativos. Verificou-se que os cultivos transgênicos tanto podem favorecer maior proteção e conservação ambiental como podem contaminar cultivos convencionais e ameaçar a biodiversidade.

O quadro 4.4 resume os impactos observados na avaliação dos indicadores de estado.

Quadro 4.4 INDICADORES DE ESTADO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA E IMPACTOS OBSERVADOS

INDICADORES DE ESTADO	IMPACTOS OBSERVADOS
Mudanças no Uso de Agroquímicos e nos Sistemas de Cultivo	Proteção x Contaminação Ambiental e de Cultivos Convencionais
Mudanças na Biodiversidade	Proteção x Ameaças à Biodiversidade
	Redução x Aumento de Custos e de Produtividade
Alterações em Cultivos Convencionais	Diversificação e Expansão da Produção Agrícola e de Fármacos
	Melhoria x Prejuízos Nutricionais e no Cultivo
Mudanças na Disponibilidade e nas Características dos Alimentos	Aumento da Competitividade do Agronegócio x Dependência do Agricultor do Produtor de Semente
Mudanças Socioeconômicas e Jurídicas	Introdução Contínua de Inovações x Entraves no Desenvolvimento e na Comercialização de Novos Produtos

E, por meio dos impactos observados, os indicadores de impacto da agricultura transgênica foram definidos como oportunidades (benefícios) e ameaças (riscos), conforme apresentado no quadro 4.5.

Quadro 4.5 – INDICADORES DE IMPACTO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

OPORTUNIDADES (Benefícios)	**AMEAÇAS (Riscos)**
Redução Contaminação Ambiental	Aumento da Contaminação Ambiental
Maior Proteção e Conservação Ambiental	Contaminação de Cultivos Convencionais.
Aumento das Alternativas para Controle de Pragas e Doenças.	Ameaças à Biodiversidade
Melhoria da Qualidade e da Sustentabilidade da Produção	Dependência do Agricultor em Relação aos Detentores de Tecnologia
Diversificação e Expansão da Produção Agrícola e de Fármacos	Prejuízos nas Características Nutricionais.
Aumento de Produtividade e/ou Redução de Custos.	Queda de Produtividade e/ou Aumento de Custos.
Redução Efeito Estufa	Aumento do Efeito Estufa
Introdução Contínua de Inovações e Aumento da Competitividade do Agronegócio	Entraves no Desenvolvimento e Comercialização de Novos Produtos

4.2.4 INDICADORES DE RESPOSTA

Indicadores de resposta são gerados a partir da percepção e da avaliação dos impactos decorrentes da capacidade do estado do meio ambiente em suportar as pressões impostas pela atividade desenvolvida. Para a agricultura transgênica, os indicadores de resposta foram definidos como as ações de controle e gestão ambiental necessárias para prevenir e/ou mitigar os impactos negativos, corrigir danos ou tirar proveito dos impactos positivos observados.

As seguintes ações, já em prática, foram identificadas como indicadores de resposta:

– Criada em 2002 a Rede de Pesquisa em Biossegurança (BioSeg), pela EMBRAPA, para estudar o potencial de risco de produtos GMs e gerar informações científicas e protocolos de biossegurança.

– Adesão do Brasil ao Protocolo de Cartagena, com o objetivo de fortalecer o poder do Estado no exercício de suas competências sobre produtos que contenham OGMs e de atender aos interesses da sociedade.

– Promulgação da nova Lei de Biosegurança, n° 11.105/05 e regulamentação do Decreto n° 4.680/03, sobre rotulagem de alimentos que contenham ou que sejam produzidos a partir de OGMs.

– Promulgação da nova Lei de Sementes e Mudas, n° 10.711/03, que disciplina a produção e o uso de sementes no Brasil.

– Fiscalização do cumprimento das Legislações de Sementes e Mudas e de Biossegurança em atividades de pesquisa agropecuária e uso comercial envolvendo OGMs, distribuídas em diversos estados brasileiros: Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná[37].

– Lançado programa de adesão voluntária dos agricultores ao uso certificado de sementes de origem legal, chamado Orileg, pela Associação Brasileira de Sementes e Mudas (Abrasem) e pela Associação Brasileira de Obtentores Vegetais (Braspov). O programa tem por objetivo conferir à produção agrícola um selo de identificação para representar o conceito "safra oriunda de semente legal", eliminando as perdas de produtividade, aumento de pragas e doenças e os riscos sociais decorrentes do uso de sementes ilegais [38]. O Orileg está sendo apresentado aos agricultores, à indústria e exportadores e também ao governo.

[37] Relatório das Ações de Fiscalização de Atividades com OGMs realizada pelo MAPA no 1° semestre de 2006 (Brasília, 25 de julho de 2006). Em setembro de 2006, novas atividades de fiscalização foram iniciadas.

[38]O selo Orileg trará vantagens que para o produtor, como manutenção da pesquisa para melhoramento de sementes, o acesso a tecnologias globais, a sustentabilidade da atividade e a segurança jurídica. O comprador terá garantia da qualidade e de rendimento e também segurança jurídica, estando protegido, assim como o produtor, quanto à propriedade intelectual. O programa foi iniciado com o algodão, a partir da safra 2005/06, devendo ser estendido para o arroz, o trigo e a soja.

– Estabelecido programa federal para incentivar o uso de sementes certificadas e fiscalizadas para melhorar a produtividade da lavoura, por meio do decreto n° 5.891/06 (programa troca-troca).

– Estabelecidas normas para prevenção de riscos de contaminação gênica, tais como o estabelecimento de áreas de refúgio, rotação com culturas não transgênicas e isolamento espacial ou temporal (Portaria do MAPA n° 437/2005 e MP 327/06).

– Por ocasião da construção da Estratégia Nacional de Biotecnologia[39], foram priorizados temas/ações para estimular a geração de produtos agropecuários estratégicos, visando novos patamares de competitividade e a segurança alimentar para reforçar a competitividade da indústria brasileira e acelerar o crescimento econômico. Entre os temas destacam-se a transgenia em variedades comerciais, a coexistência de variedades transgênicas e convencionais e as biofábricas moleculares de compostos com alto valor agregado.

– Desenvolvimento de técnicas de modificação genética para aumentar o grau de controle sobre a inserção, a contenção e a expressão dos genes, de modo a viabilizar cultivos transgênicos mais seguros (CARRER, 1998; RUF et al, 2001; REVISTA PESQUISA FAPESP, 2001; MENOSSI, 2005).

– Criação do Sistema de Informações em Biossegurança (SIB), por meio do Artigo 19 da nova Lei de Biosegurança, destinado à gestão das informações decorrentes das atividades de análise, autorização, registro, monitoramento e acompanhamento das atividades que envolvam OGM e seus derivados.

– Divulgação de informações técnico-científicas sobre a biotecnologia e seus benefícios, aumentando a familiaridade de todos os setores da sociedade com o tema, por órgãos e sociedades científicas como a Fundação Oswaldo Cruz, o Conselho de

Informações sobre a Biotecnologia (CIB) e a Associação Nacional de Biossegurança (ANBio). No anexo B, encontram-se dispostos os sites destes órgãos para consulta.

Outros indicadores de resposta referem-se a ações, identificadas no presente trabalho, que precisam ser colocadas em prática, tais como:

– Desenvolvimento da Política Nacional de Biossegurança.

– Desenvolvimento de uma Política Ambiental Agrícola.

– Agilização das avaliações sobre coexistência de cultivos convencionais, transgênicos e orgânicos, do melhoramento da tecnologia e dos cultivos transgênicos existentes e do desenvolvimento de novos cultivos, alimentos e fármacos transgênicos.

4.3 ELABORAÇÃO DAS MATRIZES DE AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E DO USO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

Os indicadores de pressão, correspondentes aos fatores críticos de sucesso internos (forças e fraquezas), foram empregados na matriz adaptada para avaliação da tecnologia (dimensão interna da questão em análise) e os indicadores de impacto, correspondentes aos fatores críticos de sucesso externos (oportunidades e ameaças), foram empregados na matriz adaptada para avaliação do uso da agricultura transgênica (dimensão externa). As matrizes elaboradas no presente trabalho estão apresentadas nas tabelas 4.1 e 4.2.

[39] http://www.mdic.gov.br/arquivo/sdp/20060705Estrategiabiotecnologia.pdf

Tabela 4.1 MATRIZ PARA AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CULTIVOS TRANSGÊNICOS

INDICADORES DE PRESSÃO **Relacionados às Vantagens e Desvantagens da Tecnologia**		**Relevância** **(0,00 - 1,00)**	**Efetividade** **(1 - 4)**	**Índice**
FORÇAS (Vantagens)	Tolerância a Herbicidas			
	Maior Proteção contra Pragas e Doenças			
	Tolerância a Estresses Abióticos			
	Combinação de Características de Tolerância e Proteção			
	Síntese de Produtos com Atributos Diversos			
Somatório		**1,00**	**-**	
FRAQUEZAS (Desvantagens)	Incertezas Relacionadas à Tecnologia e à Produção			
	Ocorrência de Efeitos Pleiotrópicos			
	Produção de Sementes com Características Indesejáveis ao Cultivo			
	Falta de Familiaridade com Aspectos Relacionados à Biossegurança			
	Falta de Familiaridade com Aspectos Relacionados à Propriedade Intelectual			
Somatório		**1,00**	**-**	

Tabela 4.2 MATRIZ PARA AVALIAÇÃO DO USO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

INDICADORES DE IMPACTO **Relacionados aos Benefícios e Riscos da Agricultura Transgênica**		**Relevância** **(0,00 -1,00)**	**Efetividade** **(1 - 4)**	**Índice**
OPORTUNIDADES (Benefícios)	Redução da Contaminação Ambiental por Agroquímicos			
	Maior Proteção e Conservação Ambiental			
	Aumento das Alternativas para Controle de Pragas e Doenças			
	Redução do Efeito Estufa			
	Melhoria da Qualidade e Sustentabilidade da Produção			
	Aumento de Produtividade e/ou Redução de Custos			
	Diversificação e Expansão da Produção Agrícola e de Fármacos			
	Introdução Contínua de Inovações e Aumento da Competitividade do Agronegócio			
Somatório		**1,00**	**-**	
AMEAÇAS (Riscos)	Contaminação de Cultivos e Alimentos Não-transgênicos			
	Ameaças à Biodiversidade			
	Prejuízos nas Características Nutricionais			
	Aumento do Efeito Estufa			
	Aumento da Contaminação Ambiental por Agroquímicos			
	Entraves no Desenvolvimento e na Comercialização de Novos Produtos			
	Queda de Produtividade e/ou Aumento dos Custos			
	Dependência do Agricultor			
Somatório		**1,00**	**-**	

4.3.1 CRITÉRIOS PARA OBTENÇÃO DOS ÍNDICES DOS INDICADORES PARA AS AVALIAÇÕES PRETENDIDAS

Na elaboração das matrizes trabalhou-se com um número de indicadores de pressão, relativos às vantagens, igual ao das desvantagens, e de indicadores de impacto, relativos aos benefícios, igual ao das ameaças, para avaliação comparativa dos mesmos. As avaliações foram realizadas por meio de índices resultantes da multiplicação dos valores atribuídos para relevância (importância) pelos valores de efetividade (resultado) de cada indicador.

A atribuição dos valores de relevância dos indicadores de pressão e de impacto foi baseada nos fundamentos da agricultura transgênica e de forma relativa, isto é, considerando-se a maior importância de cada indicador em relação aos demais. Os indicadores relacionados a características que podem ser controladas pela natureza, tais como: efeitos pleiotrópicos e fluxo gênico, foram considerados mais importantes do que os indicadores que podem ser controlados pela ciência, por diretrizes legislativas ou por efetivas práticas de gestão, como por exemplo: dependência dos agricultores na compra de sementes ou produtividade aumentada.

Em relação aos valores de efetividade, também atribuídos de forma relativa, foram baseados nas avaliações da dimensão global e nos estudos de impactos ambientais, alimentares e econômicos dos principais cultivos transgênicos (soja, milho, algodão), disponíveis na literatura científica. Os valores foram atribuídos de forma relativa, de modo a serem obtidos índices comparativos. Estes índices resultaram da multiplicação dos valores atribuídos para relevância pelos valores de efetividade de cada impacto. Para relevância, foram atribuídos valores entre 0,00 (não importante) e 1,00 (muito importante), com base na consideração da importância de cada indicador para a sustentabilidade ambiental, alimentar e/ou econômica. Já para a efetividade, os valores foram atribuídos com base na literatura científica, conforme o volume de informações disponíveis: 1 (menor), 2 (médio), 3 (acima do

médio) e 4 (maior). Os valores de relevância foram atribuídos de modo que a soma dos valores associados aos indicadores fosse igual a 1,00, como usualmente praticado nas matrizes de David e no conhecido método *Batelle* (MUNN, 1975) para avaliar impactos ambientais.

Os somatórios dos índices relativos às forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, ao serem comparados, podem revelar se as vantagens e oportunidades sobrepujam as fraquezas e ameaças, de modo a avaliar a validade da continuidade do desenvolvimento da tecnologia, considerando os impactos envolvidos.

A subjetividade atribuída à metodologia, devido à obtenção dos índices comparativos por meio de pesquisa bibliográfica, pode ser minimizada com a aplicação da mesma por um painel de especialistas por meio de técnicas *Delphi* (capítulo 3, item 3.6.1)

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados da aplicação das matrizes elaboradas para avaliação da tecnologia de produção de cultivos transgênicos e da aplicação agricultura transgênica para verificação da viabilidade da continuidade do desenvolvimento da tecnologia e do uso da mesma.

Segue-se a apresentação do modelo **DPEIR** agricultura transgênica para produção e comunicação de informações sobre a percepção e avaliação dos impactos potenciais, e para identificação de ações de controle e gestão ambiental e de novas atividades humanas ou forçantes socioeconômicas (*Driving Forces*).

5.1 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CULTIVOS TRANSGÊNICOS

A tabela 5.1 apresenta a avaliação da tecnologia de produção de cultivos transgênicos com os índices resultantes da atribuição dos valores de relevância e efetividade aos indicadores de pressão relativos às vantagens e desvantagens da tecnologia.

Em relação aos indicadores de pressão relativos às vantagens da tecnologia, o maior valor de relevância foi atribuído ao relativo à “Combinação de Características de Tolerância e Proteção”, referente aos cultivos contendo combinação de genes (genes *stack*), e o menor valor, à “Síntese de Produtos com Atributos Diversos”.

Tabela 5.1 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CULTIVOS TRANSGÊNICOS

INDICADORES DE PRESSÃO Relacionados às Vantagens e Desvantagens da Tecnologia		**Relevância (0,00 - 1,00)**	**Efetividade (1 - 4)**	**Índice**
FORÇAS (Vantagens)	Tolerância a Herbicidas	0,20	4	0,80
	Maior Proteção contra Pragas e Doenças	0,20	3	0,60
	Tolerância a Estresses Abióticos	0,20	3	0,60
	Combinação de Características de Tolerância e Proteção	0,25	3	0,75
	Síntese de Produtos com Atributos Diversos	0,15	2	0,30
Somatório		**1,00**	-	**2,85**
FRAQUEZAS (Desvantagens)	Incertezas Relacionadas à Tecnologia e à Produção	0,30	3	0,90
	Ocorrência de Efeitos Pleiotrópicos	0,30	2	0,60
	Produção de Sementes com Características Indesejáveis ao Cultivo	0,20	2	0,40
	Falta de Familiaridade com Aspectos Relacionados à Biossegurança	0,10	3	0,30
	Falta de Familiaridade com Aspectos Relacionados à Propriedade Intelectual	0,10	3	0,30
Somatório		**1,00**	-	**2,50**

Os cultivos com características combinadas (genes *stack*), denominados "Produtos Combinados GM", desenvolvidos nos EUA, Canadá, Austrália, México e África do Sul e aprovados nas Filipinas, têm constituído uma importante e crescente tendência futura mundial, tendo sido o grupo que cresceu mais rápido entre 2004 e 2005. Foi o grupo de características que cresceu mais rápido entre 2004 e 2005, com 49% de crescimento, comparado com 9% para tolerância à herbicida e 4% para resistência a insetos (JAMES, 2005). Pela combinação de características de proteção e tolerância, considera-se maior a perspectiva de redução do uso de agroquímicos nas lavouras contribuindo para a mitigação da contaminação ambiental, em relação aos cultivos com características únicas de tolerância a herbicidas e a estresses abióticos (salinidade, seca, frio, metais pesados) e de proteção contra pragas e doenças.

Ainda no grupo das vantagens, o indicador de pressão relacionado à "Síntese de Produtos com Atributos Diversos" recebeu valor de relevância relativamente menor, devido à possibilidade de tais produtos serem produzidos por outras tecnologias que não oferecem os riscos associados à transgenia, tais como aumento de toxidade, alergias, alteração do valor nutricional e resistência bacteriana aos antibióticos.

Em relação aos indicadores relacionados às desvantagens, valores superiores de relevância foram atribuídos aos relativos às "Incertezas Relacionadas à Tecnologia e à Produção" e à "Ocorrência de Efeitos Pleiotrópicos", devido ao desconhecimento de características e das alterações inesperadas que podem estar presentes nos cultivos. Valores inferiores foram atribuídos aos indicadores que podem ser controlados pela ciência ("Produção de Sementes com Características Indesejáveis ao Cultivo") e por diretrizes legislativas ou por efetivas práticas de gestão ("Falta de Familiaridade com Aspectos Relacionados à Biossegurança e à Propriedade Intelectual").

Quanto aos valores de efetividade, no grupo das vantagens, o indicador de pressão relativo à "Síntese de Produtos com Atributos Diversos" também recebeu pontuação inferior, em função do desenvolvimento mais atrasado em relação aos demais, tanto pela necessidade de um número maior de testes para o consumo seguro dos alimentos e medicamentos desenvolvidos, quanto pelos entraves burocráticos para regulamentação dos mesmos. Para o indicador de pressão relativo à "Tolerância a Herbicidas" atribuiu-se o valor superior (4) por ter sido, constantemente, a característica dominante em plantas transgênicas de 1996 a 2005 (JAMES, 2005).

No grupo das desvantagens, os maiores valores de efetividade foram atribuídos aos indicadores mais estudados na literatura: "Incertezas Relacionadas à Tecnologia e à Produção" e "Falta de Familiaridade com Aspectos Relacionados à Biossegurança e à

Propriedade Intelectual", em função da necessidade de solução para desenvolvimento das pesquisas e das questões regulatórias e econômicas. Já os indicadores "Ocorrência de Efeitos Pleiotrópicos" e "Produção de Sementes com Características Indesejáveis ao Cultivo" receberam valores de efetividade relativamente menores; o primeiro, devido ao menor número de relatos em relação ao grupo das vantagens, e o segundo, devido à suspensão do desenvolvimento, em função, inclusive, do impedimento imposto pela nova Lei Brasileira de Biossegurança (Lei n° 11.105/05), pelos riscos aos agricultores.

Apesar do modo subjetivo com que foram atribuídos os valores de relevância e efetividade aos indicadores de pressão, os somatórios dos índices obtidos com os indicadores da tabela 5.1, para a avaliação da tecnologia de produção dos cultivos transgênicos, evidenciam que as vantagens sobrepujam as desvantagens da tecnologia. A diferença entre os somatórios foi pequena, em função da pouca evidência, principalmente das desvantagens relativas às incertezas associadas à obtenção dos cultivos transgênicos.

Por meio da matriz elaborada para avaliação da tecnologia de produção dos cultivos transgênicos e que o cenário é favorável à continuidade do desenvolvimento da mesma.

Além de se mostrar como uma metodologia adequada para avaliação da tecnologia, o cenário elaborado sinaliza também para os aspectos que precisam ser mais estudados para aplicação da biotecnologia na agricultura com segurança e sustentabilidade.

5.2 AVALIAÇÃO DO USO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

A tabela 5.2 apresenta a matriz para avaliação do uso da agricultura transgênica com os índices resultantes da atribuição dos valores de relevância e efetividade aos indicadores de impacto, relativos aos benefícios e riscos da aplicação da tecnologia em análise.

Tabela 5.2 MATRIZ PARA AVALIAÇÃO DO USO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

INDICADORES DE IMPACTO Relacionados aos Benefícios e Riscos da Agricultura Transgênica		**Relevância (0,00 -1,00)**	**Efetividade (1 - 4)**	**Índice**
OPORTUNIDADES (Benefícios)	Redução da Contaminação Ambiental por Agroquímicos	0,20	4	0,80
	Maior Proteção e Conservação Ambiental	0,20	3	0,60
	Aumento das Alternativas para Controle de Pragas e Doenças	0,15	3	0,45
	Redução do Efeito Estufa	0,15	3	0,45
	Melhoria da Qualidade e Sustentabilidade da Produção	0,10	3	0,30
	Aumento de Produtividade e/ou Redução de Custos	0,10	3	0,30
	Diversificação e Expansão da Produção Agrícola e de Fármacos	0,05	2	0,10
	Introdução Contínua de Inovações e Aumento da Competitividade do Agronegócio	0,05	2	0,10
Somatório		**1,00**	-	**3,10**
AMEAÇAS (Riscos)	Contaminação de Cultivos e Alimentos Não-transgênicos	0,20	3	0,60
	Ameaças à Biodiversidade	0,20	3	0,60
	Prejuízos nas Características Nutricionais	0,18	1	0,18
	Aumento do Efeito Estufa	0,12	3	0,36
	Aumento da Contaminação Ambiental por Agroquímicos	0,12	2	0,24
	Entraves no Desenvolvimento e na Comercialização de Novos Produtos	0,08	3	0,24
	Queda de Produtividade e/ou Aumento dos Custos	0,05	2	0,10
	Dependência do Agricultor	0,05	2	0,10
Somatório		**1,00**	-	**2,42**

Os indicadores de impacto relativos à “Redução da Contaminação Ambiental” e à “Maior Proteção e Conservação Ambiental”, foram os que receberam os maiores valores de relevância, por serem os principais benefícios decorrentes do menor uso de defensivos agrícolas e do favorecimento de práticas agrícolas conservacionistas, possibilitados com o desenvolvimento dos cultivos transgênicos. Além dos reflexos positivos para o meio ambiente, como menor erosão do solo e contaminação da água e do ar, a agricultura transgênica pode favorecer a oferta de alimentos menos contaminados e de ambiente de trabalho mais saudável aos trabalhadores rurais.

Os indicadores relativos aos demais benefícios proporcionados receberam valores de relevância gradativamente menores, conforme disposto na tabela 5.2. Os valores de relevância foram distribuídos considerando que os benefícios: “Aumento das Alternativas para Controle de Pragas e Doenças”, “Redução do Efeito Estufa” e “Diversificação e Expansão da Produção Agrícola e de Fármacos” podem ser alcançados por meio de outras tecnologias; e os benefícios: “Melhoria da Qualidade e Sustentabilidade da Produção” e “Aumento de Produtividade e/ou Redução de Custos”, “Introdução Contínua de Inovações” e “Aumento da Competitividade do Agronegócio”, por efetivos sistemas de gestão.

Em relação aos riscos, receberam os maiores valores de relevância os indicadores relativos à “Contaminação de Cultivos e Alimentos Não Transgênicos” e a “Ameaças à Biodiversidade”. Foram assim atribuídos por serem os de mais difícil controle, em função da principal ameaça ao meio ambiente que é o fluxo gênico, seguida dos efeitos negativos em organismos alvos e não-alvos, da possibilidade de aparecimento de novas espécies e de substâncias indesejadas e da ocupação de ambientes frágeis.

Também, em função da possibilidade de efeitos inesperados, o indicador relativo aos "Prejuízos nas Características Nutricionais" recebeu um valor de relevância um pouco inferior, mas ainda superior aos demais, com base na mesma consideração anteriormente seguida. Em função da possibilidade de controle por meio de diretrizes operacionais, os riscos relativos ao "Aumento da Contaminação Ambiental", ao "Aumento do Efeito Estufa" e à "Queda de Produtividade e/ou Aumento dos Custos" podem ser minimizados. Como abordado no Capítulo 4, item 4.2.2.1, estes riscos são decorrentes do aumento do uso de agroquímicos, devido à pressão de seleção do glifosato ou da própria expansão do agronegócio.

Do mesmo modo, os riscos relativos à "Dependência do Agricultor" e aos "Entraves no Desenvolvimento e na Comercialização de Novos Produtos" podem ser minimizados por meio de diretrizes legislativas que regulamentem desde o desenvolvimento dos cultivos transgênicos, a compra das sementes e o plantio pelos agricultores até a comercialização e o consumo final dos produtos pela sociedade.

Quanto aos valores de efetividade atribuídos para cada indicador, foram baseados na análise realizada do material bibliográfico e resumidamente disposta no quadro 5.1.

Em relação aos benefícios, foi atribuído valor de efetividade referente a resultado superior (4) ao indicador de impacto relativo à "Redução da Contaminação Ambiental", devido ao número significativamente maior de referências que registra a redução do uso de agroquímicos, levando à disponibilidade de solo, água, ar e alimentos menos contaminados. Algumas referências citam constatações da redução da contaminação ambiental, com base no reaparecimento nas lavouras de pequenos mamíferos, aves e peixes das redondezas (PEDROZO, 2003).

Quadro 5.1 AVALIAÇÃO DAS REFERÊNCIAS PARA ATRIBUIÇÃO DOS VALORES DE EFETIVIDADE AOS INDICADORES DE IMPACTO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

OPORTUNIDADES (Benefícios)	AVALIAÇÃO DAS REFERÊNCIAS	AMEAÇAS (Riscos)	AVALIAÇÃO DAS REFERÊNCIAS
Redução Contaminação Ambiental	Das referências estudadas referentes ao uso de agroquímicos e de práticas agrícolas conservacionistas, cerca de 60% citam redução do uso, o que contribui para redução da contaminação ambiental, levando à disponibilidade de solo, água, ar, alimentos e ambiente de trabalho para os agricultores menos contaminados.	**Aumento da Contaminação Ambiental**	O aumento do consumo de glifosato ou para alcançar o mesmo nível de controle de ervas daninhas de cultivos não-transgênicos ou decorrente da expansão do agronegócio é citado em 22% das referências relativas ao uso de agroquímicos e de práticas agrícolas conservacionistas.
Maior Proteção e Conservação ambiental	Além da redução do uso de agroquímicos, 17% das referências citam a adoção de práticas agrícolas conservacionistas e o menor uso de máquinas agrícolas, minimizando a erosão do solo e a poluição do ar e da água, o que possibilita a conservação ambiental.	**Contaminação de Cultivos e Alimentos Não Transgênicos**	Não houve relato de contaminação por fluxo gênico para a soja no Brasil. Para o milho, a possibilidade é considerada pequena e de fácil controle por isolamento espacial e temporal. Para o algodão, o plantio foi liberado com exigências relativas a áreas de plantio e de isolamento espacial. Outras contaminações têm sido registradas, não somente de cultivos não-transgênicos, mas também de alimentos, ração animal e sementes, em função da baixa qualidade do controle e da segregação pós-colheita.
Aumento das Alternativas para Controle de Pragas e Doenças.	Além da redução do uso de inseticidas, as referências estudadas apontam para o controle e a redução eficiente do ataque de pragas e para a menor contaminação fúngica.	**Ameaças à Biodiversidade**	Os estudos têm mostrado que não há qualquer risco de efeito adverso à biodiversidade diferente dos convencionais. A principal ameaça foi apontada para a ocupação de ambientes frágeis, devido à expansão dos cultivos sem avaliação prévia de riscos.
Melhoria da Qualidade e da Sustentabilidade da Produção	Ainda em decorrência da redução do uso de agroquímicos e da adoção de práticas agrícolas conservacionistas, 20% dos levantamentos faz referência às melhores condições de trabalho, tanto em termos de flexibilidade operacional quanto de ambiente de produção menos poluído.	**Dependência do Agricultor em Relação aos Detentores de Tecnologia**	Com o patenteamento da tecnologia de produção e dos genes inseridos nos cultivos transgênicos, os agricultores tornam-se dependentes das empresas detentoras dos mesmos, principalmente, os de pequeno porte, mais suscetíveis a pressões econômicas. A venda casada sementes/agroquímicos é mais um fator de dependência.

Quadro 5.1 (CONT.) AVALIAÇÃO DAS REFERÊNCIAS PARA ATRIBUIÇÃO DOS VALORES DE EFETIVIDADE AOS INDICADORES DE IMPACTO DA AGRICULTURA TRANSGÊNICA

OPORTUNIDADES (Benefícios)	AVALIAÇÃO DAS REFERÊNCIAS	AMEAÇAS (Riscos)	AVALIAÇÃO DAS REFERÊNCIAS
Diversificação e Expansão da Produção Agrícola e de Fármacos	O desenvolvimento de novos produtos e de fármacos, principalmente no Brasil, encontra-se atrasado, devido aos entraves burocráticos, regulatórios e políticos para aprovação das pesquisas biotecnológicas.	**Prejuízos nas Características Nutricionais**	Não foram verificados registros nas referências estudadas.
Aumento de Produtividade e/ou Redução de Custos	As avaliações apontam também para reflexos produtivos positivos, não somente pela redução das operações de pulverização de defensivos agrícolas e de cultivo, mas ainda pela maior flexibilidade, facilidade e melhor logística de manejo e controle de plantas daninhas. Os estudos ainda fazem referências aos aumentos de produtividade e às menores quantidades de impurezas no produto.	**Queda de Produtividade e/ou Aumento de Custos**	Cerca de 12 % das referências faz menção à queda de produtividade e/ou aumento de custos em função da mudança no uso de agroquímicos.
Redução Efeito Estufa	Mesmo com poucas referências específicas sobre quantificação da redução do efeito estufa, as citações referentes à redução do uso de agroquímicos e de práticas agrícola conservacionistas referem-se indiretamente à conseqüente redução do uso de máquinas nas lavouras.	**Aumento do Efeito Estufa**	Com a expansão do cultivo da soja, tem se observado um aumento na ocupação de ambientes frágeis e na taxa de desmatamento.
Introdução Contínua de Inovações e Aumento da Competitividade do Agronegócio	Além dos entraves causados por aspectos relativos à biossegurança e à propriedade intelectual, as dificuldades intrínsecas à gestão do agronegócio imprimem uma velocidade às inovações menor do que a desejada.	**Entraves no Desenvolvimento e Comercialização de Novos Produtos**	Além do grande número de projetos que aguardam a decisão final da CTNBio, o Brasil só possui dois produtos GM aprovados para plantio comercial: a soja e o algodão, ambos desenvolvidos por multinacionais.

Para a maioria dos demais indicadores de impacto, ainda referentes aos benefícios, foram atribuídos o valor de efetividade intermediário acima da média (3), conforme apresentado na tabela 5.2. A análise evidenciou que os benefícios referentes a estes indicadores estão associados aos objetivos propostos no desenvolvimento dos cultivos transgênicos: a redução do uso de agroquímicos e as mudanças nos sistemas de cultivo. A maior proteção e conservação ambiental proporcionada pela adoção de práticas agrícolas conservacionistas, com melhoria da qualidade e sustentabilidade da produção, aumento de produtividade e/ou redução de custos, e o aumento das alternativas para controle de pragas e doenças são percebidos, principalmente, pelos agricultores que são os diretamente envolvidos com os cultivos.

Concluindo o grupo de benefícios, os indicadores de impacto que receberam os menores valores de efetividade (2) foram os relativos aos benefícios: “Diversificação e Expansão da Produção Agrícola e de Fármacos” e “Introdução Contínua de Inovações e Aumento da Competitividade do Agronegócio”, devido ao atraso na obtenção desses benefícios pelos entraves causados por aspectos relativos à biossegurança e à propriedade intelectual e às dificuldades relativas à gestão do agronegócio.

Quanto aos indicadores de impacto relativos aos riscos, valor de efetividade referente a resultado pobre (1) foi atribuído para o indicador de impacto relativo ao risco “Prejuízos nas Características Nutricionais”. De acordo com os dados disponíveis na literatura sobre mudanças nas características nutricionais (Capítulo 4, item 4.2.2.4), os alimentos produzidos a partir de cultivos transgênicos têm sido submetidos a testes mais exaustivos que os obtidos a partir de cultivos convencionais e não há evidências de que os alimentos existentes possam vir a ter riscos diferentes dos riscos dos alimentos convencionais.

Já os indicadores de impacto relativos à "Contaminação de Cultivos e Alimentos Não-transgênicos", "Ameaças à Biodiversidade" e "Aumento do Efeito Estufa" receberam valores de efetividade referentes a resultado intermediário acima da média (3), mais em função dos dados apresentados pelas organizações contrárias aos cultivos transgênicos do que pelos estudos acadêmicos. Estas organizações apontam o desrespeito às diretrizes para o plantio, a colheita e o transporte seguro dos cultivos transgênicos, levando à contaminação de cultivos convencionais e a ameaças à biodiversidade. Também foram considerados nesta pontuação os trabalhos referentes à ocupação de ambientes frágeis que podem levar à perda da biodiversidade e ao aumento do efeito estufa.

Os indicadores de impacto relativos aos "Entraves no Desenvolvimento e na Comercialização de Novos Produtos" também foram pontuados com valor de efetividade referentes a resultado intermediário acima da média (3). Além do grande número de projetos que aguardam a decisão final da CTNBio, o Brasil só possui dois produtos GM aprovados para plantio comercial: a soja e o algodão, ambos desenvolvidos por multinacionais.

Finalmente, os indicadores de impacto relativos ao "Aumento da Contaminação Ambiental por Agroquímicos" e a "Queda de Produtividade e/ou Aumento dos Custos" foram pontuados com valor de efetividade referentes a resultado intermediário abaixo da média (2), em função do menor número de referências que citam estes impactos. O indicador de impacto referente à dependência do agricultor foi valorado com valor semelhante, em função de não estar estabelecido sistema de cobrança de *royalties*.

Com valores de relevância e efetividade atribuídos aos indicadores de impacto dispostos na tabela 5.2, para avaliação do uso da agricultura transgênica, o somatório dos índices relativos aos benefícios foi superior ao dos índices relativos aos riscos. Este resultado é coerente com os fatores que apontam para a adoção progressiva da tecnologia, tais como o

aumento da área global de plantações GM (mais de 50 vezes) e do número de países que adotam oficialmente lavouras GM (de 6 para 21), entre 1996 e 2005 (JAMES, 2005).

Também na avaliação do uso da agricultura transgênica, por meio da aplicação da matriz elaborada no presente no presente trabalho, foi gerado um cenário favorável à adoção da tecnologia, com a sinalização de ações para prevenir os impactos negativos visualizados.

É interessante verificar que a diferença entre os somatórios dos índices dos indicadores de impacto relativos aos benefícios e aos riscos do uso da agricultura transgênica foi bem maior do que a diferença dos indicadores de pressão relativos às vantagens e às desvantagens da tecnologia de produção dos cultivos transgênicos. Este fato pode ter sido decorrente da maior evidência dos impactos relativos ao uso da agricultura transgênica do que das pressões impostas ao estado do meio ambiente pela tecnologia desenvolvida.

5.3 MODELO DPEIR PARA A AGRICULTURA TRANSGÊNICA

Os indicadores definidos para agricultura transgênica foram inter-relacionados no modelo **DPEIR**, como mostra a figura 5.1, para produção e comunicação de informações sobre a percepção e avaliação dos impactos gerados.

O modelo **DPEIR** para agricultura transgênica apresenta de forma resumida informações significativas para dar suporte ao desenvolvimento das políticas públicas necessárias e de diretrizes para o plantio dos cultivos transgênicos e para o consumo seguro de alimentos contendo OGMs.

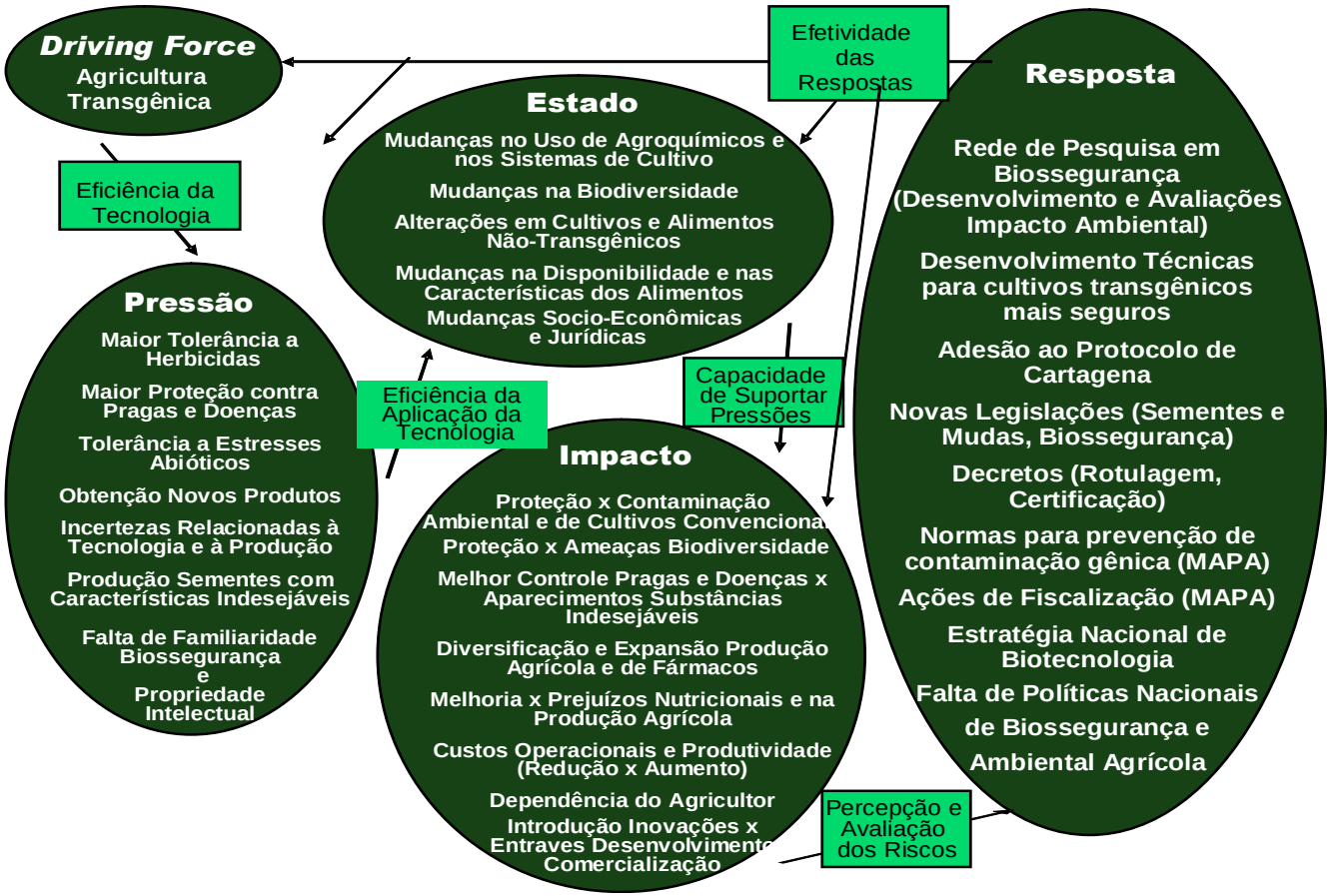


Figura 5.1 MODELO DPEIR PARA A AGRICULTURA TRANSGÊNICA

Fonte: Elaboração Própria, Adaptado de EEA, 1999.

A percepção, principalmente dos riscos, possibilita a identificação de ações de controle e gestão ambiental, visando o aproveitamento das vantagens oferecidas pela biotecnologia, e podem, ainda, levar ao desenvolvimento de novas atividades humanas (novas *Driving forces*), tal como ocorreu com a agricultura transgênica em resposta à agricultura intensiva, também conhecida como “revolução verde”.

5.4 IDENTIFICAÇÃO DE AÇÕES DE CONTROLE E GESTÃO AMBIENTAL PARA A AGRICULTURA TRANSGÊNICA

As ações de controle e de gestão ambiental identificadas para a agricultura transgênica, referem-se a ações para prevenção/mitigação, principalmente, dos riscos de contaminação gênica, perda de biodiversidade e de malefícios à saúde, bem como para aumentar a confiança da tecnologia e a competitividade do agronegócio. Ações já em prática e outras ações necessárias foram identificadas, conforme disposto no Capítulo 4, item 4.2.4.

Os desenvolvimentos da Política Nacional de Biossegurança pelo CNBS, como dispõe a nova Lei de Biossegurança, e de uma Política Ambiental Agrícola foram as principais ações identificadas para serem colocadas em prática, de modo a serem criados mecanismos que garantam a proteção da saúde humana, a preservação do meio ambiente e o equilíbrio socioeconômico e ambiental das atividades agrícolas.

Considera-se necessário dispor de mecanismos e instrumentos de gestão mais adequados aos agricultores, melhorando aspectos relativos à infra-estrutura, logística e segurança e integrando ações de proteção e controle ambiental, com diretrizes estabelecendo critérios para:

- Práticas de cultivo conservacionistas, racionalização do uso dos agroquímicos e prevenção/mitigação de riscos de contaminação gênica;

- Coexistência de cultivos convencionais, transgênicos e orgânicos;
- Controle alimentar, com monitoramento dos efeitos à saúde mesmo após liberação para consumo;
- Recuperação e conservação ambiental para elevar a biodiversidade agrícola, visando a sustentabilidade socioeconômica-ambiental.

Também, devem ser dispostas medidas efetivas para atendimento às legislações e normas de Biossegurança, de Conservação da Biodiversidade e de Propriedade Intelectual, bem como aos protocolos internacionais de Cartagena e de Kyoto. Conforme disposto no Capítulo 4, item 4.2.4, algumas ações, visando o atendimento a estas legislações, já foram colocadas em prática, como, por exemplo, a certificação agrícola, que vem sendo iniciada com o programa troca-troca. A certificação agrícola é considerada uma das estratégias de maior força e eficiência para assegurar um caminho seguro para a sustentabilidade da atividade agrícola. Trata-se de um instrumento de pressão econômica, englobando exigências do mercado consumidor, criando produtos diferenciados tanto em termos de aceitação quanto de preços, além de diferenciar produtos e produtores (Portal do Agronegócio, 13/09/06). Com força semelhante, devem ser colocadas em prática ações para viabilizar a rotulagem dos produtos contendo OGMs, com informações precisas para o consumo seguro dos mesmos, bem como acesso do público aos sistemas de informação para compreensão mais ampla e real não somente dos rótulos, mas das questões dos transgênicos em geral.

Em relação à avaliação ambiental, o desenvolvimento de AAE na agricultura transgênica foi identificado de modo a superar as deficiências técnicas identificadas no processo de AIA, sobretudo no que diz respeito à natureza reativa ao invés de pró-ativa desse processo, integrando atividades e práticas de previsão (planejamento), avaliação (controle) e acompanhamento (monitoramento), como preconizado pela Gestão Ambiental Integrada.

Outras ações identificadas referem-se à agilização das avaliações sobre coexistência de cultivos convencionais, transgênicos e orgânicos e do melhoramento da tecnologia e dos cultivos transgênicos e do desenvolvimento dos novos cultivos, alimentos e fármacos transgênicos. Deve ser observado o uso sustentável da biodiversidade e o emprego de técnicas mais seguras.

A continuidade do desenvolvimento de novos cultivos empregando técnicas mais seguras e ambientalmente amigáveis, bem como a priorização de técnicas de produção e de plantio mais seguras, utilizando o conhecimento acumulado nos estudos já realizados, são ações visualizadas por meio do modelo **DPEIR** para agricultura transgênica que podem ser consideradas como as novas "*Driving forces*" identificadas.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Por meio de técnicas decorrentes da Análise **SWOT** e do Modelo **DPEIR**, foi desenvolvida uma metodologia de avaliação ambiental estratégica de OGM na agricultura, com a definição de indicadores ambientais e socioeconômicos. A metodologia provê informações, possibilita a verificação da viabilidade da continuidade do desenvolvimento da avaliação da tecnologia e do uso de cultivos transgênicos e a identificação de ações de controle e gestão ambiental na agricultura transgênica, como suporte ao uso seguro da tecnologia (desenvolvimento, aplicação e consumo) e à formulação de políticas públicas.

A seguir, são apresentadas as conclusões relativas ao desenvolvimento e à aplicação da metodologia desenvolvida e sugestões para trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

1. A metodologia desenvolvida integra indicadores ambientais e socioeconômicos definidos para agricultura transgênica para auxiliar a avaliação da tecnologia de obtenção de cultivos transgênicos e dos impactos decorrentes do uso dos mesmos, e para produzir e comunicar informações sobre os impactos potenciais.

2. As informações levantadas por meio da pesquisa bibliográfica realizada possibilitaram a definição de indicadores para agricultura transgênica, bem como a atribuição de valores aos indicadores de pressão e de impacto empregados nas avaliações realizadas.

3. A aplicação da metodologia proposta resultou em indicadores favoráveis para a continuidade do desenvolvimento e da aplicação dos cultivos transgênicos estudados: soja, milho e algodão, uma vez que foi evidenciado que as vantagens e benefícios, atualmente, sobrepujam as desvantagens e os riscos da agricultura transgênica.

4. Os indicadores de pressão, de estado e de impacto definidos para agricultura transgênica possibilitaram a avaliação da tecnologia e do uso da agricultura transgênica, bem como sinalizaram ações para mitigar e até mesmo prevenir as desvantagens e ameaças dos OGMs para o meio ambiente e para a sociedade. Ao serem inter-relacionados com os indicadores de resposta no modelo **DPEIR**, possibilitaram a apresentação sistemática de informações significativas para dar suporte ao desenvolvimento das políticas públicas necessárias, mostrando sua eficácia como instrumento de gestão e aumentando o grau de conscientização e informação do público para o consumo seguro de alimentos contendo OGMs.

5. Na avaliação da tecnologia de obtenção dos cultivos transgênicos, a diferença entre os somatórios dos índices dos indicadores de pressão relativos às vantagens e os relativos às desvantagens foi pequena, tendo sido atribuída a pouca evidência atual das incertezas associadas à tecnologia e à produção. Com isso, as vantagens da introdução de cultivos mais adequados às condições ambientais e às praticas agrícolas, com tolerância a herbicidas e/ou resistência a insetos e tolerância a estresses abióticos, e a síntese de produtos com atributos diversos superaram as desvantagens decorrentes das incertezas relacionadas à produção, da possibilidade de ocorrência de efeitos pleiotrópicos e da falta de familiaridade com os OGMs, e as relacionadas com a biossegurança e a propriedade intelectual.

6. Quanto à avaliação do uso da agricultura transgênica, a diferença entre os somatórios dos índices dos indicadores de impacto relativos aos benefícios e aos riscos foi maior, o que demonstra que os impactos relativos ao uso da agricultura transgênica são evidenciados mais facilmente do que as vantagens e desvantagens da tecnologia (pressões) para o meio ambiente e para a sociedade.

7. A redução da contaminação ambiental e a maior proteção e conservação ambiental com o uso de cultivos transgênicos foram os principais benefícios evidenciados, em função menor uso de defensivos agrícolas e do favorecimento de práticas agrícolas conservacionistas. Em relação aos riscos, os principais evidenciados foram os relativos à contaminação gênica de cultivos e alimentos não transgênicos e às ameaças à biodiversidade, por serem os de mais difícil controle.

8. Pela análise geral efetuada (diferentes cultivos e avaliações realizadas em diferentes regiões e condições edafoclimáticas, ao invés da análise caso a caso), os resultados foram coerentes com os fatores que apontam a adoção progressiva da tecnologia, tais como o aumento da área global e do número de países que adotam lavouras GM.

9. Com a implementação de ações para otimização de práticas futuras, os indicadores poderão mudar gerando novos cenários que levarão a identificação de novas ações, levando à melhoria contínua.

10. Além de produzir e comunicar informações sobre os impactos gerados, a metodologia desenvolvida pode auxiliar a definição de ações pelos tomadores de decisão, bem como as atividades de monitoramento da implementação das ações e dos impactos, com o objetivo de melhorar as práticas futuras. Por incorporar o conceito de aprimoramento

contínuo, a metodologia pode ser empregada para auxiliar a implantação de um **SGA** para agricultura transgênica.

11. Os desenvolvimentos de Políticas Nacionais de Biossegurança e Ambiental Agrícola foram as principais ações identificadas para serem colocadas em prática, sendo considerado necessário dispor de mecanismos e instrumentos de gestão adequados aos agricultores com diretrizes para proteção, controle ambiental e segurança alimentar, bem como o aumento da competitividade do agronegócio.

12. Em relação à coexistência de cultivos convencionais, transgênicos e orgânicos, melhoramento da tecnologia e dos cultivos transgênicos e desenvolvimento dos novos cultivos, alimentos e fármacos transgênicos, foram ações identificadas para continuidade do uso da tecnologia transgênica e da introdução de inovações. Deve ser observado o conhecimento acumulado nas avaliações e desenvolvimentos já realizados, por meio de intercâmbio de informações entre pesquisadores e agricultores, buscando o emprego de técnicas mais seguras.

13. Em relação à avaliação ambiental, a ação identificada refere-se ao desenvolvimento de **AAE** na agricultura transgênica, de modo a superar as deficiências técnicas identificadas no processo de **AIA**. Deste modo, a confiabilidade dos **EIAs** dos cultivos transgênicos pode ser aumentada, visando superar a não aceitação dos mesmos por ambientalistas e consumidores.

14. Por produzir, analisar e comunicar informações ambientais e socioeconômicas relevantes do ponto de vista de políticas públicas, conclui-se que a metodologia desenvolvida pode ser também considerada um instrumento para Avaliação Ambiental Integrada – **AAI**.

15. Pelo alto valor do agronegócio para a economia brasileira e pelas respostas até o momento de riscos reais negativos ao meio ambiente e à saúde humana, a expectativa ainda é de crescimento contínuo das lavouras transgênicas, bem como do número de agricultores envolvidos. A tecnologia transgênica representa uma evolução para agricultura, sendo importante que seja adequadamente utilizada para o melhor proveito socioeconômico ambiental.

16. Com uma efetiva gestão ambiental aplicada à agricultura, espera-se que seja possível integrar aspectos relativos à biodiversidade, biotecnologia e propriedade intelectual, aumentando a competitividade do agronegócio brasileiro e permitindo que o Brasil desenvolva uma agricultura sustentável com vantagens na valorização dos produtos que chegam aos consumidores.

6.2 SUGESTÕES

Em relação a trabalhos futuros, considera-se importante:

(1) Priorização das pesquisas relacionadas a evidenciar aspectos relativos à inserção, à expressão do(s) gene(s) introduzido(s), e aos sistemas de regeneração dos cultivos, em função da imprevisibilidade dos efeitos em organismos alvos e não-alvos, ameaçando a saúde humana e a biodiversidade;

(2) Simplificação do processo de avaliação para a aprovação e liberação de cultivos transgênicos pelos órgãos competentes, buscando otimizar as normas e procedimentos para a avaliação dos riscos potenciais dos OGMs, como por exemplo o desenvolvimento de AAE na agricultura transgênica, de modo a ser aumentada a confiabilidade nos EIAs.

(3) Para uma melhor utilização dos indicadores na metodologia proposta, os mesmos devem ser definidos por meio de um conjunto de dados baseados no monitoramento de cada tipo de cultivo e comparados com objetivos pré-estabelecidos, considerando diferentes localizações e condições edafoclimáticas.

(4) Para minimizar a subjetividade dos resultados das avaliações realizadas, a aplicação da metodologia deve ser realizada por um painel de especialistas por meio de técnicas *Delphi*.

(5) Uso de metodologias computacionais adequadas para análise e síntese das informações bibliográficas de modo a melhor aproveitar o conhecimento acumulado nos estudos já realizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, I. Agricultura sustentável. Cadernos de Direito da UNIMEP. Universidade Metodista de Piracicaba, v. 1, n. 1, 1995.

ABSY, M.L.; ASSUNÇÃO, F.N.A.; FARIA, S.C. (Coord. e Adapt.), versão de STROH, P.Y. et al. Avaliação de impacto ambiental – agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília: Ibama, 1995.

ABUD, S.; SOUZA, P.I.M.; MOREIRA, C.T.; FARIA NETO. A.L.; VIANNA, G.R.; ANDRADE, R.M.A.; NUNES JR., J.; RECH, E.L.; MONTEIRO, P.M.F.O.; ARAGÃO, F.J.L. Distance of flow in transgenic and the non transgenic soybean in the Cerrado Region, Brazil. In: MOSCARDI, F.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; SARAIVA, O.F.; GALERANI, P.R.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. (Ed.). World soybean research conference. Londrina: Embrapa Soja, 2004, p. 110-111. (Embrapa Soja. Documentos. 228).

ALMEIDA, J. R.; BASTOS, A.C.S.; MALHEIROS, T.M.; SILVA, D.M. Política e planejamento ambiental. 3ª ed. Rio de Janeiro: Thex Ed., 2004.

ALMEIDA, J. R., BASTOS, A.C.S. Métodos para análise e gestão ambiental: III – Avaliação de impactos ambientais em: Almeida, J.R. (Org.). Ciências Ambientais. Rio de Janeiro: Thex Ed., 2002.

ALTIERI, M.; PENGUE, W. Roundup ready soybean in Latin America: a machine of hunger, deforestation and socio-ecological devastation. Aug. 08, 2005. Disponível em: http://www.biosafetyinfo.net/article.php?aid=284&PHPSESSID=327778bf3de71ebccdc2807 1499495c5. Acesso em: 16 ago. 2006.

AMMANN, K. The impact of agricultural biotechnology on biodiversity, a review. Aug., 2004. Disponível em: http://www.botanishgarten.ch/Biotech-Biodiv/Report-Biodiv-Biotech12.pdf. Acesso em: 16 ago. 2006.

ANBIO, 2003 a. Proposta da Associação Nacional de Biossegurança ao Novo Projeto de Lei de Biossegurança do Brasil. Associação Nacional de Biossegurança, 11/07/2003. Disponível em http://www.anbio.org.br, acesso em 12 fev. 2004.

ANBIO, 2003 b. Novas regras na Europa que permitem a co-existência de OGMs, orgânicos e convencionais. Associação Nacional de Biossegurança, 08/12/2003. Disponível em http://www.anbio.org.br, acesso em 12 fev. 2004.

ANBIO, 2006. Uma ficção jurídica denominada conselho nacional de biossegurança – CNBS. Associação Nacional de Biossegurança, 23/10/2006. Disponível em www.anbio.org.br, http://www.anbio.org.br, acesso em 25 out. 2006.

ANDRADE FILHO, G.; BERGER, G.U.; FAVORETTO, L.R.G.; LAVARIK, P.B. Soja roundup ready: estudo piloto de avaliação ambiental no Brasil. Documentos Monsanto, São Paulo, 2003. 38p.

ARAGÃO, F.J.L.; BRASILEIRO, A.C.M. Positive, negative and marker-free strategies for transgenic plant selection. Braz. J. Plant Physiol., 14(1):1-10, 2002.

ARANTES, O.M.N.; VILAS-BÔAS, L.A.; VILAS-BÔAS, G.T. *Bacillus thuringiensis*: estratégias no controle biológico, em: Biotecnologia: Avanços na Agricultura e na Agroindústria - cap. 9 – Coord.: Serafini, LA; Barros, NM; Azevedo, J L – Caxias do Sul: EDUCS, 2002.

AZEVEDO, M.C.; COSTA H.G. Métodos para avaliação da postura estratégica. Cadernos de Pesquisas em Administração, São Paulo, v.08, n.2, p. 1-18, 2001.

BANCO DO NORDESTE. Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas – Coord.: Dias, M.C.O. et al., Fortaleza, 1999.

BENBROOK, C. Genetically engineered crops and pesticide use in the united states: the first nine years. BioTech InfoNet, Technical Paper Number 7, oct. 2004. Disponível em: http://www.ucsusa.org/assets/documents/food_and_environment/Benbrook.pdf. Acesso em 16 nov. 2006.

BENNETT, P.M.; LIVESEY, C.T.; NATHWANI, D.; REEVES, D.S.; SAUNDERS, J.R.; WISE, R. An assessment of the risks associated with the use of antibiotic resistance genes in genetically modified plants. Report of the Working Party of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy. Journal of Antimicrobial Chemotherapy,vol. 53, pp. 418-431, 2004.

BIDONE, E.D.; CASTILHOS, Z.C.; AZEVEDO, J. Avaliação socioeconômica de impactos ambientais em estruturas do tipo Pressão-Condicionamento-Impacto-Resposta (PCIR), em: ROMEIRO, A. R.(org.) Avaliação e contabilização de impactos ambientais. Campinas: Unicamp; São Paulo: Imprensa Oficial do ESP, 2004.

BOAVENTURA, J.M.G.; COSTA, B.K.; FISCHMANN, A.A. Métodos de construção de cenários: uma investigação do estado da arte. Trabalho apresentado no VII SEMEAD – Seminários em Administração da FEA-USP, 2004.

BOBROWSKI, V. L.; FIUZA, L.M.; PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINI, M.H. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas, Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, p. 843-850, set. - out., 2003

BOOG E.G.; BIZZO, W.A. Utilização de indicadores ambientais como instrumento para gestão de desempenho ambiental em empresas certificadas com a ISO 14001. In: X SIMPEP – SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bauru, 2003. Anais ... X Simpep - Simpósio de Engenharia de Produção, 2003.

BORÉM, A. Escape gênico e transgênicos. Viçosa: UFV, Editora Suprema, 2002.

BORÉM, A. Nova geração de produtos da biotecnologia, 2004.. Disponível em: htttp://www.cib.org.br. Acesso em 20 dez. 2004.

BORÉM, A. Impacto da biotecnologia na biodiversidade. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, n. 34, p. 22 – 28, jan./jun. 2005 a.

BORÉM, A. Considerações sobre fluxo gênico. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, n. 34, p. 86 – 90, jan./jun. 2005 b.

BORÉM, A. Variedades transgênicas e meio ambiente. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, n. 34, p. 91 – 99, jan./jun. 2005 c.

BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P. Escape gênico e impacto ambiental – o caso do milho no Brasil. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, ano V, n. 28, set./out. 2002.

BORÉM, A.; VIEIRA, M.L.C. Glossário de biotecnologia. Editora Folha de Viçosa Ltda., 2005.

BRAKE, D.; EVENSON, D. A generational study of glyphosate-tolerant soybeans on mouse fetal, postnatal, pubertal and adult testicular development. Food and Chemical Toxicology, 42, 2004.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; VERAS Jr., S.M.; PORTO, M.F.A., NUCCI, N.L.R.; JULIANO, N.M.A.; EIGER, S. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASILEIRO, A.C.M.; DUSI, D.M.A. Transformação genética de plantas, em: cultura de tecidos e transformação genética de plantas, Volume II, Parte IV, páginas 679-735, Editores: Torres, A.C.; Caldas, L.S.; Buso, J.A.- Embrapa-SPI / Embrapa-CNPH, 1999.

BRASILEIRO, A.C.M.; LACORTE, C. *Agrobacterium*: um sistema natural de transferência de genes para plantas. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, ano III, n. 15, jul./ago. 2000.

BROOKES, G.; BARFFOOT, P.G. GM crops: The global socio-economic and environmental impact of the first nine years 1996-2004. Economics, 2005

CAMARGO, J.F. Introdução a bioética. Cadernos de Direito da Unimep - Universidade Metodista de Piracicaba, v. 1, n. 1, 1995.

CANTARINO, A.A.A. Indicadores de desempenho ambiental como instrumento de gestão e controle nos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos de exploração de petróleo nas áreas offshore. Dissertação (Doutorado em Ciências), Univ. Fed. Rio de Janeiro, 2003.

CAPALBO, D.M.F.; FONTES, E.M.G. GMO guidelines project. Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 38, Jaguariúna, 2004.

CARDOSO, T.A.O.; SCHATZMAYR, H.G. panorama histórico do processo construtivo de normas relativas a risco na elaboração da ciência, em: Biossegurança de OGM: Saúde Humana e Ambiental, p. 27-47 – Org.: Costa, M.F.B. e Costa, M.A.F. – Papel Virtual Editora, 2003.

CARPENTER, J.; FELSOT, A.; GOODE T.; HAMMIG M.; ONSTAD D.; SANKULA, S. Comparative environmental impacts of biotechnology-derived and traditional soybean, corn and cotton crops, 2002. Disponível em: http://www.cast-science.org. Acesso em: 18 dez. 2002

CARRER, H. Transformação de cloroplastos? Quais as vantagens em se modificar esta organela? Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento. Ano I, n° 5, março/abril 1998: 52-54. Disponível em: http://www.biotecnologia.com.br. Acesso em 15 set. 2006.

CARVALHO, S.M.P. Propriedade intelectual na agricultura. Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica – Campinas, SP – dez. 2003.

CARVALHO, V.F. Mercado de soja transgênica, 2003. Disponível em: http://www.cib.org.br. Acesso em: 13 out. 2003.

CASTILLO, A. R.; GALLARDO, M.R.; MACIEL, M.; GIORDANO, J. M.; CONTI, G.A.; GAGGIOTTI, M. C.; QUAINO, O.; GIANNI, C.; HARTNELL, G. F. Effects of feeding rations with genetically modified whole cottonseed to lactating holstein cows. Journal Dairy Science, vol. 87, pp. 1778-1785, 2004.

CASTRO, A.M.G.; LOPES, M. A.; LIMA, S. M. V.; BRESCIANI, J. C. Cenários do setor de sementes e estratégia tecnológica. Revista Política Agrícola – Ano XIII, n.3, p. 58-72 jul./ago./set. 2004.

CASTRO, L.A.B.; PORTUGAL, A.D. Elementos de uma estratégia para o desenvolvimento da biotecnologia agropecuária e biossegurança no Brasil. Parcerias Estratégicas, n. 10, mar. 2001.

CHANG, H.S.; KIM, N.H.; PARK, M.J.; LIM, S.K.; KIM, S.C.; KIM, J.Y.; KIM, J.A.; OH, H.Y.; LEE, C.H.; HUH, K.; JEONG, T.C.; NAM, D.H.. The 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase of glyphosate-tolerant soybean expressed in *Escherichia coli* shows no severe allergenicity. Mol. Cells, vol.15, 25-26, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1999.

CIB. Arroz dourado deve estar à venda em 2005. Disponível em http://www.cib.org.br, acesso em 03 nov. 2002.

CIB. Novas pesquisas apontam que milho GM e não-GM podem coexistir sem problemas. Conselho de Informações sobre Biotecnologia. Disponível em http://www.cib.org.br, acesso em 14 dez. 2004.

CIB. Protocolo de cartagena sobre biossegurança: impactos para o Brasil, Conselho de Informações sobre Biotecnologia. Disponível em http://www.cib.org.br, acesso em 15 set. 2006.

CIBELLE, M. Legislação de biossegurança no Brasil – cenário atual, 2004. Disponível em http://www.cib.org.br. Acesso em15 dez. 2004.

CINTRA, P.; FINARDI FILHO, F. Estudo comparativo do consumo de soja geneticamente modificada (Glycine max L.) e sua parental na digestibilidade e no balanço nitrogenado em ratos. In: IV Congresso Brasileiro de Biossegurança, 2005.

COLBACH, N.; ANGEVIN, F.; FARGUE, A.; MEYNARD, J.M. Using the GeneSys model quantifying the effect of cropping systems on gene flow from GM rape varieties to rape volunteers for designing and evaluating scenarios for co-existence of GM, non-GM and Organic Crops. GMCC 03 – 1st European Conference on the Co-existence of Genetically Modified Crop with Conventional and Organic Crops, 2003.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Report on the implementation of national measures on the coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming, 2006. Disponível em http://ec.europa.eu/agriculture/coexistence/index_en.htm, Acesso em 11 nov. 2006.

CONAB, 2005. Notícias: 07/03/2005. Disponível em http://www.conab.gov.br. Acesso em: 2005.

CONAB, 2006. Primeiro levantamento de intenção de plantio da safra nacional de grãos 2006-2007. Disponível em http://www.conab.gov.br. Acesso em: 05 out. 2006.

CONTINI, E.; GASQUES; J. G.; LEONARDI, R. B. A.; BASTOS, E. T. Evolução recente e tendências do agronegócio. Revista de Pesquisa Agrícola, Ano XV, nº 1, jan./fev./mar. 2006.

COSTA, S.O.P. Biossegurança e bioética em biotecnologia, em: Biotecnologia na Agricultura e na Agroindústria, cap.11. Coord.: Serafini, L.A.; Barros, N.M.; Azevedo, J.L. Ed: Agropecuária, 2001.

CRAWFORD, L.M. Para compreender o papel da biotecnologia na agricultura, Revista Eletrônica do Departamento de Estado dos EUA, Vol. 8, n° 3, Perspectivas Econômicas, Setembro de 2003.

CRIBB, A.Y. Sistema agroalimentar brasileiro e biotecnologia moderna: oportunidades e perspectivas. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 1, p.169-195, jan./abr. 2004.

CROMWEEL, G.L.; LINDEMANN, M.D.; RANDOLPH, G.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 of Animal Science vol. 80, pp. 708-715, 2002.

CTNBio. Parecer técnico prévio conclusivo n° 513/2005. Liberação comercial de algodão geneticamente modificado resistente às principais pragas da Ordem Lepidóptera. Disponível em: http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/1260.html. Acesso em: 20 nov. 2006.

CURVELLO, V. Transgênicos em revista: as diferentes construções de sentido sobre a transgenia na mídia jornalística – Revista Digital – Comunicação, Agribusiness & Meio Ambiente, vol. 2, n° 3, dez. 2005. Disponível em: http:// www.agricoma.com.br/rev_artigos3.htm. Acesso em 15/10/2006.

DALE, P.J.; CLARKE, B.; FONTES, E.M.G. Potential for the environmental impact of transgenic crops. Nature Biotechnology, v. 20, p. 567-574, jun. 2002.

DANTAS, R.C.M. Indicadores de sustentabilidade ambiental para a agricultura. Dissertação (Mestrado em Ciências), Univ. Fed. Rio de Janeiro, 1997.

DUKE, S.O.; CERDEIRA A. L. Potencial environmental impacts of herbicide-resistant crops. ICGEB, Collection of biosafety reviews, vol. 2, 66-143, 2005. Disponível em: http://www.icgeb.org/biosafety/publications.htm. Acesso em: 16 mar. 2006.

DUKE S.O.; RIMANDO A.M; pace P.F.; Reddy K.N.; SMEDA R.J. Isoflavone, Glyphosate, and Aminomethylphosphonic Acid Levels in Seeds of Glyphosate-Treated, Glyphosate-Resistant Soybean. J. Agricultural and Food Chemistry, 51, 2003.

EEA. Environmental indicators: typology and overview. Tech. report, n. 25, 1999.

EGLER, C.A.G.; RIO, G.A.P. Cenários para gestão ambiental no Brasil. LAGET (Laboratório de Gestão do Território), UFRJ, Publicação, 2002.

EGLER, P.C.G. Perspectivas de uso no Brasil do processo de avaliação ambiental estratégica. Revista Parcerias Estratégicas, n. 11, jun. 2001.

EMBRAPA. A Embrapa e os transgênicos Jornal da Ciência e-mail, n. 2355, de 02/09/2003.

EMBRAPA. Entendendo a biotecnologia. Textos em CD-ROM, 1998.

EPA. Evaluation guidelines for ecological indicators. Jackson, L.E. (Ed.). Washington, DC, 2000.

ERVIN, D.E.; WELSH R.; BATIE, S.; CARPENTIER, C.L. Toward an ecological systems approach in public research for environmental regulation of transgenic crops. Agriculture, Ecosystems and Environment, n. 99, p. 1-14, 2003.

FAO. Esquema pressão - situação - resposta e indicadores ambientais. Lead Virtual Centre, 2004, Disponível em: http://lead.virtualcenter.org/pt/dec/toolbox/Refer/EnvIndi.htm. Acesso em: 28 mar. 2005.

FARFAN, E. Cerrado está ameaçado pelo algodão transgênico. Revista Eco 21, ano XV, Nº 100, mar./2005

FBCI. Tecnologia dos Genes, uma Arma no Combate aos Insetos, 2003. Disponível em: http://www.cib.org.br. Acesso em 18 dez. 2003.

FENWICK, A. Cómo se hacen las plantas transgénicas? Center for Life Sciences and Department of Soil and Crop Sciences at Colorado State University. Disponível em http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/cultivos transgenicos/sp_how.html, última realização; 29/08/2002.

FERNANDES, O.D. Efeito do milho geneticamente modificado (MON810) em *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e no parasitóide de ovos *Trichogramma spp*. Piracicaba: ESALQ. Tese de Doutorado. 164p., 2003.

FERNANDES Jr., H. Bioética e comissões nacionais no estado brasileiro. Tese de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Área de Concentração: Bioética, Universidade de Brasília, 2002.

FERRAROTTI, J. Soybean breeding program in Argentina. In: MOSCARDI, F.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; SARAIVA, O.F.; GALERANI, P.R.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. (Ed.). World soybean research conference. Londrina: Embrapa Soja, 2004, p.191-201. (Embrapa Soja. Documentos. 228).

FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S.; SUJII, E.R. (Coord.) Painel de especialistas sobre impactos potenciais ao meio ambiente de algodão geneticamente modificado resistente a insetos. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Documentos, 81, 2002.

FREIRE, E.C.; BARROSO P.A.V.; PENNA J.V.C.; BORÉM, A. Fluxo gênico: análise do caso do algodão no Brasil. Revista Biotecnologia, ano 5, n. 29, nov./dez. 2002.

FRIZZAS, M.R. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a comunidade de insetos. Piracicaba: ESALQ. Tese de Doutorado. 192p., 2003.

FUSCALDI, K.C.; OLIVEIRA, A.C.G. Crescimento da agricultura brasileira. Período: 1996 a 2004. Revista de Política Agrícola, ano XIV – n° 3 – jul./ago./set./ 2005.

FUKUMA, P. Regulamentação da biotecnologia no Brasil. 2003. Disponível em: http://www.cib.org.br. Acesso em 18 set.. 2003.

GANDER, E.S.; MARCELINO, L.H. Plantas transgênicas. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, Ano 1, n.1, maio 1997.

GARRAFA, V. Biotecnologia, ética e controle social. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 17, n.2, p.171-177, maio/ago. 2000.

GE FOOD ALERT. Cultivos cuestionados: un libro informativo sobre los cultivos Bt modificados genéticamente, data de publicação: 30/05/2003. Disponível em: http://biodiversidadla.org/articleprint/2740/-1/20/ Acesso em: 18 dez. 2003.

GENEWATCH UK; GREENPEACE INTERNATIONAL. GM Contamination report 2005. Disponível em: http://www.gmcontaminationregister.org. Acesso em: 31 mar. 2006

GIANESSI, L.; SANKULA, S.; REIGNER, N. Plant biotechnology: potential impact for improving pest management in europe agriculture – a summary of three case studies. jun. 2003a. Disponível em: http://www.ncfap.org. Acesso em: 19 mar. 2004.

GIANESSI, L.; SANKULA, S.; REIGNER, N. Plant biotechnology: potential impact for improving pest management in europe agriculture – a summary of nine case studies. dec. 2003b. Disponível em: http://www.ncfap.org. Acesso em: 19 mar. 2004.

GIANESSI L.; SILVERS, C.S.; SANKULA, S.; CARPENTER, J.E. Plant biotechnology: current and potential impact for improving pest management in us agriculture – an analysis of 40 case studies, jun. 2002. Disponível em: http://www.ncfap.org/40CaseStudies.htm. Acesso em 14 nov. 2006.

GIRARDIN P.; BOCKSTALLER, C.; WERF H. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. Environmental Impact Assessment Review, v.20, p. 227-239, 2000.

GENEWATCH UK; GREENPEACE INTERNATIONAL. GM contamination report 2005. Disponível em: http://www.gmcontaminationregister.org. Acesso em: 31 mar. 2006 e em: http://www.greenpeace.org.br/transgenicos/pdf/contaminacao2005.pdf. Acesso em: 15 nov. 2006.

GUERRANTE, R. Transgênicos: uma visão estratégica. Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da UFRJ, 2002.

GUERRANTE, R. Transgênicos no Brasil: entre ideologias e políticas. Curso de Biossegurança de OGM – FIOCRUZ – mai./2003 (a).

GUERRANTE, R. Liberação de transgênicos desagrada e provoca críticas. Informativo do CRQ – 3ª Reg. – out./2003 (b).

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

GUIMARÃES, R.; DODGE, R.E.F., GARRAFA, V. O Brasil na contemporaneidade: proposta de criação do Conselho Nacional de Bioética. Jornal da Ciência n° 2762, 06/05/2005.

HAMILTON, K.A.; PYLA, P.D.; BREEZE, M.; OLSON, T.; LI, M.; ROBINSON, E.; GALLAGHER, S.P.; SORBET, R.; CHEN, Y. Bollgard II cotton: compositional analysis and feeding studies of cottonseed from insect-protected cotton (*Gossypium Hirsutum L.*) producing the Cry1Ac and Cry2Ab2 proteins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 52, pp. 6969-6976, 2004.

HAMMOND, B.; LEMEN J.; DUDEK, R.; WARD D.; JIANG, C.; NEMETH, M.; BURNS, J. Results of a 90-day safety assurance study with rats fed grain from corn rootworm-protected corn. Food and Chemical Toxicology, In Press, (2005).

HEAD, G.; SURBER, J.B.; WATSON, J.A.; MARTIN J.W.; DUAN J.J. No detection of Cry1Ac protein in soil after multiple years of transgenic Bt cotton (Bollgard) use. Environmental Entomology 31: 30-36, 2002.

HOSSAIN, F.; PRAY, C.E.; LU, Y.; HUANG, J.; FAN, C.; HU, R. Genetically modified cotton and farmers´ health in China. International Journal of Occupational and Environmental Health 10: 296-303, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 2ª ed., 2004.

IRIAS, L.J.M. Gestão ambiental do agronegócio. Embrapa Meio Ambiente, Publicação, jun.2000. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod_int/demandas.html Acesso em: 25 jul. 2003.

IRIAS, L.J.M.; RODRIGUES, G.S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P.C.; RODRIGUES, I.; BUSCHINELLI, C.C.A. Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas nos Segmentos Agropecuário, Produção Animal e Agroindústria (SISTEMA AMBITEC). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 5). Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/public/public_pdf22.php3?it=p&tipo=lt. Acesso em: 07 jan. 2006.

JAMES, C. Revisão Global das Culturas Transgênicas Comercializadas: 2000. Tradução de ISAAA Briefs, n°. 23. ISAAA: Ithaca. NY. Disponível em: http://www.cib.org.br/pdf/ISAAA_clive_james.pdf. Acesso em: 15 nov. 2006.

JAMES, C. Prévia: situação global das lavouras transgênicas comercializadas em 2002. Tradução de ISAAA Briefs, n°. 27. ISAAA: Ithaca, NY. Disponível em: http://www.cib.org.br/pdf/ISAAA_Doc_27.pdf. Acesso em: 15 nov. 2006.

JAMES, C. Prévia: situação global das lavouras transgênicas comercializadas: 2003. Tradução de ISAAA Briefs n°. 30. ISAAA: Ithaca, NY. Disponível em: http://www.cib.org.br/pdf/isaaa_30.pdf. Acesso em: 15 nov. 2006.

JAMES, C. Prévia: situação global das lavouras transgênicas comercializadas: 2004. Tradução de ISAAA Briefs n°. 32. ISAAA: Ithaca, NY. Disponível em: http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/111.pdf. Acesso em: 15 nov. 2006.

JAMES, C. Sumário executivo: Situação global das lavouras geneticamente modificadas: 2005. Tradução de ISAAA Briefs n°. 34. ISAAA: Ithaca, NY. Disponível em: www.cib.org.br/pdf/sumario_executivo_2005.pdf. Acesso em: 15 jan. 2006.

JANK B.; GAUGITSCH, H. Assessing the environmental impacts of transgenic plants – trends in biotechnology, v.19, n.9, set.2001.

JESUS, K. R. E.; LANNA, A. C.; VIEIRA, F. D.; ABREU, A. L.; LIMA, D. U. A proposed risk assessment method for genetically modified plants. Applied Biosafety, Vol. 11(3), pp. 127-137; 2006.

KADIR, A.P.G. Método e composições de produção de plantas transgênicas. Pedido de Patente de Invenção nº. PI 0202855-7, depositado no INPI por Malaysian Palm Oil Board em 23/07/2002.

KEβELER T., SILVA Jr., A.G. Sistemas informatizados de gestão ambiental aplicados à agricultura. Instituto da Administração Rural da Universidade de Born, Alemanha, 1997.

KILPATRICK, J. Scenarios for co-existence of genetically modified, conventional and organic crops in european agriculture. Expert Hearing, Coord.: IPTS, Copenhagen, 21/01/2003.

KING, C.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. Agronomy Journal, v.93, p.179-186, 2001.

KITAMURA, P.C. Relações Agricultura e Meio Ambiente. Informativo Meio Ambiente e Agricultura nº. 35, EMBRAPA – CNPMA, 2001.

KUNISAWA, V.Y.K. Os Transgênicos e as patentes em biotecnologia. Revista da ABPI, nº 70, mai/jun 2004.

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

LHEREUX, K.; RODRIGUEZ-CEREZO, E. The role of research on ensuring co-existence between gm and non-gm crops and seeds: what are the needs? – 1st European Conference on the Co-existence of Genetically Modified Crops with Convencional and Organic Crops – GMCC – 03, 13/11/2003.

LIMA. Avaliação ambiental estratégica dos planos de desenvolvimento das atividades de exploração, produção, transporte e uso de petróleo e gás natural no litoral sul da Bahia. Relatório, jul. 2002 – jun. 2003.

MACEDO, M.F.G., MÜLLER, A.C.A., MOREIRA, A.C. Patenteamento em biotecnologia. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001.

MACHADO, P.A.L. Transgênicos, o controle legal. Revista Ciência Hoje, p. 46-49, abr./2004.

MAGRINI, A. Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos. Revista Brasileira de Energia, p. 135-147, jun. 2001.

MAIA, A.H.N.; DOURADO NETO, D. Probabilistic tools for assessment of pest resistance risk associated to insecticidal transgenic crops. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.61, n.5, p.481-485, set./out. 2004.

MAPA. Relatório Técnico das Ações de Fiscalização de Atividades com Organismos Geneticamente Modificados no Primeiro Semestre de 2006 - Brasília, 25 de Julho de 2006

MARCELINO, F.C. Alimentos geneticamente modificados e a legislação: uma visão do cenário nacional. Portal do Agronegócio, 25 abr. 2006

MARGARIDO, L.A.M. Riscos e incertezas dos cultivos transgênicos sob a perspectiva agroecológica, em: Biossegurança de OGM: Saúde Humana e Ambiental, p. 68-80, Org.: Costa, M.F.B. e Costa, M.A.F. Papel Virtual Editora, 2003.

MARIUZZO, P. Institutos de pesquisa agrícola no Brasil. Revista Com Ciência, n° 48 – Brasil Rural: C & T no Campo, out./2003.

MARTINS, A.I.S.; TARALLI, G. Identificação de aspectos e avaliação de impactos ambientais na implantação de um sistema de gestão ambiental em indústrias químicas. XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2000.

MASSARANI, A. Tecnociência, natureza e sociedade: o caso dos cultivos transgênicos. Revista Com Ciência, n° 60, nov./2004.

MCT. O debate necessário: ciência, tecnologia, inovação – desafio para a sociedade brasileira. Livro Verde, Brasília, jul. 2001.

MCT. Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança, 2006.

MELO, J.H. A bioética e a interface com o biodireito. Jornal da Ciência n° 2144, 18/10/2002.

MENDONÇA-HAGLER, L.C.; ODA, R.A.M. A biotecnologia e o uso sustentável da biodiversidade, em: Biossegurança em Biotecnologia, Org.: Binsfeld, P.C., RJ: Interciência, 2004.

MENOSSI, M. Desafios da genômica e biologia molecular para a produção de transgênicos mais seguros, em: PATERNIANI, M.L.S. (Org.), Biossegurança e plantas transgênicas, Jaboticabal: Funep, 2005.

MESSEGUER, J. Gene Flow Assessment in Transgenic Plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, n.73, p. 201-212, 2003.

MESSEGUER, J.; PEÑAS, G.; BALLESTER, J.; BAS, M.; SERRA, J.; SALVIA, J., PALAUDELMÀS, M.; MELÉ, E. Pollen-mediated gene flow in maize in real situations of coexistence - Plant Biotecnology Journal, 4, 2006 (in press).

MINARÉ, R. Qual o futuro da agricultura molecular no brasil? - Portal Agrobrasil, Agricultura Brasileira Online, 27 abr 2006. Disponível em http://agrobrasil.blogspot.com/2006_04_27_agrobrasil_archive.html. Acesso em 17 jan 2007.

MONSANTO Convencionais e transgênicos na Europa: coexistência é possível? Newsletter Monsanto em Campo - edição XI, Ano II, set. 2006.

MORTON, D.C.; DEFRIES, R.S.; YOSIO, E.S.; ANDERSON, L.O.; ARAI, E.; ESPIRITO-SANTO, F.B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon, 27 jul. 2006. Disponível em http:// www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606377103. Acesso em 11 set. 2006

MÜLLER, A.C.A.; CARMINATTI, A. Investimentos em biotecnologia. Revista da ABPI – n°. 62, p. 65-69, jan./fev. 2003.

MUNN, R.E. Environmental impact assessment. New York: John Wiley and Sons, 1975.

NAP, J.P.; METZ, P.L.J.; ESCALER, M.; CONNER, A.J. The release of genetically modified crops into the environment. Part I. Overview of current status and regulations. The Plant Journal, n. 33, p. 1-18, 2003.

NAP, J.P.; GLARE, T.R.; CONNER, A.J. The release of genetically modified crops into the environment. Part II. Overview of ecological risk assessment. The Plant Journal, n. 33, p.19-46, 2003.

NASCIMENTO, C.A.M.A. Cadeia do agronegócio. IBPS, 19/11/2004.

NELSON, G.C.; BULLOK D.S. Simulating a Relative Environmental Effect of Glyphosate-Resistant Soybeans. Ecological Economics, n.45, p.189-202, 2003.

NETHERWOOD, T.; MARTÍN-ORÚE, S.M., O´DONNELL, A.G., GOCKLING, S., GRAHAM, J., MATHERS, JC., GILBERT, H.J. Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human gastrointestinal tract. Nature Biotechnology, 22(2), 2004.

NEUMANN, P.S.; LOCH, C. Legislação ambiental, desenvolvimento rural e práticas agrícolas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 243-249, 2002.

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P. Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas. Cadernos de Ciência & Tecnologia. Número Temático: Transgênicos. Brasília, v. 18, n.1, p.81-116, jan./abr. 2001.

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P. Os impactos ambientais. Revista Ciência Hoje, abr.2004.

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P. Impactos ambientais das plantas transgênicas: as evidências e as incertezas. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 2, n. 3, jul./set.2001.

NODARI, R.; GUERRA, M.P.; VALLE S. Manipulação de plantas transgênicas em contenção, em: Bioética e Biorrisco, Abordagem Disciplinar, Parte 1, p. 69-89 – Org.: Valle, S.; Telles, J.L. Ed: Interciência, 2003.

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P.; VALLE, S. Proposta para uma política nacional de biossegurança (PNB). Jornal da Ciência e-mail, 07 mar. 2002.

OECD. Genetically modified plants for food use, The Royal Society, 1998.

OECD. The OECD Edinburgh Conference on the scientific and Health Aspects of Genetically Modified Foods, 2003.

OECD Core set of Indicators for Environmental Performance Reviews, OECD Publications – OECD/GD (93) 179. Environment Monographs n° 83 .Paris, 1993.

OKUNUKI H.; TESHIMA, R.; SHIGETA, T.; SAKUSHIMA, J.; AKIYAMA, H.; GODA, Y.; TOYODA, M.; SAWADA, J. Increased digestibility of two products in genetically modified food (CP4-EPSPS and Cry1Ab) after preheating. J. Food Hyg. Soc. Japan, vol. 43, 68-73, 2002.

PARTIDÁRIO, M.R. Manual de apoio aos cursos de formação sobre avaliação ambiental estratégica – prática existente, procura futura e necessidade de capacitação. Lisboa, Portugal, 2003. Disponível em http://campus.fct.unl.pt/mp/downloads/ManualAAE.pdf. Acesso em 14 dez. 2003.

PATERNIANI, E. (Ed.) Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária, Brasília: Embrapa, Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.

PEDROZO, M.T. Lei de biossegurança do governo Lula: soberania tecnológica e garantia de segurança para o meio ambiente e para a saúde - Assessoria do Partido dos Trabalhadores – texto publicado no site http://www.pt.org.br/assessor/agrario.htm 12/05/2005.

PEDROZO, M.T. Estudo técnico da assessoria do partido dos trabalhadores, 06/12/2003. Disponível em http://www.anbio.org.br/soja_transgenica.doc. Acesso em 15.mar.2004.

PELAEZ, V.; ALBERGONI, L.; GUERRA, M.P. Soja transgênica versus soja convencional: uma análise comparativa de custos e benefícios. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 2, p.279-309, mai./ago. 2004.

PEREIRA, J.E.S.; BIANCHI, V.J.; MARCHIORO, V.S.; BINSFELD, P.C. Biodiversidade e transgênicos, em: Biossegurança em biotecnologia, Org.: Binsfeld, PC, RJ: Interciência, 2004.

PERSLEY, G.J. New genetics, food and agriculture: scientific discoveries – societal dilemmas. The Doyle Foundation for the International Council for Science, 10 jun.2003. 56p. Disponível em: http://icsu.org/Gestion/img/ICSU_DOC_DOWNLOAD/91_DD_FILE_GMO_Exec%20Summary.pdf Acesso em: 14 nov. 2006.

PHIPPS, R.H.; PARK, J.R. As safras GM podem melhorar a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola?: O caso Argentino ou o que o Brasil perdeu. 2002. Disponível em: http://www.anbio.org.br/noticias/safras.htm. Acesso em 20 abr. 2003.

PHIPPS, R.H.; BEEVER, D.E.; HUMPHRIES, D.J. Detection of transgenic DNA in milk from cows receiving herbicide tolerant (CP4EPSPS) soybean meal. Livestock Production Science, vol. 74, 269-273, 2002.

PINHEIRO, M.M.; GEHARDT, L.; MARGIS, R. Uma tecnologia com múltiplas aplicações. História, Ciências, Saúde — Manguinhos, vol. VII(2), 465-79, jul.-out. 2000.

PIO, M.J. Estudos de prospecção tecnológica na cadeia de vestuário de malha pret à porter Tese de Doutorado – EQ/UFRJ – 2004.

POL, E. A Gestão ambiental, novo desafio para a psicologia do desenvolvimento sustentável. Estudos de Psicologia, 2003, 8 (2), 235-243.

PORTUGAL, A. O desenvolvimento da biotecnologia agropecuária no Brasil. Embrapa, ago.1999.

PRIETTO, G.; SILVA Jr., A.G. Gestão ambiental: exigência e oportunidade para o agronegócio. Economia Rural, Viçosa, MG, 2(11), ago/dez, 2000.

QAIM, M.; TRAXLER, G. Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level and aggregate welfare affects. Agricultural Economics, 32: 73-86, 2005.

QAIM, M.; ZILBERMAN, D. Yield Effects of Genetically Modified Crops in Developing Countries - Science 7, Vol. 299, no. 5608, pp. 900 – 902, Feb. 2003.

QUECINI, V.M.; VIEIRA, M.L.C. Plantas transgênicas, em: Biotecnologia na Agricultura e na Agroindústria, cap.8 – Coord.: Serafini, LA, Barros, NM, Azevedo, J L – Ed: Agropecuária, 2001.

RAMIRO, Z.A.; SANTOS, W.J.; MONTEZUMA, M.C. Estudo da eficiência do algodão bollgard para o controle do curuquerê (*Alabama Argillacea*), lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*) e lagarta rosada (*Pectinophora gossypilla*). 19° Congresso Brasileiro de Entomologia, Manaus (AM), Brasil, 2002.

RAMOS, T.B. Utilização de indicadores na gestão e avaliação ambiental. In: Painel sobre Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. In: II ENCONTRO NACIONAL DO COLÉGIO DE ENGENHARIA DO COLÉGIO DE ENGENHARIA DO AMBIENTE (ENCEA), Porto (Portugal), 2002. Anais... II Encontro Nacional do Colégio de Engenharia do Colégio de Engenharia do Ambiente, 2002.

RANEY, T. Economic impact of transgenic crops in developing countries. Current Opinion in Biotechnology, 2006, 17: 174-178.

RAVEN, F.H.; EVERT, R.T; CURTIS, H. Biologia vegetal. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2001.

RAYOL, A. Tendências de exame dos pedidos de patente na área da biotecnologia. Revista da ABPI – n. 63, p. 49-56, mar./abr. 2003.

REBELLO, A. Estudo prático de impacto ambiental com o plantio por produtores rurais de Tupanciretã – RS (Clube Amigos da Terra), IV Congresso Brasileiro de Biossegurança, Porto Alegre (RS), Brasil, 2005.

RECH, E.L. Estudos de segurança alimentar e ambiental de plantas transgênicas contendo características de interesse agrícola, 2002. Disponível em: www.cenargen.embrapa.br/cenargenda/pdf/seguranalimentar.pdf. Acesso em 15 nov. 2006.

REVISTA PESQUISA FAPESP. Biotecnologia mais segura. Edição Impressa 68, Setembro 2001.

RODRIGUES, M.C.; ARANTES, O.M.N. Direito ambiental & biotecnologia: uma abordagem sobre os transgênicos sociais. 1ª ed. (2004), 2ª tir./Curitiba: Juruá, 2005.

RODRIGUES, G.S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 4, p. 445-451, abr. 2003.

RODRIGUES, G.S.; CAMPANHOLA C.; KITAMURA, P.C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto

institucional de P&D. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 19, n. 3, p.349-375, set./dez. 2002.

RODRIGUES, G.S., et al. Avaliação ambiental integrada para licenciamento de operação de áreas de pesquisa (loap) com plantas geneticamente modificadas – estudo de caso do mamão geneticamente modificado para resistência ao vírus da mancha anelar. Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa, Jaguariúna (SP), n. 30, jul. 2005. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/dowload/boletim_30.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2005.

ROMANO, E. Os avanços da Lei de Biossegurança em relação aos organismos geneticamente modificados. Disponível http://www.cib.org.br. Acesso em jul. 2005.

ROYAL SOCIETY (UK). Where is the evidence that GM foods are inherently unsafe, 8 May 2003. Disponível em: http://www.royalsoc.ac.uk/news.asp?id=1696. Acesso em 14 nov. 2006.

RUF, S.; HERMANN, M., BERGER, I. J.; CARRER, H., BOCK, R. Stable genetic transformation of tomato plastids and expression of a foreign protein in fruit. Nature Biotechnology. vol.19, p.870-875, sep. 2001

RUNGE, C.F.; RYAN, B. The global diffusion of plant technology: international adoption and research in 2004. Council on Biotechnology Information, Washington, D.C., dec.8, 2004. Disponível em: <http://www.apec.umn.edu/faculty/frunge/globalbiotech04.pdf>. Acesso em: 29 jan./2005.

SALA, O.E.; CHAPIN, III S.; ARMESTO, J. J., BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L. F.; JACKSON, R. B.; KINZIG, A.; LEEMANS, R.; LODGE, D.M.; MOONEY, H.A.; OESTERHELD, M.; POFF, N.L.; SYKES, M. T.; WALKER, B. H.; WALKER, M.; WALL, D. H. Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science, v. 287, pg. 1770 – 1774, 10 mar. 2000.

SAMPAIO, M.J.A. Biossegurança das plantas transgênicas. Revista Agroanalysis, abr. 2005.

SANKULA, S.; CARPENTER J. Comparative environmental impacts of biotechnology – derived and conventional soybean. National Center for Food and Agricultural Policy, Washington, DC, 2002. Disponível em: http:// www.ncfap.org/reports/castposter1.pdf. Acesso em: 14 nov. 2006.

SANTOS, T.C.C.; CÂMARA, J.B.D. (Orgs.) GEOBRASIL, 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília: Edições IBAMA, 2002. Disponível em: http://www2.ibama.gov.br./~geobr/geo2002.htm. Acesso em: 24 fev. 2004.

SANTOS, P.M.; SOUZA Jr., M.T. Desenvolvimento de plantas transgênicas, em: bioética e biorrisco, abordagem disciplinar, Parte 1: 3-30 – Org.: Valle, S.; Telles, J.L. – Ed: Interciência, 2003.

SANTURIO, J. M.; CARVALHO V. F.; MACHADO, J. A.; MORO, G. L.; BERNARDES SILVA, L. M.; BOECK A. A. P.; COPETTI, M. V. Avaliação da microbiota fúngica e produção de micotoxinas em grãos de híbrido de milho não modificado geneticamente e seu isogênico transgênico Bt11 da Syngenta Seeds. In: II Congresso Brasileiro de Biossegurança e

II Simpósio Latino Americano de Produtos Transgênicos, Salvador (BA), Brasil, Pág. 205-206, 2001 (a).

SANTURIO, J. M.; CARVALHO V. F.; MACHADO, J. A.; MORO, G. L.; BERNARDES SILVA, L. M.; BOECK A. A. P.; COPETTI, M. V. - Avaliação da microbiota fúngica e produção de micotoxinas em grãos de híbrido de milho não modificado geneticamente e seu isogênico transgênico ICP4 da Syngenta Seeds. In: II Congresso Brasileiro de Biossegurança e II Simpósio Latino Americano de Produtos Transgênicos, Salvador (BA), Brasil, Pág. 206-207, 2001(b).

SAXENA, D.; STOTZKY, G. - Release of Larvicidal Cry Proteins in Root Exudates of Transgenic Bt Plants. ISB News Report, feb. 2005

SCALÉA, M. Soja RR facilita adoção do plantio direto. Revista Plantio Direto, edição 89, set./out. 2005. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS.

SCALZILLI, J. C.; SCALZILLI, J.P.S.; DIAS, L.M. Soja transgênica no Brasil: anotações sobre a legislação de plantio, comercialização e direitos da propriedade intelectual. Agronline.com.br., 29/09/2005. Disponível em: http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=248. Acesso em: 18 de novembro de 2005.

SCHLINDWEIN, S.L. Introdução de plantas transgênicas no Brasil: basta avaliar o risco ambiental? Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 2, p. 279-309, maio/ago. 2004.

SCHOLZE, S.H.C. Os Direitos de propriedade intelectual e a biotecnologia. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.15, n. especial, p.41-66, 1998.

SCHOLZE, S.H.C. Das leis de propriedade intelectual à legislação de biossegurança: as oportunidades da biotecnologia e da biodiversidade brasileiras. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, 09/11/99

SCHOLZE, S.H.C. Política de patentes em face da pesquisa em saúde humana: desafios e perspectivas no Brasil, em: Política de Patentes em Saúde Humana - Picarelli, M.F.S., Aranha M.I. (Org.) São Paulo: Editora Atlas S.A., 2001.

SEGNESTAN, L. Indicators of environment sustainable development - theories and practical experience. Environmental Economic Series, Paper n° 89, The World Bank, USA, 2002.

SERAFINI, L.A.; BARROS, N.M.; AZEVEDO, J. Biotecnologia: princípios e aplicações, em biotecnologia na agricultura e na agroindústria, cap.1 – Coord.: Serafini, L.A., Barros, N.M., Azevedo, J.L. – Ed: Agropecuária, 2001.

SHARLAND, E.A.R. A gestão ambiental e seus atores: estrutura, poder, influência e interações – estudo de caso: setor de petróleo. Tese de Doutorado – EQ/UFRJ – 2000.

SILVEIRA, J.M. Biotecnologia e agroindústria. Disponível em: http://www.ambientebrasil.com.br. Acesso em: 24 jun. 2002.

SILVEIRA, J.M. O rótulo nos transgênicos. Revista de Agronegócios da FGV, p. 46-47, abr. de 2004.

SIQUEIRA, J.O.; TRANNIN, I.S.B.; RAMALHO, M.A.P.; FONTES, E.M.G. Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 1, p. 11-81, jan./abr. 2004.

SMEETS, E.; WETERINGS, R. Environmental indicators: typology and overview. European Environment Agency. Technical Report nº 25, 1999.

SOBRAL, M.C.; MADRUGA, M.E.; FIGUEIREDO, R.C.B. Sistema de gestão integrada nas áreas de meio ambiente, qualidade, segurança e saúde ocupacional – uma abordagem prática na indústria petroflex- Cabo/PE – Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – João Pessôa – 2001.

SOUZA, E.; APPEL, P.P.; SOUZA, T.A.S. Proteção da inovação biotecnológica. Revista da ABPI, nº 70, mai./jun. 2004.

STEN, E.; SKOV, P.S.; ANDERSEN, S.B.; TORP, A.M.; OLESEN, A.; BINDSLEV-JENSEN, U.; POULSEN, L.K.; BINDSLEV-JENSN, C. A comparative study of the allergenic potency of wild-type and glyphosate-tolerant gene-modified soybean cultivars. APMIS, vol. 112, pp. 21-28, 2004.

SUETERGARAY, D.M.A. Agronegócio e desertificação no Brasil. Revista Ciência Hoje, vol. 36, nº 211, dez. 2004.

TELLES, J.L. Bioética, biotecnologia e biossegurança, desafios para o século XXI. Em: Bioética e Biorrisco, Abordagem Disciplinar, Parte 1: 171-201 – Org.: Valle, S.; Telles, J.L. – Ed: Interciência, 2003.

TESTON, J.A.; SILVA M.L.; FREITAS, A.D.; HENRIQUES, A.; LIMA, M. M.; VIEIRA, LG.E. Diversidade de artrópodes capturados em lavoura de soja transgênica e de soja convencional por meio de armadilhas. In: XX Congresso Brasileiro de Entomologia, Gramado (RS), Brasil, pág. 256. 2004.

TINOCO, M.L.P.; REIS, M.B.A.; ABUD, S.; SOUZA, P.I.M.; VIANA, G.R.; RECH, E.L.; ARAGÃO, F.J.L. Uso de radiação gama na eliminação de genes marcadores de soja geneticamente modificada. Embrapa, Circular Técnica n° 28, dez. 2003.

TORQUETTI, Z.S.C. Planejamento do sistema de gestão ambiental – SGA – nas pequenas e médias indústrias. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, 2001.

TRIGO, E.; TRAXLER, G.; PRAY, C.E.; ECHEVERRÍA, R.G. Biotecnologia agrícola y desarrollo rural en américa latina y caribe: implicaciones para el financiamento del BID (Banco Interamericano e Desarrollo). Publicación RUR 107, recuperado de www.iadb.org/sds/, set. 2002.

VALDES, C.; ASH, M. Economic impacts of biotech soybeans in Brazil on agricultura markets. In: MOSCARDI, F.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; SARAIVA, O.F.; GALERANI,

P.R.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. (Ed.). World soybean research conference. Londrina: Embrapa Soja, 2004, p.341. (Embrapa Soja. Documentos. 228).

VALLE, S. (Org.) Regulamentação da biossegurança em biotecnologia. Rio de Janeiro: Editora Auriverde, 1998.

VALOIS, A.C.C. Importância dos transgênicos para a agricultura. Cadernos de Ciência & Tecnologia – Número Temático: Transgênicos - EMBRAPA, v. 18, n.1, p.27-53, jan./abr., 2001.

VILLASBÔAS, P.P. A importância da regulamentação da biossegurança como um instrumento de gestão ambiental. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina / Engenharia de Produção –1998.

VITERBO Jr., E. Sistema integrado de gestão ambiental. Editora Aquariana, São Paulo, 1998.

VOGT, C. Brasil agrícola: riqueza e contradição, Revista Eletrônica Com Ciência, n° 48 – Brasil Rural: C & T no Campo, out. 2003.

WALL, E.; WEESINK, A.; SWANTON, C. Agriculture and ISO 14000. Food Policy, 26, 35-48, 2001.

WOLF, M.T. O que o Brasil perde por não considerar como invenção o material biológico isolado da natureza? Revista da ABPI – n. 63, p. 46-48, mar./abr., 2003.

WU, F. Mycotoxin reduction in bt corn: potencial economic, health, and regulatory impacts. ISB News report, pg. 8, sep. 2006. Disponível em http://www.isb.vt.edu/news/2006/sep06.pdf. Acesso em 04/10/06.

XAVIER, J.H.V.; CALDEIRA-PIRES, A. Uso potencial da metodologia de análise de ciclo de vida (ACV) para a caracterização de impactos ambientais na agricultura. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 2, p.311-341, mai./ago., 2004.

ANEXO A

Dados para Avaliação dos Indicadores de Estado da Agricultura Transgênica

ANEXO A1 - MUDANÇAS NO USO DE AGROQUÍMICOS E NOS SISTEMAS DE CULTIVO

Quadro A1.1 - REDUÇÃO DO USO DE AGROQUÍMICOS E DE CUSTOS DE PRODUÇÃO E/OU AUMENTO DE PRODUTIVIDADE
CULTIVO: SOJA TOLERANTE A HERBICIDA
Redução de 7,2 milhões de libras de vários herbicidas aplicados (mais tóxicos e persistentes no solo que o glifosato) para 5,4 milhões de libras de glifosato nos EUA (DALE; CLARKE; FONTES, 2002). Redução do uso da maioria dos herbicidas convencionais foi de 13% por acre (CARPENTER et al., 2002).
Estimado benefício de US$ 35/ha para os agricultores com a adoção de soja RR no Brasil, considerando-se 50% de redução nos custos de herbicidas para a soja e deixando-se de considerar a cobrança de taxa de tecnologia nas sementes (BORCHGRAVE; GALVÃO, 2003).
Estimativas preliminares apontaram para redução no uso de agroquímicos da ordem de 2/3, aumento de produção de 3,1% redução de custos de 12% no Brasil (VALDES; ASH, 2004).
Na análise global de impacto econômico e ambiental de cultivos GM realizada em relação ao período de 1996 a 2004, o volume de herbicida usado em lavouras de soja transgênica foi reduzido em 4%. Nos últimos 9 anos, a redução no uso de combustível foi de cerca de 1,8 bilhões de litros, em função das mudanças nas práticas agrícolas. Em 2004, a redução do uso de combustível foi equivalente à eliminação de mais de 10 bilhões de kg de dióxido de carbono da atmosfera ou a tirar 5 milhões de carros (1/5 dos carros registrados no Reino Unido) das ruas por um ano. Os maiores ganhos foram obtidos com o cultivo da soja tolerante a herbicida , chegando a mais de US$ 17 bilhões de aumento nos rendimentos, desde 1996 (BROOKES; BARFOOT, 2005).
Redução do uso de herbicidas no Rio Grande do Sul, com reflexos positivos tanto ambientais quanto produtivos (trabalhadores menos expostos aos agrotóxicos, reaparecimento de pequenos mamíferos, aves e peixes das redondezas e economia de R$ 200,00/ha, devido aos menores gastos com máquinas, equipamentos e combustíveis) (PEDROZO, 2003). Também no RS, em Tupanciretã, a redução do uso de glifosato constatada em estudo prático de impacto ambiental, realizado por produtores rurais (Clube Amigos da Terra), foi de 53% (REBELLO, 2005); em Toledo, numa lavoura de 200 ha, o aumento de produtividade tem variado de 44 a 50%, devido à baixa infestação de plantas daninhas, o que leva à utilização de menos hora/máquina (menor consumo de óleo diesel) (Gazeta do Povo, 29/09/06).
Com base nos levantamentos de resultados de campo de soja transgênica, de 1997 a 2002, estimadas quedas de US$ 482 milhões, devido à redução no uso de herbicida, e de US$ 561 milhões, associada à redução das emissões de CO_2 estimada em 1,69 milhões de ton, devido à redução das operações de pulverização, de acordo com resultados de campo por 5 anos (1997 a 2002) da soja transgênica na Argentina (PHIPPS; PARK, 2003).
Na Argentina, entre 1996 e 2001, o lucro acumulado estimado foi superior a US$ 5 bilhões, sendo 9% na venda de glifosato, 4 % na venda de sementes, 18% na redução de custos e 69% no aumento de produção. Foi observado que o aumento da área cultivada com soja RR foi acompanhado de redução no plantio de soja convencional (FERRAROTTI, 2004).

Quadro A1.1 (cont.) - REDUÇÃO DO USO DE AGROQUÍMICOS E DE CUSTOS DE PRODUÇÃO E/OU AUMENTO DE PRODUTIVIDADE
CULTIVO: SOJA TOLERANTE A HERBICIDA
Com o cultivo de soja transgênica faz-se a aplicação de um herbicida em oposição a vários para soja convencional, possibilitando menos toxidez para a soja e as culturas que a seguem (ex.: milho). A redução no custo de manejo de ervas daninhas - variou de US$ 12 milhões em 1996 para US$ 216 milhões em 1999, nos EUA. Na Argentina, a redução foi de US$ 214 milhões em 1999 (JAMES, 2000).
Em 2003, registrou-se que a lavoura de soja transgênica custou entre 20 e 30% menos que a convencional, devido ao menor consumo de herbicidas e menores custos de produção, enquanto outros registros revelaram que a maior produtividade foi derivada das condições climáticas excepcionalmente favoráveis nas últimas safras (GAZETA MERCANTIL, 03/10/2003).
No Brasil, os testes de campo com a soja RR começaram em 1997. Estudos agronômicos de rendimento de grãos, adaptabilidade, estabilidade de comportamento, incluindo outras características agronômicas foram conduzidas em diferentes ambientes e anos de plantio. Os dados coletados indicam que a soja RR é tão segura para o plantio em escala comercial quanto às demais variedades convencionais e não oferece nenhum risco para o meio ambiente ou para os sistemas agrícolas de se tornar invasora (BORÉM, 2005c).

Quadro A1.1 (cont.) - REDUÇÃO DO USO DE AGROQUÍMICOS E DE CUSTOS DE PRODUÇÃO E/OU AUMENTO DE PRODUTIVIDADE
CULTIVO: ALGODÃO RESISTENTE A INSETOS
A introdução do algodão Bt na Austrália, Índia e EUA demonstra a capacidade que essas variedades possuem para aliviar os problemas da resistência de insetos aos pesticidas químicos. Também na China, a rápida adoção deste tipo de algodão é um exemplo de como os protetores introduzidos nas plantas reduzem imensamente o volume de pesticidas necessário, aumentando a segurança ambiental e a saúde dos trabalhadores agrícolas. Ainda, foi registrado um efeito positivo do algodão Bt sobre o número e diversidade de insetos benéficos nos campos de algodão dos EUA e da Austrália (CARPENTER et al., 2002).
Redução de 70% no volume de inseticidas em 157 fazendas na Índia, chegando a ser registrada economia de cerca de US$30 por hectare (QAIM; ZILBERMAN, 2003).
Em seis estados norte-americanos, o número de aplicações de inseticidas foi reduzido de 5 para 2, em três anos após a introdução de algodão Bt. Na Austrália entre 1998 e 1999 a redução do uso de inseticidas químicos foi de 27% a 61% e na China, de 60% a 80% (SIQUEIRA et al., 2004).
Redução do uso de inseticidas proporcionada com a adoção da tecnologia Bt na China, com impacto positivo devido à redução do risco e da incidência de envenenamentos dos agricultores (HOSSAIN et al., 2004).
Redução de 78.000 toneladas na quantidade de inseticidas utilizados em 2001 na China. Observada a diminuição na taxa de exploração de matérias-primas utilizadas na fabricação de inseticidas, e por conseqüência, reduções significativas na poluição provocada por rejeitos industriais. Apontadas reduções na água a ser utilizada nas pulverizações e nos custos empresariais e ambientais decorrentes do transporte e armazenamento de inseticidas, concluindo-se que as plantas geneticamente modificadas resistentes a insetos colaboram para que se diminua a produção e o acúmulo de embalagens de agrotóxicos, que muitas vezes não possuem um destino final seguro no meio ambiente (CTNBio, Parecer n° 513/2005).
Cultivares de algodão Bt produzem mais do que as não-Bt na China e têm custo de produção cerca de 25% menor, em função da redução de até 80% na aplicação de inseticidas altamente tóxicos (SIQUEIRA et al., 2004).
Não somente o algodão Bt, como também o tolerante a herbicidas proporcionam redução de custos de produção e ampliam a faixa de opções disponíveis para os sistemas de gerenciamento total das fazendas (CARPENTER et al.., 2002).

Quadro A1.1 (cont.) - REDUÇÃO DO USO DE AGROQUÍMICOS E DE CUSTOS DE PRODUÇÃO E/OU AUMENTO DE PRODUTIVIDADE
CULTIVO: ALGODÃO RESISTENTE A INSETOS
Segundo dados do ISAAA, em 2003, benefícios econômicos líquidos para os agricultores dos Estados Unidos foram estimados em US$ 1,9 bilhão e na Argentina, os ganhos na safra de 2001/02 foram de US$ 1,7 bilhão. A China projetou ganhos potenciais de US$ 5 bilhões para 2010, sendo US$ 1 bilhão com algodão Bt e US$ 4 bilhões com arroz Bt. Globalmente, com base na total adoção da tecnologia e de ganhos de 10% na produtividade em países de renda alta e média, e 20% em países de baixa renda, a projeção de ganho potencial por volta de 2015 é de US$ 210 bilhões, segundo estudo realizado por economistas australianos. (JAMES, 2004).
Na análise global de impacto econômico e ambiental de cultivos GM realizada em relação ao período de 1996 a 2004, o volume de pesticida usado em lavouras de algodão transgênico foi reduzido em 15% e os produtores melhoraram sua rendas em até US $ 6,5 bilhões, nos últimos 9 anos (BROOKES; BARFOOT, 2005).
A introdução do algodão Bt nos EUA entre 1996 e 1999 levou à redução no uso de ingredientes ativos de aproximadamente 1,2 milhões de quilos. Os produtores obtiveram aumento de 118 milhões de quilos de algodão na produção anual, o que resultou em aproximadamente US$ 99 milhões adicionais na receita líquida em 1999 (Borém, 2005 a).
Atualmente, a produção de algodão no Brasil requer cerca de 20 aplicações de inseticidas para o controle de pragas de insetos. Com o algodão transgênico estima-se uma redução de 25% no volume de inseticidas. Com a redução de custos, é previsto aumento da competitividade no mercado internacional de algodão que tem sido afetada pelo atraso de 10 anos na adoção da tecnologia em relação aos competidores internacionais (UITDEWILLIGEN, 2006)

Quadro A1.1 (cont.) - REDUÇÃO DO USO DE AGROQUÍMICOS E DE CUSTOS DE PRODUÇÃO E/OU AUMENTO DE PRODUTIVIDADE
CULTIVO: MILHO RESISTENTE A INSETOS
Mesmo sendo imprevisível a redução do uso de inseticidas, em função das variações anuais nas infestações de pragas que podem não ser succetíveis à proteína do Bt, tem-se o registro de estimativas de redução de até 540 toneladas de inseticida se 80% da área total ocupada com milho nos EUA fosse ocupada com híbridos Bt (SIQUEIRA et al., 2004).
Redução no volume de inseticida na China de 50 kg/ha nas lavouras de milho convencional para 18 kg/ha nos plantios de milho Bt (GUERRANTE, 2003).
Nas Filipinas, plantios experimentais de milho Bt apresentaram produtividade 40% maior, sendo apontada uma correlação direta entre o nível de infestação com a espécie predadora do milho e a produtividade da cultura, ou seja, as maiores produtividades foram obtidas nos campos onde a infestação com insetos-praga era maior (GUERRANTE, 2003).
Na análise global de impacto econômico e ambiental de cultivos GM realizada em relação ao período de 1996 a 2004, o volume de pesticida usado em lavouras de milho transgênico foi reduzido em cerca de 4% (BROOKES; BARFOOT, 2005).

Quadro A1.2 - USO DE PRÁTICAS AGRÍCOLAS CONSERVACIONISTAS
CULTIVO: SOJA TOLERANTE AO HERBICIDA GLIFOSATO
Em revisão das pesquisas realizadas entre 1996 e 2004, concluído que o rendimento agrícola acumulado nos EUA, Argentina e Brasil com o cultivo de soja transgênica foi no mínimo de cerca de US$ 9,1 bilhões, em função da melhoria da qualidade e flexibilidade das lavouras (BROOKES; BARFOOT, 2005).
O controle simplificado e mais flexível das ervas daninhas, associado à redução de custo de produção, proporcionado pelo pacote cultivo/herbicida, contribuiu para a rápida adoção a soja tolerante ao herbicida glifosato na Argentina e nos EUA. A adoção de práticas de cultivo mínimo ou de plantio direto contribui para reduções de erosão do solo, melhorando a estrutura do mesmo e as condições ambientais (DUKE; CERDEIRA, 2005)
Alcançada otimização nas operações de cultivo no Rio Grande do Sul. A economia de tempo operacional foi relativa à: aplicação de apenas um herbicida, flexibilidade no controle das ervas daninhas, redução de perdas, menor quantidade de impurezas no produto e melhoria no manejo da rotação da soja com trigo, milho e arroz. (PEDROZO, 2003).
Em estudo prático de impacto ambiental, realizado por produtores rurais de Tupanciretã – RS (Clube Amigos da Terra), constatou-se a viabilização do plantio direto na palha, com redução na perda do solo por erosão, maior eficiência no controle de invasoras e redução do número de operações. Como conseqüências registraram-se: conservação das máquinas, redução do trabalho com as ervas daninhas, lavouras mais limpas, flexibilização e melhoria de qualidade dos cultivos. Ainda, registrou-se aumento de produtividade de mais de 10 sacos/ha de 1997 a 2003 (REBELLO, 2005).
Além do registro de um número menor de aplicações de herbicida, são citadas vantagens relativas ao sistema de plantio direto com as variedades transgênicas e às condições ambientalmente mais favoráveis das características do glifosato no solo, sendo possível obter mais benefícios nos cultivos do que com a soja convencional. (SANKULA; CARPENTER, 2002). Registrada extensão do plantio direto sem aração de 35% nos EUA e de 57% na Argentina (CARPENTER et al., 2002).
A adoção de práticas agrícolas conservacionistas (plantio direto e cultivo mínimo) possibilita a conservação da umidade, estrutura, nutrientes e controle da erosão do solo, ambiente mais seguro através da diminuição do uso de pesticidas, contribuindo para uma agricultura mais sustentável (JAMES, 2001).
Ter a soja RR como ferramenta no controle das plantas daninhas na cultura da soja é vantajoso para os agricultores, em função da redução de custos, simplicidade das operações e segurança de resultados com uma única aplicação de herbicida (SCALÉA, 2005).

Quadro A1.3 - CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS
CULTIVO: MILHO RESISTENTE A INSETOS
Verificada menor contaminação fúngica e ausência de micotoxinas em grãos de diferentes tipos de milhos Bt em comparação com milhos não transgênicos. Os milhos transgênico apresentaram até 279% menos contaminação por fungos do que os não transgênicos. Em alguns experimentos, não houve produção de micotoxinas em nenhum dos grupos avaliados e em outros, a micotoxina fumonisina B1 foi detctada apenas no híbrido não transgênico. Concluiu-se que os insetos são importantes na propagação de fungos nas espigas e que a proteção conferida pela proteína expressa nos milhos Bt é um fator importante para evitar tal propagação (SANTURIO, et. al, 2001 a, b).
Em estudo desenvolvido no estado de Nebraska (EUA), híbridos de milho Bt, submetidos à infestação artificial com *Spodoptera frugiperda* produziram cerca de 32% mais grão que as testemunhas suscetíveis (SIQUEIRA et al., 2004).
Estudos realizados na Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz – Esalq-USP demonstraram a possibilidade de controle eficiente da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (que tem mais de 60 hospedeiros no Brasil), pelo milho Bt MON 810 expressando o gene cry1Ab. Nos plantios experimentais em São Paulo e no Paraná, no período de 1999 a 2001, foi confirmada a eficiência do milho transgênico para o controle da praga e a sua não interferência na dinâmica populacional do predador (FERNANDES, 2003; FRIZZAS, 2003). Ainda, os estudos de Fernandes et al. (2003) mostraram que a infestação natural de *Spodoptera frugiperda*, nos plantios experimentais em São Paulo, reduziu a intensidade do dano, em média, de 73% no hibrido convencional para 34% no hibrido Bt, demonstrando a eficiência da tecnologia no controle dessa praga.
Milho Bt tem mostrado menores níveis de certas micotoxinas do que o não-Bt em avaliações realizadas na França, Itália, Turquia e Argentina e nas plantações nos EUA, onde os benefícios anuais que o milho Bt provê, em termos de menor contaminação por fumosina e aflatoxina, foram estimados em cerca de US$ 23 milhões (WU, 2006).
CULTIVO: ALGODÃO RESISTENTE A INSETOS
Híbridos de algodão Bt expressando o gene cry1Ac, resistentes às principais pragas, foram avaliados por 4 anos em 395 fazendas na Índia, registrando-se a redução do ataque de pragas que causavam perdas de 50% a 60% na produção e a redução da necessidade de inseticidas organofosforados, carbamatos e piretróides, de classe toxicológica I e II (QAIM; ZILBERMAN; 2003).

Quadro A1.4 - AUMENTO DO USO DE AGROQUÍMICOS E DE CUSTOS DE PRODUÇÃO E/OU QUEDA DE PRODUTIVIDADE
CULTIVO: SOJA TOLERANTE AO HERBICIDA GLIFOSATO
Aumento do uso de glifosato (20% para 62%) nos EUA (CARPENTER et al., 2002).
Verificado aumento do uso de glifosato para alcançar o mesmo nível de controle de ervas daninhas de cultivos não GM. Enquanto os cultivos Bt (resistentes a insetos) levaram à redução do uso de pesticida de cerca de 15,6 bilhões de libras, os cultivos tolerantes a herbicidas levaram ao aumento do uso de herbicidas de cerca de 138 milhões de libras. Atribuiu-se esse aumento ao suprimento limitado de sementes convencionais, à manipulação de preços dos herbicidas a base de glifosato pelos produtores dos mesmos, e como resultado de emergência e espalhamento de ervas daninhas resistentes ou menos sensíveis ao glifosato. (BENBROOCK, 2004).
Aumento do consumo de glifosato de 28 milhões em 1997-98 para 56 milhões em 1998-99, chegando a 100 milhões em 2004 - o aumento da área semeada com soja foi de 10 para 35 milhões de hectares de 1990 para 2003 (MASSARANI, 2004).
Avaliando-se o crescimento da planta e da atividade de nitrogenase de soja RR, em resposta a aplicações foliares de glifosato, verificou-se que a aplicação parcelada de glifosato em doses elevadas (5,04 a 8,4 kg/ha) diminuiu o crescimento radicular e a nodulação, reduzindo a atividade da nitrogenase, em condições de déficit hídrico no solo. Como conseqüência foi registrada queda de produtividade de até 25% (KING; PURCELL; VORIES, 2001).
A literatura apresenta o registro de queda na produtividade de 5% a 10% na avaliação realizada no estado de Nebraska (EUA) por dois anos em relação às lavouras de soja convencional (GUERRANTE, 2003).
Verificada redução de empregos e de populações agrícolas com queda de produtividade e custos (MASSARANI, 2004).
No Brasil, a fertilidade dos solos é significativamente inferior à da Argentina e a dos EUA, sendo prevista perda de produtividade associada à alteração do processo de fixação de nitrogênio, proporcionado pela associação com a bactéria Rhizobium. Por meio de revisão dos estudos realizados principalmente em universidades e institutos de pesquisa dos EUA, no que tange à comparação dos cultivos de soja transgênica com a soja convencional nos EUA e na Argentina, constataram-se custos de produção menores para a soja transgênica (7 a 20%) e produtividade superior para soja convencional (12%). Não identificadas variações significativas de rentabilidade na comparação, sendo concluída a inexistência de dados consistentes que corroborem qualquer resultado (PELAEZ; ALBERGONI; GUERRA, 2004).
A produtividade da soja transgênica é menor do que a da soja convencional, principalmente em condições de seca (ALTIERI; PENGUE, 2005).

ANEXO A2 - MUDANÇAS NA BIODIVERSIDADE

Quadro A2.1 - EFEITOS EM ORGANISMOS ALVOS E NÃO-ALVOS
CULTIVO: SOJA TOLERANTE AO HERBICIDA GLIFOSATO
Verificou-se que comunidades microbianas no solo apresentaram alta similaridade nos cultivos de sojas transgênica e convencional. A colonização de fungos micorrízicos não diferiu entre cultivares transgênicos e não transgênicos e nos processos biológicos do solo, rizóbio e nodulação (ANDRADE FILHO et al., 2003)
Constatada manutenção da biodiversidade, por meio da avaliação de micróbios encontrados no solo, insetos benéficos e populações de pássaros nos campos de soja transgênica e convencional que foram similares em número e variedade (CARPENTER et al., 2002).
A maioria dos estudos dos efeitos de soja tolerante ao glifosato sobre organismos e processos do solo concluiu que comunidades microbianas em sojas transgênica e convencional apresentaram alta similaridade (SIQUEIRA et al., 2004).
Na avaliação da soja transgênica pela CTNBio em 1998, os riscos de efeitos adversos para o meio ambiente foram analisados com base na sua biologia reprodutiva e na distribuição geográfica de seus parentes sexualmente transmissíveis. Por ser uma espécie exótica no Brasil e por se reproduzir por autofecundação, concluiu-se que não existe razão científica para se suspeitar de qualquer risco de efeito adverso da soja transgênica para o ecossistema brasileiro. Adicionalmente, o gene de tolerância a herbicida introduzido na soja não oferece riscos para o meio ambiente, pois não altera a habilidade das plantas colonizarem ou invadirem o meio ambiente (BORÈM, 2005).
Estudos realizados pela American Soybean Association (ASA) mostraram que após o 5º ano de cultivo ocorreu ampliação de fungos nas raízes da soja tolerante ao glifosato, levando a perda de produtividade de até 25%. Verificou-se, ainda, redução na capacidade imunológica das plantas tratadas com glifosato e necessidade de uso de defensivos agrícolas (FOLHA SP, 05/10/2003).
Não foram verificadas variações nas nodulações relacionadas com a fixação biológica de Nitrogênio (FNB), nem necessidade de maior uso de adubos nitrogenados nas lavouras de soja transgênica resistente ao glifosato do Rio Grande do Sul (PEDROZO, 2003).
Os efeitos potenciais do herbicida glifosato de contaminação do solo, água e ar e sobre organismos não-alvo são mínimos, comparados com os causados pelos herbicidas que foram substituídos quando os cultivos tolerantes a herbicidas foram adotados. O glifosato é rapidamente degradado por micróbios do solo, sem afetar adversamente a atividade microbiana. Efeitos de herbicidas sobre plantas não-alvo não é um problema novo, isto é, a resistência a herbicidas das ervas daninhas não é exclusiva de lavouras transgênicas. Existem numerosos estudos de tais efeitos em cultivos resistentes a herbicidas, tendo sido constatado que uma espécie de erva daninha desenvolveu resistência ao glifosato em cultivos resistentes ao glifosato, devido à pressão de seleção desse herbicida (DUKE; CERDEIRA, 2005).
Em testes de campo, não foram verificados efeitos adversos em organismos não-alvo, sugerindo que a proteína CP4 EPSPS modificada, presente nos tecidos da planta transgênica, não foi tóxica aos organismos benéficos encontrados na natureza. Como não há nenhum parente silvestre da soja no Brasil e esta não é uma espécie invasiva e colonizadora, a característica de tolerância ao glifosato, seguramente. Não será transferida a outras epécies, modificando a biodiversidade nativa presente no Brasil (BORÉM, 2005 a).

Quadro A2.1 (cont.) - EFEITOS EM ORGANISMOS ALVOS E NÃO ALVOS
CULTIVOS: SOJA E MILHO TOLERANTES AO HERBICIDA GLIFOSATO E MILHO RESISTENTE A INSETOS
Em avaliação de variedades transgênicas realizada pela CTNBio para a liberação comercial no Brasil, concluiu-se que as linhagens de milho e de soja possuem o mesmo potencial que as plantas de milho e de soja não transgênicas de se tornarem plantas daninhas. A possibilidade de transferência dos transgenes é a mesma do que de qualquer outro gene do milho e da soja, e ocorre somente em plantas de milho e de soja. Devido às características das proteínas produzidas pelas linhagens transgênicas, esta transferência não apresentou impacto negativo ao meio ambiente. Ainda, as atividades das proteínas introduzidas são altamente específicas para o controle de insetos lepidópteros no milho, não tendo sido observados efeitos em outros insetos, aves, peixes, mamíferos e seres humanos. Em relação ao cruzamento, não existem espécies silvestres de plantas daninhas ou não, capazes de cruzar com o milho e com a soja no Brasil. No caso do milho e da soja, estudos extensivos têm demonstrado que as proteínas herbicidas não têm causado efeitos deletérios em organismos não-alvo, demonstrando que os níveis das proteínas herbicidas nas linhagens transgênicas não são tóxicos (RECH, 2002).
Fernandes (2003) e Frizzas (2003) mostraram que as populações de inimigos naturais avaliadas não foram afetadas por milho resistentes a insetos.
Após diversos estudos sobre a provável ameaça de extinção das borboletas Monarca pelo pólen do milho Bt, concluiu-se que o impacto sobre estes insetos é baixo. Apesar de existir uma chance mínima – uma em 100 mil – de que as lagartas da borboleta sejam afetadas pela proteína tóxica do milho Bt, segundo a Environmental Protection Agency (EPA), não há interferência no crescimento de borboletas saudáveis (GUERRANTE, 2003).
O milho Bt, resistente a insetos, tem apresentado as seguintes vantagens: (1) a possibilidade de melhorar a biodiversidade dos campos de milho, já que os insetos benéficos não são afetados de maneira adversa; (2) redução da exposição do trabalhador rural a inseticidas químicos e borrifos orgânicos de Bt; (3) menor vulnerabilidade à infestação de fungos, proporcionando benefícios diretos às pessoas e ao gado alimentado com o milho (CARPENTER et al., 2002).
Como não há no Brasil nenhum parente silvestre do milho, e como esta não é uma espécie invasiva ou colonizadora, a característica de resistência a lagartas, seguramente, não será transferida a outras espécies, não modificando a biodiversidade nativa. Linhagens e híbridos de milho, que produzem a proteína Cry 1Ab, foram comparados em experimentos de campo aos seus análogos convencionais (isogênicos), mostrando que a população relativa de artrópodes benéficos foi similar entre os materiais GM e os convencionais, não se verificando nenhum efeito adverso direto ou indireto da proteína Cry 1Ab. Foram realizados experimentos de alimentação controlada e com várias espécies de insetos não-alvo, incluindo abelha melífera, himenópteros benéficos, joaninhas, invertebrados aquáticos e do solo, bem como minhoca. Seu efeito é específico para algumas espécies de insetos-praga lepidópteros (BORÉM, 2005 a).
Apesar dos estudos mostrarem permanência de Bt no solo, ensaios com milho Bt mostraram que não houve alteração da população de minhocas, nematóides, protozoários, bactérias e fungos em solo (SAXENA; STOTZKY, 2005).
Estudo realizado em Idaho, EUA mostrou que o herbicida *Roundup*© é nocivo à bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, responsável pela fixação no solo do nitrogênio. O risco de eliminação desta bactéria do solo é maior no Brasil, onde este microorganismo ocorre naturalmente podendo levar ao aumento dos custos de produção (GUERRANTE, 2003).

Quadro A2.1 (cont.) - EFEITOS EM ORGANISMOS ALVOS E NÃO ALVOS
CULTIVOS: SOJA E MILHO TOLERANTES AO HERBICIDA GLIFOSATO E MILHO RESISTENTE A INSETOS
Em avaliação de variedades transgênicas realizada pela CTNBio para a liberação comercial no Brasil, concluiu-se que as linhagens de milho e de soja possuem o mesmo potencial que as plantas de milho e de soja não transgênicas de se tornarem plantas daninhas. A possibilidade de transferência dos transgenes é a mesma do que de qualquer outro gene do milho e da soja, e ocorre somente em plantas de milho e de soja. Devido às características das proteínas produzidas pelas linhagens transgênicas, esta transferência não apresentou impacto negativo ao meio ambiente. Ainda, as atividades das proteínas introduzidas são altamente específicas para o controle de insetos lepidópteros no milho, não tendo sido observados efeitos em outros insetos, aves, peixes, mamíferos e seres humanos. Em relação ao cruzamento, não existem espécies silvestres de plantas daninhas ou não, capazes de cruzar com o milho e com a soja no Brasil. No caso do milho e da soja, estudos extensivos têm demonstrado que as proteínas herbicidas não têm causado efeitos deletérios em organismos não-alvo, demonstrando que os níveis das proteínas herbicidas nas linhagens transgênicas não são tóxicos (RECH, 2002).
Fernandes (2003) e Frizzas (2003) mostraram que as populações de inimigos naturais avaliadas não foram afetadas por milho resistentes a insetos.
Após diversos estudos sobre a provável ameaça de extinção das borboletas Monarca pelo pólen do milho Bt, concluiu-se que o impacto sobre estes insetos é baixo. Apesar de existir uma chance mínima – uma em 100 mil – de que as lagartas da borboleta sejam afetadas pela proteína tóxica do milho Bt, segundo a Environmental Protection Agency (EPA), não há interferência no crescimento de borboletas saudáveis (GUERRANTE, 2003).
O milho Bt, resistente a insetos, tem apresentado as seguintes vantagens: (1) a possibilidade de melhorar a biodiversidade dos campos de milho, já que os insetos benéficos não são afetados de maneira adversa; (2) redução da exposição do trabalhador rural a inseticidas químicos e borrifos orgânicos de Bt; (3) menor vulnerabilidade à infestação de fungos, proporcionando benefícios diretos às pessoas e ao gado alimentado com o milho (CARPENTER et al., 2002).
Como não há no Brasil nenhum parente silvestre do milho, e como esta não é uma espécie invasiva ou colonizadora, a característica de resistência a lagartas, seguramente, não será transferida a outras espécies, não modificando a biodiversidade nativa. Linhagens e híbridos de milho, que produzem a proteína Cry 1Ab, foram comparados em experimentos de campo aos seus análogos convencionais (isogênicos), mostrando que a população relativa de artrópodes benéficos foi similar entre os materiais GM e os convencionais, não se verificando nenhum efeito adverso direto ou indireto da proteína Cry 1Ab. Foram realizados experimentos de alimentação controlada e com várias espécies de insetos não-alvo, incluindo abelha melífera, himenópteros benéficos, joaninhas, invertebrados aquáticos e do solo, bem como minhoca. Seu efeito é específico para algumas espécies de insetos-praga lepidópteros (BORÉM, 2005 a).
Apesar dos estudos mostrarem permanência de Bt no solo, ensaios com milho Bt mostraram que não houve alteração da população de minhocas, nematóides, protozoários, bactérias e fungos em solo (SAXENA; STOTZKY, 2005).
Estudo realizado em Idaho, EUA mostrou que o herbicida *Roundup*© é nocivo à bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, responsável pela fixação no solo do nitrogênio. O risco de eliminação desta bactéria do solo é maior no Brasil, onde este microorganismo ocorre naturalmente podendo levar ao aumento dos custos de produção (GUERRANTE, 2003).

Quadro A2.1 (cont.) - EFEITOS EM ORGANISMOS ALVOS E NÃO ALVOS
CULTIVO: ALGODÃO RESISTENTE A INSETOS
A análise dos documentos apresentados à CTNBio para avaliação do cultivo do algodão Bt (Bollgard evento 531) no Brasil permitiu concluir que não causará alterações no solo e suas relações ecológicas e funcionais não serão diferentes daquelas causadas pelas variedades convencionais. Devido à especificidade de ação da proteína Cry1Ac sobre algumas espécies *Lepidoptera*, não se espera um efeito negativo direto sobre o terceiro nível trófico (inimigos naturais). Estudos realizados em outros países têm demonstrado que não há efeito adverso da proteína Cry1Ac sobre os inimigos naturais. Mesmo após quase 10 anos de uso do algodão Bollgard evento 531 em outros países, até o momento não há relatos de evolução de resistência de qualquer praga às toxinas de *B. thuringiensis* no campo. A proteína NPTII degrada-se rapidamente, como as outras proteínas encontradas nos tecidos vegetais e não é tóxica para os seres vivos. A resistência à canamicina e neomicina, conferida pelo gene *nptII*, é presença ubíqua nos microrganismos, e não há evidência de transferência gênica da planta para bactérias. Portanto, a ocorrência de transferência gênica horizontal representa um risco mínimo nos cultivos deste tipo de algodão Bt. Ainda, a avaliação da toxidade do pólen proveniente deste algodão Bt em abelhas *Apis mellifera*, realizada na ESALQ/USP, não revelou efeitos adversos significativos e foi registrado efeito positivo do algodão Bt sobre o número e diversidade de insetos benéficos nos campos de algodão dos EUA e Austrália (BORÉM 2005 a, CTNBio, Parecer n° 513/2005).
Avaliadas amostras de solo coletadas dentro e fora de seis lavouras, onde algodão Bt (Bollgard) foi cultivado e, em seguida, incorporado ao solo através de aração pós-colheita, ao longo de 3-6 anos consecutivos. Os resultados demonstraram que a quantidade da proteína Cry1Ac acumulada, como conseqüência do cultivo contínuo de algodão Bt, e subseqüente incorporação ao solo dos resíduos vegetais através de aração, é extremamente baixa e não resulta em atividade biológica detectável (HEAD et al., 2002).

Quadro A2.2 - OCUPAÇÃO DE AMBIENTES FRÁGEIS
CULTIVOS: SOJA TOLERANTE AO HERBICIDA GLIFOSATO
Em avaliação relativa aos benefícios do emprego do plantio direto, concluiu-se que a melhoria do nível tecnológico do plantio direto com a soja transgênica pode evitar o desmatamento da Amazônia e do cerrado, propondo-se a ocupação dos mais de 30 milhões de hectares de pastagens degradadas existentes no Brasil (SCALÉA, 2005).
Registrado que milhares de hectares foram desflorestados na Argentina, em Salta e em Santiago del Estero para cultivo de soja. No Brasil, o Cerrado e as Savanas têm sido os biomas mais prejudicados. Os autores atribuem os riscos de degradação do solo e de vulnerabilidades ecológicas ao aumento da expansão da monocultura da soja e ao conseqüente aumento de resistência de ervas daninhas ao herbicida glifosato e de pragas e doenças, levando ao maior uso de defensivos agrícolas. Dependendo das condições de cultivo das lavouras, a perda média de solo estimada varia entre 19 e 30 kg/ha no Brasil e na Argentina. Os autores registraram, ainda, que a expansão do cultivo de soja ocorreu à custa de perdas de terras devotadas para pecuária e para a produção de frutas, milho e trigo, levando a perda de alimentos básicos, aumento de preços, devido ao aumento de importações, e mais fome, principalmente para pequenos agricultores e consumidores (ALTIERI; PENGUE, 2005).
Cientistas do Brasil e dos EUA, após cruzarem dados de satélites, mapas de perda de cobertura vegetal e pesquisas de campo, estimaram que entre 2001 e 2004 foram convertidos 5.400 km^2 de floresta, apenas no Mato Grosso, diretamente para áreas de sojicultura. Segundo a pesquisa, o desmatamento para dar lugar aos grãos subiu 10% no período analisado, enquanto para dar lugar às pastagens houve um decréscimo de 12%, sendo falsa a idéia de que o cultivo de soja se instala em áreas que foram desmatadas para pastagens. Os cientistas apontaram ainda que as taxas de desmatamento estão diretamente relacionadas ao preço da commodity, sendo que os períodos mais críticos foram em 2003 e 2004, época em que a cotação da soja estava mais alta. Concluiu-se que a destruição trazida pela soja é acelerada, faz uso intensivo de tecnologia e tem potencial de se espalhar para outras regiões da floresta (MORTON et al., 2006).

ANEXO A3 - MUDANÇAS EM CULTIVOS E ALIMENTOS NÃO-TRANSGÊNICOS

Quadro A3.1 - CONTAMINAÇÃO POR FLUXO GÊNICO
CULTIVO: SOJA TOLERANTE AO HERBICIDA GLIFOSATO
Risco de fluxo gênico da característica de resistência da soja transgênica ao glifosato é insignificante para as regiões de cultivo da América do Norte e América Latina, devido às características de polinização (CARPENTER et al., 2002).
Realizada avaliação da freqüência de polinização cruzada entre uma linhagem de soja transgênica em diferentes distâncias entre plantas transgênicas e não transgênicas. Verificadas baixas taxas de polinização cruzada: inferior a 0,5% para distância de 1 m da fonte transgênica, e de 0,005% a 10 m de distância. Concluído que o fluxo gênico em plantas autógamas pode ser evitado com o isolamento espacial de apenas 10 a 20 m, bem menor do que as preconizadas para o milho transgênico, cuja taxa de fecundação cruzada atinge valores mínimos acima de 21 m de distância da fonte de pólen transgênico (ABUD et al., 2004).
A ocorrência de introgressão do gene de tolerância ao glifosato é considerada extremamente improvável no Brasil e demais países da América, por não ser encontrado nemhum parente de soja cultivado, além de ser uma espécie autógama, com taxa de fecundação cruzada em geral menor que 1 %. A probabilidade de transferência da característica de tolerância ao glifosato da soja RR para seus parentes, ou para outras espécies, por fluxo gênico, é muito pequena por não ser encontrada no meio ambiente do Brasil a espécie silvestre G. soja, com a qual a soja cultivada (*Glycine max*) poderia cruzar naturalmente (BORÉM, 2005).
CULTIVO: ALGODÃO RESISTENTE A INSETOS
Para o algodão Bt, não se tem relato do pólen pelo vento, sendo a polinização cruzada realizada por insetos, principalmente por abelhas. De acordo com Freire (2002), a taxa de fecundação cruzada em algodoeiro varia de 0,2 a 97%, sendo de 29,2 a 54% para até 1 (um) metro de distância da fonte doadora de pólen, e praticamente nula a partir de 10 m de distância. Embora o autor comente que 20 m de isolamento possam ser suficientes para evitar fluxo gênico entre cultivares transgênicas e não transgênicas, na Argentina, essa distância é de 500 m, e na Califórnia e nos EUA, recomenda-se uma distância mínima de 1600 m tanto para cultivos tradicionais para evitar mistura de fibras brancas com fibras coloridas quanto para cultivos transgênicos. No Brasil, o MAPA exige isolamento mínimo de 800 m de outra lavoura de algodão ou de 250 m de outras lavouras, permitindo a redução para 100 m, quando existir uma barreira física mais alta entre os dois campos (SIQUEIRA et al., 2004).
Estudos no centro-oeste brasileiro revelaram que as taxas de cruzamentos obtidas no meio das grandes lavouras de algodão transgênico foram sempre baixas, com médias variando entre 3,9% e 4,3%. As taxas de cruzamento em plantios com 10 e 15 m de rua foram de 0% e o fluxo gênico do algodão Bollgard evento 531 para o algodão convencional foi de 0,85% nas bordaduras do algodão geneticamente modificado (CTNBio, Parecer Nº 513/2005)**.**

Quadro A3.1 (cont.) - CONTAMINAÇÃO POR FLUXO GÊNICO
CULTIVO: MILHO RESISTENTE A INSETOS
A possibilidade de disseminação de genes funcionais de plantas de milho transgênico para as de milho convencional é pequena e pode ser facilmente controlada por isolamento espacial entre as plantações e, ainda, por isolamento temporal (semeadura dos campos em momentos diferentes, normalmente, 30 dias de diferença), impedindo a coincidência no florescimento, minimizando ainda mais a probabilidade de ocorrer fluxo gênico. Para manter a pureza genética superior a 99%, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) recomenda a distância de 200 a 300 m entre os campos de sementes (SIQUEIRA et al., 2004).
A contaminação de lavouras de milho crioulo por lavouras de milho transgênico foi denunciada pelo GREENPEACE, devido aos resultados de testes realizados no México: variedades de milho cultivadas em 15 das 22 comunidades do estado mexicano Oaxaca apresentaram vestígios de transgenia, sendo que em 13 comunidades, os níveis de contaminação variaram entre 3 e 10%. Como o México é o centro de origem e diversidade desta cultura, o risco de que a "poluição genética" acabe com a biodiversidade do milho é grande (GUERRANTE, 2003).
Segundo estudo do Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica (IBET) de Portugal, o milho transgênico resistente a pragas pode coexistir com o tradicional na mesma lavoura. A pesquisa está baseada na análise feita sobre a porcentagem de polinização cruzada em três campos semelhantes compostos de um hectare de milho transgênico, cercado de quatro hectares de milho convencional. Os resultados revelaram que o eventual cruzamento com as espécies não-transgênicas nas lavouras sem qualquer tipo de intervalo de tempo ou espaço, variou de acordo com a localização, o clima e o solo, o que resultou, no pior dos três cenários encontrados, com 3,2% de polinização cruzada. E que a presença de 24 linhas de milho não-transgênico intercaladas é suficiente para reduzir a polinização cruzada para 0,85% (abaixo do limite de 0,9%) no caso de campos adjacentes à mesma área (ANBIO, notícias de 26/08/2006)
Realizado estudo de fertilização cruzada entre milho Bt e convencional, em condições reais de coexistência em duas regiões de cultivo destas espécies na Espanha. Em geral, as taxas de fertilização cruzada foram maiores nas bordas e na maioria dos campos, diminuíram em direção ao centro do campo. Os principais fatores que determinaram a polinização cruzada foram a sincronicidade de florescência e a distância entre os campos doadores e receptores. Estabelecendo um índice sobre estas duas variáveis, concluiu-se que uma distância de cerca de 20 metros, seria suficiente para manter a presença indesejável de OGMs abaixo de 0,9% devido ao fluxo de pólen (MESSEGUER et al., 2006)

Quadro A3.1 (cont.) - CONTAMINAÇÃO POR FLUXO GÊNICO
CULTIVO: MILHO RESISTENTE A INSETOS
Encaminhado pelo GRENNPEACE à CTNBio o relatório "Coexistência Impossível", mostrando que a contaminação causada pelo milho transgênico na Espanha causou grandes prejuízos para os agricultores, que não puderam mais vender seu produto com o prêmio pago a produtos convencionais e orgânicos. O relatório traz resultados de testes de laboratório de amostras de campos de milho de 40 propriedades de orgânicos e convencionais, comprovando a contaminação não intencional em quase um quarto dos casos (CORREIO DO POVO – RS/Rural, 08/09/2006).
Documento divulgado pelo PG Economics Ltd., entidade do Reino Unido de consultoria em desenvolvimento rural e agrícola, mostra que milho GM e não-GM podem ser cultivados em coexistência, sem problemas. De acordo com um dos autores do documento, Graham Brookes, as evidências da possibilidade de coexistência das duas alternativas são claras e consistentes. Tudo o que se precisa são quatro linhas com plantas para isolamento, ou distância de separação entre os cultivos (até 12 metros, sendo 6 metros suficientes). Os dados do documento contrastam com as não apropriadas e impraticáveis regras que estão sendo adotadas por alguns países membros da Comunidade Européia, para o caso do milho GM (CIB, 2004).

Quadro A3.2 - CONTAMINAÇÕES DIVERSAS
CULTIVOS E/OU ALIMENTOS DIVERSOS
O relatório "Contamination Report 2005" emitido por Gene Watch UK e Greenpeace International (2006) contém um levantamento de casos de contaminação transgênica, não somente de cultivos não-transgênicos, mas também de alimentos, ração animal e sementes dentre outros casos de plantios e liberações ilegais no mundo, desde 1996 (dados da literatura científica e dados comunicados pelo público em geral). Das 113 ocorrências do registro, 88 são casos de contaminação de cultivos e/ou alimentos não-transgênicos, sendo que mais de 90% estão relacionados aos quatro produtos transgênicos mais cultivados comercialmente comercialmente: milho (35%), soja (23%), canola (18%) e algodão (9%). Outros cultivos citados foram: mamão, batata, arroz, grama, tomate, abobrinha e ameixa.

ANEXO A4 - MUDANÇAS NA DISPONIBILIDADE E NAS CARACTERÍSTICAS DOS ALIMENTOS

Quadro A4.1 - DIVERSIFICAÇÃO E EXPANSÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA
Entre 1996 e 2000, um total acumulado de 15 países, 10 industrializados e 5 em desenvolvimento, contribuiu para o aumento de 25 vezes na área mundial de culturas transgênicas, de 1,7 milhões ha em 1996 a 44,2 milhões ha em 2000. Os quatro principais países que cultivaram a maior parte das culturas transgênicas foram EUA (68% da área global), Argentina (23%), Canadá (7%) e China (1%). Em 2000, a soja tolerante a herbicida era a cultura dominante (59% da área global), seguida do milho resistente a insetos (15%), milho e algodão tolerantes a herbicidas (ambos com 5%), algodão Bt/tolerante a herbicida (4%), e algodão Bt e milho Bt/tolerante a herbicida (ambos com 3%). O Valor de mercado mundial de sementes transgênicas cresceu rapidamente de US$ 1 milhão em 1995 para US$ 156 milhões em 1996 e um valor estimado de US$ 3.044 milhões em 2000 (JAMES, 2000).
Entre 1996 e 2002, a área global de lavouras transgênicas aumentou 35 vezes, atingindo 58,7 milhões ha. Os quatro principais países produtores (EUA, Argentina, Canadá e China) cultivaram 99% da área global. Em 2002, o maior crescimento ocorreu em países em desenvolvimento. A China teve o maior crescimento anual, com 40% de aumento em sua área de algodão transgênico, equivalente a 51% da área total de algodão, e três países cultivaram lavouras transgênicas pela 1ª vez: Índia, Honduras e Colômbia. Os principais cultivos GM foram: soja (62%), milho (21%), algodão (12%), canola (5%). O principal atributo destas culturas foi a tolerância a herbicidas (75% da área global ocupada com soja, milho e algodão). As espécies Bt ocuparam 17% da área global e genes agregados de tolerância a herbicidas e resistência a insetos, desenvolvidos para milho e algodão ocuparam 8%. A área plantada com soja transgênica ultrapassou 50% da área total plantada com soja. Durante 2002, 51% dos 72 milhões ha de soja plantados mundialmente foram de variedades transgênicas (JAMES, 2002).
Entre 1996 e 2003, a área global de lavouras transgênicas cresceu 40 vezes (estimada em 67,7 milhões ha), incluindo uma estimativa conservadora de 3 milhões ha de soja GM do Brasil, oficialmente aprovada para plantio pela primeira vez em 2003. As lavouras transgênicas foram cultivadas em 18 países, sendo que dos seis principais: EUA (63%), Argentina (21%), Canadá (6%), Brasil (4%), China (4%) e África do Sul (1%), os dois últimos foram os que tiveram o maior crescimento. Na África do Sul houve aumento de 84 milhões ha de milho branco para alimentação em 2003. Novos insumos foram introduzidos em 2003 nos EUA: o dual gene Bt (cry1AC e cry1 Ab) em algodão e duas novas características introduzidas no milho: o cry3Bb, para controle dos vermes de raiz, e o cry1Fa2 com maior controle da praga *Lepidoptera* O valor do mercado global das plantações GM foi estimado entre US$ 4,50 bilhões a US$ 4,75 bilhões, representando 15% dos US$ 31 bilhões vindos do mercado global de plantações e 13% dos US$ 30 bilhões do mercado global de sementes. A população dos três países mais populosos da Ásia – China, Índia e Indonésia, das três maiores economias da América Latina – Argentina, Brasil e México, e da maior economia do continente africano – a África do Sul é de aproximadamente 3 bilhões de pessoas (quase a metade da população mundial), grande alvo dos benefícios oferecidos pelas plantações GM (aumento de produtividade, conservação da biodiversidade, agricultura e meio ambiente mais sustentáveis, redução da fome e alívio da pobreza) (JAMES, 2003).

Quadro A4.1 (cont.) - DIVERSIFICAÇÃO E EXPANSÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA
Em 2004, a área global estimada das lavouras GM autorizadas em 17 países (11 em desenvolvimento e 6 industrializados) foi de 81 milhões ha (crescimento de 20% em relação a 2003). De 1996 a 2004, a área global cresceu mais de 47 vezes. Mais de 50 mil ha de lavouras GM foram cultivados em 14 países, sendo nove países em desenvolvimento e cinco industrializados; em ordem de área plantada: EUA (59%), Argentina (20%), Canadá (6%), Brasil (6%), China (5%), Paraguai (2%), Índia (1%), África do Sul (1%), Uruguai, Austrália, Romênia, México, Espanha e Filipinas (<1%). A Índia teve o maior crescimento em 2004, com um aumento de 400% da área de algodão Bt, introduzido há apenas 2 anos, beneficiando 300.000 pequenos agricultores. O Brasil teria plantado 5 milhões ha de soja transgênica em seu segundo ano de plantio, área 66% maior que a do período anterior. Na Argentina, a área cultivada com soja totalizou quase 100% transgênica e no Canadá, a cultivada com canola transgênica totalizou 77%. Em relação aos atributos, a tolerância a herbicidas ainda ocupa o maior percentual – 72%, seguida pela resistência a insetos - 19%. A combinação destes atributos continuou crescendo alcançando 9%. Os percentuais adotados para as quatro principais culturas transgênicas em função da área total ocupada por cada uma delas no mundo foram: soja (56% dos 86 milhões ha), algodão (28% de 32 milhões), canola (19% de 23 milhões) e milho (14% de 140 milhões). Quase 30% da área agregada desses quatro cultivos são GM. O valor do mercado global das plantações GM foi estimado em US$ 4,70 bilhões em 2004. O número de agricultores beneficiados com a biotecnologia agrícola continuou a crescer, atingindo 8,25 milhões. (JAMES, 2004)
Em 2003-2004, os cinco maiores produtores de cultivos transgênicos, responsáveis por 98% da produção de soja, milho, algodão e canola, foram EUA (62,6%), Argentina (20,3%), China (8,9%), Canadá (4,6%) e Brasil (3,6%). Mais outros oito países produziram comercialmente cultivos transgênicos: África do Sul, Uruguai, Austrália, Romênia, México, Espanha, Índia e Filipinas. A tecnologia tem sido difundida por todo mundo – 63 países estiveram envolvidos com o desenvolvimento de diversos cultivos transgênicos (57) em alguma fase. O Canadá foi o país que produziu, aprovou ou testou em campo cultivos transgênicos mais do que qualquer outro país. Nos EUA, foram aprovados os seguintes cultivos transgênicos: soja, milho, algodão, canola, arroz, chicória, papaia, melão, batata, beterraba, tomate, tabaco, squash, flax and linseed (RUNGE; RYAN; 2004).
Um marco histórico o alcançado em 2005, quando 21 países plantaram cultivos GM, 11 em desenvolvimento e 10 industrializados. Os quatro novos países foram: Portugal, França, República Tcheca e Irã, totalizam com a Espanha 5 países da União Européia. A área global atingiu 90 bilhões ha, sendo 9,4 bilhões ha a cultivada pelo Brasil, país que mais aumentou o cultivo de plantas GM em 2005. Os demais países que mais aumentaram as áreas de cultivo foram EUA, Argentina e Índia. O Brasil passou a ser o terceiro país que mais cultiva lavouras transgênicas. Em 2005, o País aderiu ao algodão transgênico pela primeira vez. O arroz Bt foi cultivado pela primeira vez em cerca de 4 mil ha no Irã por centenas de agricultores. Irã e China são os países mais avançados na comercialização de arroz GM. A soja GM continuou a ser o principal cultivo, ocupando 60% da área mundial da lavouras GM, seguida pelo milho (24%), algodão (11%) e canola (5%). A tolerância a herbicidas continuou a ser a característica dominante introduzida, ocupando 71% dos cultivos, seguida pela resistência a insetos (Bt) – 18%. A combinação destas características num mesmo cultivo continuou a crescer alcançando 11% em 2005. Nos EUA, cerca de 20% dos 49,8 milhões ha plantados foram de produtos combinados com 2 ou 3 genes. As plantações de transgênicos aumentaram a receita de 7,7 milhões de agricultores com baixos recursos na China, Índia, África do Sul, Filipinas e sete outos países em desenvolvimento (JAMES, 2006).

Quadro A4.1 (cont.) - DIVERSIFICAÇÃO E EXPANSÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA
Segundo a Confederação Nacional da Agricultura e Agropecuária do Brasil (CNA), o bom desempenho do agronegócio deve-se, principalmente, à expansão da safra de grãos (estimada em 110 milhões de toneladas em 2003, gerando algo em torno de R$ 98 bilhões de renda), ao aumento das exportações agrícolas, à melhoria da produtividade no campo e à recuperação dos preços de algumas comodities, com destaque para soja, arroz e suco de laranja (VOGT, 2003).
A soja é a cultura de maior destaque no agronegócio. A produção mundial de soja cresceu 70% nos últimos 10 anos. Juntos, EUA, Brasil e Argentina produzem 90% da produção mundial de soja (GUERRANTE, 2003). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com uma área plantada de 47,7% do total da área cultivada com grãos, e um volume de produção que corresponde a mais de 44,2% do total de grãos produzidos no Brasil, (CONAB, abr.2005).
O primeiro levantamento de intenção de plantio da safra nacional de grãos 2006-2007 aponta que o Brasil vai colher entre 117,7 e 120,6 bilhões ton. A produção total deverá situar-se entre uma redução de 1,8% (2,2 milhões ton) e um ganho de 0,6% (689,1 mil toneladas), quando comparada com a safra anterior. Estima-se ganho de produção para o algodão, milho total, soja e feijão e perdas para trigo, arroz e outros produtos. O crescimento na produção se destaca mais na soja (53,5 a 55,0 milhões ton), milho (41,9 a 42,9 milhões ton), algodão-caroço (1,9 a 2,0 milhões ton), e algodão em pluma (1,2 a 1,3 milhões ton). Em relação à área plantada é prevista uma redução de 4,3% em relação à safra anterior (CONAB, 5/10/2006).
Segundo estimativa da Agroconsult, cerca de 40% dos 20,5 milhões ha que devem ser cultivados com soja no Brasil em 2006 serão de variedades transgênicas(AGROLINK, 04/10/06).

Quadro A4.2 - MUDANÇAS NAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS
CULTIVO: SOJA TOLERANTE AO HERBICIDA GLIFOSATO
Através da avaliação in vitro da expressão da proteína produzida pelo transgene EPSPS da soja RR, utilizando fluidos gástrico e intestinal simulados e com pré-aquecimento, verificou-se que o nível de alergenicidade é baixo, devido à fácil digestibilidade destas proteínas pelo fluido gástrico empregado e pelo fluido intestinal com o pré-aquecimento. Concluído que o potencial alergênico da soja RR deverá ser extremamente baixo (OKUNUKI et al., 2002)
Em comparação da soja transgênica com a soja convencional na alimentação de porcos, verificou-se que as composições e o valor nutricional são essencialmente equivalentes - não houve diferenças no ganho de peso nem de outras características das carcaças avaliadas (CROMWEEL, G.L. et al, 2002).
Avaliações de linhagens transgênicas de milhos resistentes a insetos (contendo diferentes proteínas inseticidas) e de milho e soja tolerantes a herbicidas (também contendo diferentes proteínas herbicidas), realizadas pela CTNBio para a liberação comercial no Brasil, foram baseadas nas avaliações da equivalência das composições das linhagens transgênicas comparadas com outros materiais de milho e soja. As análises das composições dos grãos e da forragem tiveram como base aspectos bromatológicos, minerais e nutricionais. Os resultados demonstraram que os níveis observados com as linhagens transgênicas foram equivalentes em quantidade e qualidade aos padrões de milho e soja convencionais utilizados, além de estarem dentro dos níveis descritos na literatura para as culturas do milho e da soja. As proteínas recombinantes presentes no milho e na soja foram rapidamente degradadas nas condições presentes no sistema gástrico de seres humanos e não apresentaram propriedades associadas a proteínas alergênicas. Também não apresentaram efeitos tóxicos em camundongos quando administradas em doses elevadas (RECH, 2002).
Em estudo sobre a influência do glifosato e de outros herbicidas no nível das isoflavonas e dos glicosídeos presentes na soja transgênica, verificou-se que os níveis de chiquimato (dá origem às isoflavonas e glicosídeos) foram baixos e não significativamente afetados (DUKE et al., 2003).
Empregados três métodos para se verificar e comparar a alergenicidade de grupos de pacientes alérgicos às proteínas da soja, sendo verificado que o potencial alergênico não é afetado pela presença do transgene (STEN, et al., 2004).
Examinadas células dos testículos de ratos alimentados com soja transgênica após 8, 16, 26, 32, 63 e 87 dias após o nascimento. Os ratos foram gerados por ratas alimentadas com soja transgênica e convencional. A dieta com soja transgênica não resultou em nenhum efeito negativo no desenvolvimento testicular no feto, no pós-nascimento, na puberdade ou em ratos adultos (BRAKE; EVENSON, 2004).
Testes de digestibilidade da proteína produzida pelo gene EPSPS da soja transgênica resistente ao glifosato *in vivo*, *ex vivo* e *in vitro* em ratos foram negativos, concluindo-se que o potencial alergênico da soja transgênica é muito baixo (CHANG et al., 2003).

Quadro A4.2 (cont.) - MUDANÇAS NAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS
CULTIVO: SOJA TOLERANTE AO HERBICIDA GLIFOSATO
Concluída como altamente improvável a alteração das funções digestivas pelo consumo de soja transgênica, uma vez que a quantidade de genes EPSPS não aumentou após a refeição em testes realizados em humanos com refeição contendo grande quantidade desse tipo de soja. Os testes foram realizados com 12 pessoas de aparelho digestivo intacto e com outras 7 que sofreram ileostomia (fezes recolhidas numa bolsa externa), sendo verificado que parte dos transgenes EPSPS subsiste no intestino delgado, desaparecendo apenas no intestino grosso (NETHERWOOD, et al., 2004).
Avaliado o aproveitamento alimentar em ratos sadios na fase de crescimento (recém desmamados - peso inicial médio de 45 g) em comparação com a soja convencional (parental) e caseína (controle) - concentração de 12 g de proteína/100 g de ração. Foi demonstrada semelhança nos parâmetros nutricionais estudados e nos valores de digestibilidade corrigida, coerentes com os valores históricos da leguminosa e com a limitação de seus aminoácidos essenciais. O crescimento dos animais não foi afetado (CINTRA; FINARDI FILHO, 2005).
CULTIVOS: MILHO E ALGODÃO RESISTENTE A INSETOS
Grãos de milho Bt (MON 863, que codifica para a proteína Cry 3Bb1, tóxica para a praga do milho Diabrotica sp) e convencionais não transgênicos foram introduzidos separadamente na dieta de ratos, sendo avaliados: a saúde, o ganho de peso, o consumo alimentar, parâmetros da patologia clínica (hematologia, química do sangue, análise de urina), o peso dos órgãos e a análise microscópica dos tecidos. De acordo com o estudo o milho transgênico avaliado mostrou-se equivalente, tão seguro e nutritivo, quanto o convencional (HAMMOND et al., 2005).
Avaliada a equivalência nutricional e da composição do algodão transgênico Bollgard II (contém os genes que expressam as proteínas Cry1Ac e Cry2Ab2), comparado com variedades de algodão convencional, com relação ao uso na alimentação humana ou animal. Nas análises da composição foram avaliados os aminoácidos, fibra, ácidos graxos, carboidratos, gordura, óleo, aflatoxina, vitamina E, gossipol e minerais, de um total de 14 experimentos de campo nos EUA por dois anos. Os resultados demonstraram que os algodões foram comparáveis em sua composição e os estudos nutricionais com vacas, peixes e codornas mostraram que o algodão Bollgard II possui similaridade em sua composição e características nutricionais equivalente a variedades de algodões convencionais, sendo tão seguro e nutritivo quanto estes para uso alimentar ou na composição na ração dos animais.com o algodão convencional (HAMILTON et al., 2004).
Avaliados caroços de algodão transgênico, tanto o resistente a insetos quanto o tolerante a herbicida, na alimentação de vacas. Foram fornecidos 2,5 kg de caroços por vaca ou cerca de 10% do total da dieta. O DNA genômico foi extraído de amostras de leite e analisado. Nenhuma amostra foi positiva para fragmentos de DNA de plantas ou dos transgenes. A ingestão de matéria seca, produção e composição do leite, peso do corpo e condição corporal não diferiram entre os tratamentos. Os caroços de algodão transgênico produziram performance similar em vacas em lactação quando comparado com o algodão controle (não transgênico) (CASTILLO et al., 2004).

ANEXO A5 - MUDANÇAS SOCIOECONÔMICAS E JURÍDICAS

Quadro A5.1 - DEPENDÊNCIA DO AGRICULTOR EM RELAÇÃO AOS DETENTORES DA TECNOLOGIA.
Em levantamento realizado entre 1996 e 2001, abrangendo Argentina, EUA e o resto do mundo, para avaliar os motivos da ampla adoção da soja transgênica no mundo, concluído que a fraca observação dos direitos de propriedade intelectual privilegiou mais os sojicultores argentinos. Verificado aumento do fator de produtividade total em cerca de 10%, atribuído à baixa elevação do preço das sementes. Observado que a economia foi mais pronunciada para os pequenos agricultores do que para os grandes (QAIM; TRAXLER, 2005)
Negada dependência das multinacionais na venda de glifosato (cerca de nove empresas fornecem o herbicida) (REBELLO, 2005).
A experiência da Argentina com o algodão resistente a insetos fornece uma comparação interessante com o caso da China em termos de efeito dos direitos de propriedade intelectual. A MONSANTO forçou rigorosamente seus direitos de propriedade intelectual sobre o algodão transgênico na Argentina e cobrou preços significantemente maiores do que o da semente de algodão convencional. Como resultado, o algodão transgênico não foi amplamente adotado por ter oferecido baixo retorno aos agricultores, ao contrário da soja resistente a herbicidas que não foi patenteada na Argentina (RANEY, 2006).
Foi constatado o plantio de cultivares de algodão geneticamente modificado com presença da proteína transgênica CP4EPSPS, que confere tolerância ao herbicida glifosato, em 18.025,99 hectares, o equivalente a 11.24% da área total desta cultura fiscalizada e 2,13% da área total cultivada com algodão na safra 2005/2006 (MAPA, 2006).

Quadro A5.2 - ENTRAVES NO DESENVOLVIMENTO E NA COMERCIALIZAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS
Identificados os fatores que influenciam o nível e a distribuição do valor econômico criado por cultivos transgênicos em países em desenvolvimento: capacidade de pesquisa nacional, direitos de propriedade intelectual, capacidade regulatória de segurança ambiental e alimentar, trade regulation and existence of functioning input markets. Como exemplo, o autor refere-se ao sucesso da China em termos de produtividade, de lucro dos agricultores, de equidade e de sustentabilidade com o plantio de algodão transgênico, o qual é atribuído em grande parte ao sistema de pesquisa agrícola pública. Com o desenvolvimento independente de duas variedades resistentes a insetos pode competir diretamente com o algodão transgênico da MONSANTO, o que resultou em preços muito menores na China do que em qualquer lugar e em lucros substancialmente maiores para os agricultores. O autor conclui que os agricultores podem se beneficiar dos cultivos transgênicos, desde que haja nos países capacidade regulatória e de pesquisa nacional, com efetiva gestão dos direitos da propriedade intelectual, e sistemas de suprimento de input, especialmente de sementes (RANEY, 2006).
A Votorantin Novos Negócios (VNN), controladora das empresa de biotecnologia Cana Vialis e Alellyx que desenvolvem pesquisas com cerca de 15 variedades transgênicas e investiu R$ 200 milhões em biotecnologia, aventou a possibilidade de ter que vender suas patentes tecnológicas de cana-de-açúcar transgênica para concorrentes internacionais e atribuiu o motivo à lentidão do governo em regulamentar o uso de produtos geneticamente modificados (Valor Econômico, 28/08/06).
A presidente da ANBio, Leila Oda, atribuiu a dificuldade na aprovação das pesquisas à burocratização imposta pela nova Lei de Biossegurança que gera recursos administrativos que protelam as decisões finais (Valor Econômico, 28/08/06).
A necessidade de rotulagem de sementes e produtos GMs pode acarretar em aumento do preço final do produto, devido ao repasse ao consumidor do aumento dos custos de produção resultante da necessidade de rastreabilidade de cada etapa do processo de produção para verificação da presença de transgenes (GUERRANTE, 2003).
A moratória vivida desde 1998 no Brasil por conta dos entraves jurídicos e burocráticos tem prejudicado as pesquisas brasileiras do setor público e fomentado a ilegalidade no país (ANBIO, 2005)
Em outubro de 2005, a ANBio contabilizou mais de 350 projetos aguardando parecer da CTNBio para serem realizadpos, e mais de 800 de teses de mestrado e de doutorado de universidades públicas brasileiras que foram “abortadas” ou redirecionadas para outras áreas.

Anexo B

Referências Eletrônicas

ARQUIVOS CIENTÍFICOS E MATERIAL DE APOIO

Sistema de Informação em Biossegurança - SIB
http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/StartBIS.htm

Coordenado e administrado pelo Núcleo de Biossegurança da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Fornecimento de informações contextualizadas sobre riscos, abrangendo áreas correlatas, tais como: Bioética, Biotecnologia e Biodiversidade, associando a Biossegurança com questões relacionadas ambientais, tecnológicas, legais entre outras.

Conselho de Informações sobre Biotecnologia – CIB
http://www.cib.org.br

Organização Não Governamental, associação civil, sem fins lucrativos ou qualquer conotação político-partidária e ideológica. Divulgação de informações de base científica atualizadas sobre biotecnologia e suas diversas aplicações, com base em estudos feitos no Brasil e em outros países.

Associação Nacional de Biossegurança - ANBio
http://www.anbio.org.br

Sociedade Científica sem fins lucrativos criada em 1999 para difundir as informação dos avanços da biotecnologia moderna e de seus mecanismos de controle, fundamentais para a incorporação tecnológica e a simultânea preservação da nossa biodiversidade.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
http://www.embrapa.br/

Informações sobre pesquisas desenvolvidas, notícias, eventos, informações sobre as unidades da EMBRAPA no Brasil. O site disponibiliza bibliotecas virtuais nacionais e internacionais, as bases de dados produzidas pela EMBRAPA e dá acesso às seguintes publicações técnico-científicas: Cadernos de Ciência & Tecnologia – CC&T; Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB; Revista de Política Agrícola; Boletins de Pesquisa; Textos para Discussão.

International Project on GMO Environmental Risk Assessment Methodologies - GMO ERA Project
http://www.gmo-guidelines.info/index.html

Disponibilizadas metodologias e ferramentas científicas identificadas para avaliação de risco ambiental (environmental risk assessment - ERA) de plantas transgênicas.

International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications - ISAAA
http:// www.isaaa.org./

Organização norte-americana sem fins lucrativos que disponibiliza fornecer informações e dados para a comunidade científica e a sociedade sobre plantações GM, para facilitar uma discussão mais transparente e informativa a respeito do papel potencial na contribuição para a segurança de alimentos, rações e fibras do mundo e para uma agricultura mais sustentável. Disponibiliza relatórios elaborados anualmente sobre a Situação Global dos Cultivos Transgênicos Comercializados.

National Center for Food and Agricultural Policy
http://www.ncfap.org./

Organização norte-americana sem fins lucrativos que Disponibiliza relatórios sobre impactos da biotecnologia na agricultura dos EUA.

United States Regulatory Agencies Unified Biotecnology Website
http://usbiotechreg.nbii.gov/

Dispõe de informações sobre produtos da agricultura obtidos pela biotecnologia moderna que foram avaliados por uma das agências do governo americano: Departamento da Agricultura (USDA), Agência para a Proteção do Ambiente (EPA) e Food & Drug Administration (FDA).

AgBioForum The Journal of Agrobiotechnology, Management, & Economics
http://www.agbioforum.org

Publicação em linha gratuita com artigos sobre investigações atuais da agricultura transgênica.

Portal Ambiente Brasil
http://www.ambientebrasil.com.br

Portal focado em meio ambiente, como fonte de estímulo à ampliação do conhecimento ambiental. Disponibiliza informações "on line" em constante pesquisa e renovação, dentro de diferentes ambientes, que incluem temas relacionados à: biotecnologia, agropecuária, gestão, unidades de conservação, entre outros.

Biotechnology information resource
http://www.nal.usda.gov

Site da National Agricultural Library (NAL) da United States Departament of Agriculture com infomações referentes à biotecnologia.

Agroonline
http://www.agronline.com.br/

Site que disponibiliza informações sobre a agropecuária com links para sites diversos do setor agropecuário (agrolinks), governamentais, institucionais, de serviços, entre outros.

Agrolink
http://www.agrolink.com.br/

Site com informações especializadas sobre o setor agropecuário.

Sites Governamentais dos Ministérios: MAPA [(1)], MMA [(2)], MCT [(3)]
[(1)] http://www.agricultura.gov.br/, [(2)] http://www.mma.gov.br/, [(3)] http://www.mct.gov.br/.

Disponibilizam informações e notícias ligadas ao tema da pesquisa e possuem links para as instituições a eles ligadas, como por exemplo: CONAB, IBAMA, CTNBio. As informações podem ser encontradas no **Site do Governo Federal**: http://www.brasil.gov.br/.

Demais sites:

Scientific Eletronic Library On Line: http://scielo.br/

Instituto Brasil PNUMA – Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente: http://www.brasilpnuma.org.br/

Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS): http://www.fbds.org.br

Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS): http://www.cebds.org.br

Instituto Socioambiental (ISA): http://www.socioambiental.org/

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): http://www.oecd.org/

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): http://www.fao.org/

Greenpeace: http://www.greenpeace.org.br/

Monsanto: http://www.monsanto.com.br/

Associação Brasileira dos Produtores de Sementes (Abrasem): http://abrasem.com.br/

International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB): http://www.icgeb.org/

Biodiversidad en América Latina: http://biodiversidadla.org/

RELATÓRIOS / LEVANTAMENTOS

Plantas transgênicas na agricultura – Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2003. 40p.
http://www.abc.org.br

Relatório publicado em 2000 pela National Academies Press (EUA). Preparado pela Royal Society of London, pela Academia Nacional de Ciências dos EUA, a Academia de Ciências do Brasil, a Academia de Ciências da China, a Academia Nacional de Ciências da Índia, a Academia de Ciências do México e a Academia de Ciências do Terceiro Mundo. O relatório em inglês (**Transgenic Plants and World Agriculture)** pode ser recuperado em: http://www.royalsoc.ac.uk/document.asp?tip=0&id=1447

Pareceres técnicos sobre registro, cultivo, manipulação, uso, transporte, armazenamento, comercialização, consumo, liberação e descarte de OMGs.
http://www.ctnbio.gov.br/

New genetics, food and agriculture: scientific discoveries-societal dilemmas
http://www.doylefoundation.org/icsu/index.htm

Relatório publicado em junho de 2003 - International Council for Science (ICSU)

Genetically modified plants for food use and human health - an update
http://www.royalsoc.ac.uk/document.asp?tip=1&id=1404

Relatório publicado em 04 de fevereiro de 2002 – The Royal Society (UK).

GM science review – first and second report
http://www.gmsciencedebate.org.uk/report/default.htm

Relatórios publicados em 21 de julho de 2003 e 22 de janeiro de 2004 pelo UK Office of Science Technology.

The State of Food and Agriculture 2003-2004
http://www.fao.org/docrep/006/Y5160E/Y5160E00.HTM

Documento publicado pela Organização para Alimentação e Agricultura (FAO), ligada às Nações Unidas, em Roma, sede da entidade. O texto examina o estado atual das evidências científicas e econômicas referentes ao potencial da biotecnologia agrícola, particularmente da engenharia genética, no sentido de combater a questão da fome nas nações empobrecidas.

GLOSSÁRIO[40]

Abiótico
Sem vida; aplicado às características físicas de um ecossistema. Por exemplo: elementos minerais, a umidade, a radiação solar e os gases.
Ácido nucléico
Macromolécula constituída por nucleotídeos polimerizados. É encontrada em duas formas: DNA e RNA, as quais podem ser constituídas por uma única cadeia (fita) ou por duas, de conformação linear ou circular. O genoma de alguns vírus é constituído por RNA ou DNA.
Adensamento
Plantação ou semeadura de essências florestais ou frutíferas no subosque. Exemplo: adensamento de palmito, de erva-mate, etc.
Agricultura Orgânica
Cultivo agrícola sem uso de agentes químicos sintéticos.
Agricultura Sustentável
Método agrícola que incorpora técnicas de conservação do solo e de energia, manejo integrado de pragas e consumo mínimo de recursos ambientais e insumos, para evitar a degradação do ambiente e assegurar a qualidade dos alimentos produzidos.
Agroquímicos
Agentes químicos sintéticos usados na agricultura.
Agrobacterium
Gênero de bactérias gram-negativas encontradas em solos temperados.
Agrotóxico
Substância química, geralmente artificial, destinada a combater as pragas da lavoura, tais como insetos, fungos, etc. Muitas são danosas aos animais e também ao homem.
Alergênico
Aquele que provoca uma resposta imune. Normalmente, são proteínas. Alguns alimentos são notadamente portadores de substâncias alergênicas, como leite, ovos, crustáceos, mariscos e algumas castanhas.
Bacillus thuringiensis
Espécie de bactéria entomopatogênica capaz de sintetizar estruturas glicoprotéicas sólidas denominadas cristais de toxina, ou toxina Bt. Estas toxinas são altamente tóxicas para os insetos que as ingerem. Pelo fato de a toxina ser codificada por um único gene, a técnica moderna de DNA recombinante pode ser usada para isolá-lo e transferi-lo para o genoma da planta de interesse de modo que suas células passem a expressar a toxina Bt na planta.
Bactérias
Microrganismos unicelulares procariotas, pertencente ao Reino *Monera*, geralmente sem clorofila, e que utiliza alimentos solúveis, normalmente orgânicos, apesar de algumas bactérias serem quimiossintetizantes, e outras fotossintetizantes. Apresentam ampla distribuição na natureza, sendo que algumas bactérias formam esporos resistentes, que podem ficar inativos em condições desfavoráveis do meio ambiente, e serem reativadas com o retorno de condições mais favoráveis.
Biodiversidade
Total de genes, espécies e ecossistemas de uma região. Termo representativo para designar a riqueza e a diversidade das espécies vivas sobre a terra.
Bioma
Conjunto de vida (vegetal e animal) definida pelo agrupamento de tipos de vegetação

[40] Fontes: Borém e Vieira, 2005; IBGE, 2004; http://www.ambientebrasil.com.br/; http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br.

contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, resultando em uma diversidade biológica própria.

Biota

Denominação utilizada para o conjunto da fauna e flora de uma determinada região.

Cultivar

Variedade de planta utilizada na agricultura: variedade cultivada, melhorada e mais homogênea; essas características são obtidas por força da seleção do homem.

Cultivo mínimo

Prática de plantio que leva em consideração o menor número possível de intervenções no solo.

Cultura

Espécie vegetal cultivada para uso.

Célula-tronco

Célula embrionária que tem potencial para originar células diferenciadas, inclusive células germinativas, por ser pluripotente.

Desenvolvimento sustentável

Desenvolvimento que permite atender às necessidades da geração atual sem comprometer o direito das futuras gerações de atenderem suas próprias necessidades.

Desmatamento/desflorestamento

(1) Prática de corte, capina ou queimada que leva à retirada da cobertura vegetal existente em determinada área, para fins de pecuária, agricultura ou expansão urbana. (2) Destruição, corte e abate indiscriminado de matas e florestas, para comercialização de madeira, utilização dos terrenos para agricultura, pecuária, urbanização, qualquer obra ou atividade econômica ou obra de engenharia.

DNA

Sigla inglesa do ácido deoxirribonucléico. Ácido orgânico composto de desoxirribonucleotídeos de adenina, guanina, citosina e timina. Material genético da maioria dos organismos vivos. No seu estado nativo, o DNA é uma dupla hélice de duas fitas antiparalelas unidas por pontes de H entre purinas e pirimidinas complementares.

Ecossistema

Unidade ecológica formada pelo meio ambiente e pelos organismos vivos que o habitam.

Edafoclimático

Condição ambiental relativa a solo e clima.

Efeito pleiotrópico

Condição em que um único gene afeta mais que uma característica.

Efeito estufa

Capacidade que a atmosfera da Terra apresenta de reter parte da radiação térmica emitida pela superfície do planeta. O efeito estufa garante temperaturas mais altas na superfície da Terra, e minimiza as variações diárias e estacionais de temperatura. Sem este fenômeno a temperatura do planeta seria bem mais baixa. Entre os gases responsáveis por esse efeito estão o CO_2, o CH_4 e o vapor d'água. Embora seja um fenômeno natural, a ação do homem pode intensificá-lo, promovendo um aumento significativo da temperatura na superfície do planeta. A interferência do homem neste fenômeno se dá, principalmente, pela queima de combustíveis fósseis e de florestas (biomassa), com o lançamento na atmosfera de grandes quantidades de CO_2.

Enzima de restrição
Classe de enzimas microbianas que clivam o DNA após reconhecer uma seqüência específica. O mesmo que endonuclease de restrição. Podem encontrar poucos sítios (de corte raro) ou clivar todo o genoma (corte freqüente).
Epistasia
Ação entre alelos de dois ou mais locos que resulta em um fenótipo. O mesmo que interação gênica. Efeitos epistáticos na manifestação de um caráter complexo são estimados por metodologias apropriadas.
Equivalência substancial
Conceito segundo o qual não há diferença básica entre alimentos transgênicos e não-transgênicos do ponto de vista da sua segurança para o consumo humano.
Erosão
Processo de desgaste do solo, causado pela chuva ou vento, em conseqüência de práticas impróprias de manejo do mesmo.

Escherichia coli
Bactéria comensal que habita o cólon de muitas espécies animais, inclusive o homem. É usada na rotina dos laboratórios de genética e biologia molecular para clonagem de DNA e expressão de genes. Em estudos ambientais, sua presença é um indicador de poluição da água devido à presença de esgoto humano.
Espécie
Grupo de indivíduos que se cruzam e reproduzem entre si de forma espontânea na natureza produzindo descendentes férteis. Existem casos em que podem ocorrer cruzamentos entre indivíduos de uma espécie com indivíduos de espécies parentes. Uma espécie pode ser subdividida em populações diferenciadas, como variedades, raças ou cepas.
Gene
Porção do DNA que contém a informação necessária para a realização de uma característica genética específica. Unidades biológicas que definem características específicas de cada indivíduo.
Gene marcador
Gene que permite detectar células que carregam DNA recombinante, através da expressão de um fenótipo facilmente identificável, como, por exemplo, a resistência a determinado antibiótico.
Gene repórter
Gene cuja proteína é facilmente identificada. É utilizado no estudo de seqüências de DNA que regulam a expressão gênica em determinado tecido.
Hectare
Medida agrária que corresponde a 10.000 m2.
Herbicida
Susbstância química (veneno) empregada na agricultura para extirpar ervas daninhas.
Híbrido
Indivíduo resultante do cruzamento de dois organismos geneticamente diferentes, mas pertencentes ao mesmo gênero. Os híbridos são, em gerais, estéreis.
Holismo, Holístico
Teoria filosófica, aplicada às ciências ambientais, para a compreensão das relações entre os componentes do meio ambiente, pela qual seus elementos vivos (todos os organismos, inclusive os homens) e não vivos interagem como um todo, de acordo com leis físicas e biológicas bem definidas. Neste sentido, holístico significa total, abrangente, que considera as inter-relações de todos os componentes do meio ambiente.

Melhoramento genético
(1) técnica utilizada para modificar o padrão genético de um organismo com a finalidade de torná-lo mais adequado ao uso, possibilitando uma produção mais econômica e o aumento do rendimento e da resistência ao ataque de outros organismos. (2) envolve a melhoria dos cultivos agrícolas através de vários métodos desenvolvidos em função dos avanços da Genética, como seleção, hibridação, indução artificial de mutações e outros. Tais métodos de melhoramento genético são genericamente denominados de convencionais ou clássicos.

Nucleotídeo
Constituinte elemental dos ácidos nuclêicos (DNA e RNA). É composto por quatro bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e tiamina), de um fosfato e de um açúcar. A sequência de nucleotídeos constitui o código genético de um organismo.

Plantas daninhas
O mesmo que ervas invasoras; qualquer espécie vegetal, nativa ou introduzida, que cresce em local e momento inadequados, e que compete por água, luz e nutrientes com a cultura principal.

Plantio direto
Tecnologia de plantio que consiste em plantar as espécies sem fazer o revolvimento ou preparo do solo com utilização de máquinas pesadas, efetuando rotação de culturas e mantendo cobertura morta ou palha para proteção do solo contra erosão e perda de nutrientes. Os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo constituem hoje uma tendência geral para todas as áreas agrícolas, agropecuárias e florestais, uma vez que representam uma substancial redução de custos e uma alternativa benéfica no que se refere à preservação e recuperação de ambientes.

Pragas e doenças
Organismos vivos (em geral, insetos, fungos, bactérias e vírus) que, ao utilizarem as plantas como fonte de alimento ou como hospedeiras, alteram o seu ritmo normal de crescimento e desenvolvimento em grau suficiente, causando danos econômicos às plantações florestais.

Resistência
Capacidade de um ser vivo de resistir contra a agressão de outros seres vivos patogênicos (causadores de doença), predadores, ou condições ambientais desfavoráveis. Atualmente, cerca de 65% das plantas transgênicas são resistentes a herbicidas ou pesticidas.

Rotação de culturas
(1) técnica que utiliza o mesmo espaço físico para cultivar espécies diferentes de plantas em período de tempo alternado, observado um período mínimo sem o cultivo desta espécie na mesma área. (2) alteração da espécie a ser cultivada no ciclo seguinte ao da lavoura atual.

RNA
Sigla inglesa do ácido ribonucléico. ácido orgânico composto de ribonucleotídeos de adenina, guanina, citosina e uracila. Material genético de certos vírus. Moléculas derivadas da transcrição do DNA e que participam da biossíntese de proteínas, i.e., RNA ribossômico (RNAr) mensageiro (RNAm) e transportador (RNAt). Precursor, em termos evolutivos, do ácido desoxirribonucléico.

Tecnologia do DNA recombinante
Conjunto de técnicas utilizadas para manipular ácidos nucléicos, gerando moléculas recombinantes, ou seja, quiméricas. O mesmo que engenharia genética.

Vírus
Organismos microscópicos que podem causar inúmeras doenças aos animais e às plantas.