

FERNANDO LUIZ SOBREIRA

CNPJ 17080079/0001-06
Fundação Fedeção Estadual Carlos
Rua Mons. José Augusto, 203
São José - CEP 36205-018
BARBACENA - MG

**OS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS: INCÓGNITA
PARA A CIÊNCIA**

Juiz de Fora/MG
2003

BIBLIOTECA
SRA. VERA T. DE ANDRADE
UNIPAC - Tecnológica

FERNANDO LUIZ SOBREIRA

**OS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS: INCÓGNITA
PARA A CIÊNCIA**

Monografia submetida à Universidade
Presidente Antônio Carlos-UNIPAC, como
requisito parcial à obtenção do título de
Graduado no Curso de Tecnologia de Meio
Ambiente.

Juiz de Fora/MG
Setembro, 2003

BIBLIOTECA
SRA. VERA T. DE ANDRADE
UNIPAC - Tecnologia

AGRADECIMENTOS

*Aos professores do curso,
... "O mestre que caminha à sombra do tempo,
rodeado de discípulos, não dá de sua
sabedoria, mas sim, de sua fé e de sua ternura.
Se ele for verdadeiramente sábio, não vos
convidareis a entrar na mansão de seu saber,
mas antes vos convidará ao limiar de sua
própria mente".*

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, com amor e reconhecimento, à minha família..

ii

BIBLIOTECA
SRA. VERA T. DE ANDRADE
UNIPAC - Tecnológica

RESUMO

A pesquisa aborda sobre as várias controvérsias sobre os alimentos transgênicos e quanto sua segurança de uso no meio ambiente e à saúde humana. Hoje, eles podem reduzir os custos de produtores e trazer mais lucros para a indústria de sementes. Porém, o consumidor não tem benefício direto. Mas já está em processo de desenvolvimento uma segunda geração, que apresenta plantas mais nutritivas ou com características consideradas benéficas. É uma nova revolução agrícola que está em marcha, e desta vez é ruidosa. Ao aliar as mais avançadas técnicas de manipulação genética aos métodos tradicionais de plantio, a biotecnologia consegue criar espécies de plantas resistentes a pesticidas, alimentos mais nutritivos e grãos mais produtivos. E a Prática Pedagógica através dos vários conteúdos e mais especialmente da Biologia e da Ética têm o papel de instalar uma constante atitude crítica, de reconhecimento dos limites e possibilidades dos sujeitos e das circunstâncias, de problematização das ações e relações e dos valores e regras que os norteiam. Proporcionar o desenvolvimento de sua autonomia, entendida como capacidade de posicionar-se diante da realidade, fazendo escolhas, estabelecendo critérios, participando da gestão de ações coletivas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
1. OS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS.....	7
1.1. A Situação no Mundo e no Brasil.....	10
2. DESAFIOS DA TRANSGENIA EM PLANTAS NO BRASIL.....	13
2.1. Biossegurança.....	15
2.2. Determinação de Risco.....	16
2.3. Riscos à saúde humana.....	16
2.4. Riscos ao meio ambiente.....	19
2.5. Conflitos.....	28
2.6. CTNBio: necessidade de seriedade e transparência nas decisões.....	29
2.7. Situação Internacional.....	32
2.8. Impactos econômicos para os agricultores.....	33
2.9. Desafios.....	35
3. O CAMPO DE AÇÃO DA BIOÉTICA E A PRÁTICA EDUCATIVA.....	37
CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

INTRODUÇÃO

O século XX marca o final de um milênio. Este último século foi palco de mudanças profundas na área social, científica e política. A humanidade vivencia novas situações, problemas, indefinições e soluções em diversos setores da vida.

Uma das preocupações da Engenharia Genética é sobre os alimentos transgênicos. O cultivo de plantas transgênicas e o consumo humano e animal dos produtos derivados destas plantas é um evento recente, revestindo-se de interesses, impactos e conflitos múltiplos, constituindo-se num dos temas que predominam as discussões científicas, éticas, econômicas e políticas neste final de século.

Há hoje uma discussão mundial sobre impactos dos organismos geneticamente modificados (OGMs) na saúde humana e animal, no meio ambiente e sobre uma possível reformulação nos modelos de exploração agrícola em vigência no mundo.

Considerando a abrangência multidisciplinar do assunto a presente pesquisa procura abordar e aprofundar alguns dos aspectos mais relevantes sobre o tema. Afirma-se que, para a espécie humana um dos riscos está associado com a possibilidade de ocorrência de eventos não esperados. Por outro lado, estudos recentes mostram que a transferência horizontal de genes é bem mais freqüente do que se admitia até pouco tempo, determinando a necessidade de estudos mais profundos e multidisciplinares para aferição da magnitude dos impactos e riscos.

Objetivando aprofundar os conhecimentos sobre o tema proposto e responder ao postulado: **Como desenvolver uma postura ética frente aos desafios das inovações das Ciências e suas Tecnologias?**

Para tal, usou-se de uma pesquisa de **revisão bibliográfica**. Iniciando com informações sobre os alimentos transgênicos e levantamentos de várias pesquisas quanto aos desafios da transgenia nas plantas. Seguindo a pesquisa tratando do Campo da Bioética e a prática educativa que deve orientar a conscientização quanto ao tema dentro do espaço escolar, mas na sociedade como um todo.

1. OS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS

Alimentos transgênicos são os derivados de plantas e animais cujos genes foram alterados em laboratórios. As alterações podem ser de vários tipos. Uma planta transgênica, por exemplo, pode ter genes de outra espécie inseridos, como é o caso da soja Roudup Ready.

A primeira planta transgênica foi um tabaco resistente a antibióticos criado em 1983 nos EUA. Porém, o primeiro transgênico só chegou às prateleiras dos supermercados em 1993, nos EUA: um tomate que demora mais para amadurecer. Hoje, estima-se que 90% dos alimentos vendidos nos EUA sejam transgênicos.

O homem vem modificando plantas e animais há milhares de anos. Isso tem sido feito por meio de cruzamentos planejados que favorecem as características que se deseja obter. A Engenharia Genética, no entanto, é mais específica e permite obter seres vivos sob encomenda. O DNA é modificado num ponto específico e se pode inclusive incluir características genéticas de outras espécies, rompendo barreiras naturais.

As principais culturas transgênicas são: Soja, milho, trigo, canola, batata e algodão. Mas também já foram plantados flores, frutas, legumes e verduras geneticamente modificados.

Os genes "estrangeiros" são inseridos de várias formas. Uma delas é com uma espécie de microcanhão que bombardeia células da planta que se deseja modificar com o DNA que se planeja introduzir. Outros métodos usam vírus e bactérias para introduzir o DNA estrangeiro.

A pesquisadora Luciana Christante de Mello, da Unicamp, trata da Polêmica sobre os Alimentos Transgênicos lembrando de estudos científicos passados.

Em 1778, um cientista inglês chamado Edward Jenner foi duramente criticado pela sociedade e pela comunidade científica de sua época por causa de sua nova descoberta. Passaram-se sessenta anos até que a vacina contra a varíola tivesse maior aceitação popular. Hoje a varíola não é mais uma ameaça porque foi banida da face da Terra graças à vacina de Jenner. O brasileiro Oswaldo Cruz passou por situação semelhante quando iniciou a campanha contra a febre amarela no início do século, encontrando uma grande resistência contra a vacinação, uma tecnologia desconhecida dos brasileiros de então. Houve até um movimento popular para impedir a vacinação que ficou conhecido como a "Revolta da Vacina". Mas a história foi esquecida e paradoxalmente, com o ressurgimento da febre amarela, em sua versão silvestre, o movimento nos postos de saúde tem aumentado bastante por causa de pessoas que procuram se vacinar.

A introdução dos alimentos transgênicos no mercado brasileiro tem provocado um acalorado debate na sociedade. A tecnologia dos transgênicos, possível graças aos avanços da Engenharia Genética a partir da década de 70, provoca medo e insegurança porque traz para a nossa vida cotidiana, um novo paradigma científico - a manipulação do DNA. É na molécula de DNA que está contida a base primária da vida, ou seja, as instruções que comandam todas as funções das células.

Os primeiros experimentos genéticos foram realizados em 1860 pelo monge austríaco Gregor Mendel. Ele promovia o cruzamento de tipos diversos de ervilhas e observava como as características de cada planta eram herdadas pelas gerações seguintes. Embora Mendel não tenha nem chegado perto do DNA, seus trabalhos foram cruciais para o desenvolvimento de uma nova área da biologia; e muito embora o mundo científico só tenha

reconhecido isso muitos anos após a sua morte, seus trabalhos com ervilhas alicerçaram o que hoje conhecemos como Biotecnologia.

Em 1962, o americano James Watson e o inglês Francis Crick receberam o Prêmio Nobel de Medicina pela descoberta da molécula de DNA. Watson chegou a preconizar que *"os mistérios da vida estarão sob o controle das futuras gerações dependendo da rapidez com que os segredos do DNA forem elucidados"*. Quarenta anos depois, Watson e Crick estão vivos para ver como a ciência avançou nessa área, manipulando genes, transferindo-os de uma espécie para outra e até clonando animais inteiros, como a ovelha Dolly.

As técnicas de clonagem molecular já vem sendo usadas comercialmente há vários anos. A primeira aplicação comercial ocorreu com a produção de insulina humana para o tratamento do diabetes. Antigamente, os diabéticos utilizavam insulina de origem suína, o que podia provocar reações de rejeição pelo organismo porque a insulina humana e a suína são muito parecidas mas não exatamente iguais. Atualmente, a insulina para diabéticos é fabricada por bactérias. O gene que produz a insulina humana foi clonado, ou seja, isolado e transferido para uma bactéria. As bactérias crescem e se multiplicam em tanques de fermentação, produzindo insulina humana em grandes quantidades.

A pesquisadora continua argumentando que talvez seja na agricultura que a Biotecnologia está sendo mais utilizada. Na agricultura, as espécies vegetais são cultivadas em condições que estão muito longe do que se poderia chamar de *'natural'*. Decorre disso que entre os problemas mais comumente enfrentados está o ataque de pragas e insetos, que encontram nos campos agrícolas a ausência de predadores e abundância de alimento. Através de técnicas de melhoramento genético (cruzamento de variedades de plantas, algo parecido com o que Mendel fazia) a agricultura já evoluiu muito e conseguiu selecionar espécies mais resistentes e mais produtivas. Mas ainda assim, atualmente se gasta muito em herbicidas e

inseticidas nas lavouras, produtos na maioria das vezes tóxicos e cujos resíduos permanecem nos alimentos que estamos consumindo diariamente.

A polêmica sobre os transgênicos se tornou intensa depois que a indústria agrícola começou a utilizar técnicas de biologia molecular, introduzindo ou eliminando genes, para produzir plantas mais resistentes às pragas e aos insetos. Essas plantas fazem parte de nossa dieta alimentar (como a soja, o milho, a cana-de-açúcar etc). Em outras palavras, o problema chegou até o nosso prato de comida e isso levanta uma série de questões éticas e de possibilidades de riscos à saúde do consumidor e ao meio ambiente, já que esses alimentos são um construto humano, não ocorrendo de forma espontânea na natureza.

Se por um lado não há muitas evidências dos malefícios que os transgênicos podem trazer à saúde e ao ambiente, por outro, considera-se que essas questões não tenham sido exaustivamente estudadas até então. Pode ser que os alimentos transgênicos sejam completamente inócuos, mas para saber será preciso testá-los. Pode ser que daqui há muitos anos nos lembremos dos transgênicos da mesma maneira como lembramos hoje das vacinas de Jenner e Oswaldo Cruz. Mas apesar de pouco provável, nada nos garante que a história seja outra, talvez mais parecida com àquela da talidomida ou da energia nuclear, que pelos danos que causaram, tornaram-se inesquecíveis.

1.1. A SITUAÇÃO NO MUNDO E NO BRASIL

A pesquisadora da Unicamp afirma que os campos agrícolas de experimentos com transgênicos já existem desde 1986. Até 1997, cerca de 25.000 experimentos foram conduzidos em 45 países (o Brasil não consta nessa lista). A partir de 1997, a liberação de pelo menos 48 transgênicos para comercialização foi autorizada nos EUA, China, Canadá, Austrália e México.

No Brasil, a polêmica começou depois que a Monsanto (uma grande empresa multinacional do ramo de sementes) decidiu colocar no mercado brasileiro o seu novo produto, uma semente de soja transgênica (*Roundup Ready*), na qual foi incorporado um gene que lhe confere resistência ao herbicida utilizado na lavoura (glifosate). Os herbicidas são utilizados para atacar as ervas daninhas que comprometem o desenvolvimento da planta, entretanto acabam por prejudicar a própria planta, no caso a soja. Com uma nova soja resistente ao herbicida, esse problema não existe e a produção pode aumentar.

Para a regulamentação desse novo produto no mercado agrícola, o governo brasileiro criou, através de um decreto em 1995, uma Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, a CTNBio.

A CTNBio é formada por representantes do Ministério da Ciência e Tecnologia, Saúde, Agricultura, Meio Ambiente, das Relações Exteriores, Órgãos de Defesa do Consumidor, Órgãos da Saúde do Trabalhador e do Setor Empresarial de Biotecnologia.

A função da CTNBio é a de se manifestar sobre a biossegurança e seu parecer é apreciado pelos órgãos do governo que podem ou não conferir a autorização final.

Ao analisar o pedido de uso em escala comercial da soja Roundup Ready da Monsanto e após examinar exaustivamente uma grande quantidade de resultados de pesquisas nacionais e internacionais, a CTNBio elaborou um parecer técnico conclusivo de que não há evidências de risco ambiental ou de risco à saúde humana ou animal decorrentes do uso da soja geneticamente modificada. Mas estabeleceu como precaução adicional que os plantios comerciais devem ser monitorados por 5 anos, analisando eventuais ocorrências, embora não previsíveis.

Apesar do parecer favorável, a CTNBio ainda não normatizou completamente esse tema, pois ainda falta estabelecer regras sobre segurança alimentar, rotulagem e comercialização. A oposição aos transgênicos, entre os quais estão o Instituto de Defesa do

Consumidor (Idec), argumenta que essa pressa pela regulamentação é injustificável e fere direitos básicos previstos pelo Código de Defesa do Consumidor.

O plantio em escala comercial da soja Roundup Ready foi autorizado em maio de 1999 pelo Serviço Nacional de Registro de Cultivares. O Idec, ao qual veio se juntar posteriormente o Greenpeace e o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) entraram com uma medida cautelar na Justiça Federal alegando que a CTNBio deve exigir o Relatório de Impacto Ambiental e elaborar as normas sobre segurança alimentar e rotulagem. Em agosto de 1999, a justiça sentenciou favoravelmente à ação do Idec. O juiz ainda intimou os ministérios da Agricultura, Ciência e Tecnologia, Meio Ambiente e Saúde a não expedirem qualquer autorização antes de serem cumpridas as determinações judiciais.

Enquanto o caso da soja Roundup Ready tramita na justiça, outras empresas solicitam pedidos de liberação à CTNBio. Existem atualmente um pedido de liberação comercial (do milho transgênico resistente a lagartas, da Monsanto) e 25 pedidos de liberação planejada (ou seja para experimentos) de diversas empresas nacionais e transnacionais, como a Pioneer Seeds (milho), a Novartis (milho), Hoescht Schering (arroz), Agroceres (milho), Monsanto (milho e soja) e Embrapa (soja e mamão). manifestar sua opinião (desde que justificadas) sobre esses processos em andamento.

2. DESAFIOS DA TRANSGENIA EM PLANTAS NO BRASIL

Os pesquisadores NODARI & GUERRA apresentaram no simpósio Ciência e Estado da Arte dos Organismos Transgênicos informações importantes quanto ao cultivo de plantas transgênicas e o consumo humano e animal dos produtos derivados destas plantas. Este simpósio foi um evento recente (1999), revestindo-se de interesses, impactos e conflitos múltiplos, constituindo-se num dos temas que predominam as discussões científicas, éticas, econômicas e políticas no final do século.

Há hoje uma discussão mundial sobre impactos dos organismos geneticamente modificados (OGMs) na saúde humana e animal, no meio ambiente e sobre uma possível reformulação nos modelos de exploração agrícola em vigência no mundo.

Considerando a abrangência multidisciplinar do assunto o presente documento procura abordar e aprofundar alguns dos aspectos mais relevantes sobre o tema. Afirma-se que, para a espécie humana um dos riscos está associado com a possibilidade de ocorrência de eventos não esperados. Por outro lado, estudos recentes mostram que a transferência horizontal de genes é bem mais freqüente do que se admitia até pouco tempo, determinando a necessidade de estudos mais profundos e multidisciplinares para aferição da magnitude dos impactos e riscos.

As plantas transgênicas e os alimentos derivados destas plantas têm tido uma aceitação ampla nos EUA. Na Europa, contudo, observa-se uma crescente rejeição a estes produtos. No Brasil, a liberação para o cultivo da soja transgênica e a posterior

decisão judicial de suspensão temporária desta liberação, por uma ação impetrada pelo IDEC e o GREENPEACE acirrou a discussão em todos os setores da sociedade. Por isto, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) passa a assumir importância fundamental no que tange aos cuidados necessários para a análise e liberação de plantas geneticamente modificadas. A verdade atual é a falta de dados científicos que possam permitir uma avaliação conclusiva para esta liberação.

Além disso, vários conflitos comerciais e de direitos individuais já estão surgindo em decorrência do cultivo de plantas transgênicas. Está previsto também no artigo 19 da Convenção sobre a Diversidade Biológica, a existência de um protocolo internacional sobre os OGMs, que ainda não foi devidamente acordado. Em nível nacional, está também em discussão o aperfeiçoamento do arcabouço legal sobre o assunto como condição importante para proporcionar clareza e eficácia do sistema de avaliação e gestão dos OGMs.

Paralelamente ao desenvolvimento de OGMs, empresas transnacionais adquiriram empresas produtoras de sementes agrícolas. Atualmente, aproximadamente 90% das sementes de milho no Brasil são produzidos por estas empresas. Assim como ocorreu com o milho em breve a produção de sementes de soja, algodão e arroz estará também fora do controle nacional. Estarão as empresas nacionais preparadas para esta competição?

A transgenia é uma estratégia de extraordinário alcance que pode contribuir de forma significativa para o melhoramento genético de plantas na produção de alimentos, fibras e óleos, como também para a produção de fármacos e produtos industriais. A competência de desenvolver novas variedades ou produtos alimentícios é altamente dependente de recursos humanos qualificados, de investimentos substanciais no sistema de

C&T, do domínio do conhecimento científico e da disponibilidade de germoplasma. Requer, sobretudo, enfoque interdisciplinar.

Desta forma, há uma série de desafios a serem superados para que se possa usufruir os benefícios decorrentes do uso das biotecnologias modernas. A pertinência do uso destas tecnologias é dependente de inúmeros fatores, o que proporciona alta complexidade na sua definição. O próprio exercício da discussão da implantação de uma tecnologia por parte da sociedade, como está ocorrendo pela primeira vez na história do país, se constitui no maior desafio.

Afirma-se com freqüência que o insumo mais importante para o novo milênio é o conhecimento. Contudo, os recursos genéticos terão papel menos importante. As tecnologias decorrentes deste conhecimento poderão acentuar assimetrias nas relações econômicas entre as nações, caso não forem estabelecidos mecanismos compensatórios e regulatórios.

2.1. BIOSSEGURANÇA

NODARI & GUERRA definiu Biossegurança na visão da FAO: *“o uso sadio e sustentável em termos de meio ambiente de produtos biotecnológicos e aplicações para a saúde humana, biodiversidade e sustentabilidade ambiental, como suporte ao aumento da segurança alimentar global”*. Desta forma, normas adequadas de biossegurança, análise de riscos de produtos biotecnológicos, mecanismos e instrumentos de monitoramento e rastreabilidade são necessários para assegurar que não haverá danos à saúde humana e efeitos danosos ao meio ambiente.

E isto se constitui num grande desafio, pois até o advento dos OGMs nenhuma nova cultura passava por testes extensivos e rigorosos como os transgênicos. Os

testes a serem realizados, os protocolos mais apropriados, os termos de referência, os instrumentos mais adequados ainda estão sendo desenvolvidos e discutidos.

2.2. DETERMINAÇÃO DE RISCO

O melhoramento genético clássico pode ser considerado uma forma de biotecnologia, empregada há milênios para diversos propósitos, incluindo a introdução de microrganismos e novas variedades de plantas no ambiente. A precisão e o poder de manipulação dos organismos vivos aumentou consideravelmente nesta última década com o avanço da genética molecular. A ameaça à diversidade biológica decorre da liberação de um OGM devido as propriedades do transgene ou de sua transferência e expressão em outras espécies. A adição de um novo genótipo numa comunidade de plantas pode proporcionar vários efeitos indesejáveis, como o deslocamento ou eliminação de espécies não domesticadas, a exposição de espécies a novos patógenos ou agentes tóxicos, a poluição genética, a erosão da diversidade genética e a interrupção da reciclagem de nutrientes e energia. A principal ameaça a espécie humana decorre de possíveis efeitos provocados pelo consumo de alimentos oriundos de plantas transgênicas.

Para NODARI & GUERRA "*risco é tecnicamente a probabilidade de um evento danoso multiplicado pelo dano causado*". Então, se o dano é grande, mesmo uma baixa probabilidade pode significar um risco inaceitável. Portanto, o impacto de um transgene no ambiente e na saúde humana deve ser criteriosamente avaliado.

2.3. RISCOS À SAÚDE HUMANA

A maioria das plantas transgênicas desta primeira geração de OGMs contém genes de resistência a antibióticos, cuja função é possibilitar a seleção das células

transformadas. O que os genes de resistência a antibióticos tem a ver com a saúde humana? HO et al. apud NODARI & GUERRA, 1999, argumentam que nos últimos 20 anos, mais de 30 novas doenças ocorreram na espécie humana (AIDS, ebola e hepatites, entre outras). Além disso, houve o ressurgimento de doenças como a tuberculose, malária, cólera e difteria com muito mais agressividade por parte dos microrganismos patogênicos. Paralelamente, houve um decréscimo na eficiência dos antibióticos. Nos anos 40, um antibiótico tinha uma vida útil de 15 anos. Nos anos 80, a vida útil passou para cinco anos, ou seja três vezes menos. Os estudos comprovam de que tanto a recombinação como a transferência horizontal entre bactérias acelerou a disseminação de regiões genômicas destes organismos causadores de doenças, bem como a disseminação de genes de resistência a antibióticos). É bem conhecido o exemplo da estreptomicina em suínos. Após um ano de aplicação aos animais (1983), genes de resistência a estreptomicina estavam presentes nos plasmídeos de bactérias que viviam na garganta e estômago dos suínos. Um ano mais tarde, bactérias humanas dos familiares que lidavam com estes animais também apresentaram resistência a estreptomicina. Esta é uma prova inequívoca de transferência lateral de genes entre bactérias. Em 1990, este antibiótico foi retirado de circulação.

Embora a frequência de transformação e, conseqüentemente, a transferência horizontal em bactérias é extremamente baixa, os genes de resistência a antibióticos inseridos em plantas transgênicas, poderão ser transferidos para bactérias humanas, o que se constitui num risco a ser considerado. Tem sido sugerido o desenvolvimento de OGMs sem genes de resistência a antibióticos para evitar os riscos acima mencionados. Cabe então o aperfeiçoamento do sistema de seleção tanto via desenvolvimento de outras formas de seleção ou utilização de outros genes.

Um segundo tipo de risco relaciona-se com as reações adversas dos alimentos OGMs ingeridos, que podem ser agrupadas em duas categorias: alergênicos e

intolerantes. Neste grupo estão os alimentos que causam hipersensibilidade ou alergia. No segundo grupo estão as alterações fisiológicas, como reações metabólicas anormais, toxicidade, reações farmacológicas e idiossincráticas.

Uma primeira questão neste sentido é saber se uma nova variedade transgênica intensifica ou não a alergia. No caso da Soja RR, os testes realizados não são suficientes para discriminar as possíveis variações nas 16 proteínas alergênicas desta espécie. Assim, houve um aumento (26,7%) do inibidor de tripsina, também alergênico e antinutricional (PADGETTE et al, 1996), além de uma maior reatividade de uma banda relativa a uma proteína alergênica. O desafio neste caso é saber quais os tipos de ensaios que fornecem os dados mais inequívocos sobre alergenicidade.

Existem ainda uma série de outros riscos à saúde humana que devem ser analisados com protocolos adequados. Um deles é o efeito tóxico que um alimento transgênico pode causar à saúde humana.

Como o transgêne é na verdade uma nova característica em geral desconhecida ainda os pesquisadores argumentam que não se tem experiência, nem conhecimento suficiente para tratar adequadamente este assunto. Contudo tem um pouco de experiência com os agroquímicos. Estes foram liberados a partir da segunda Guerra Mundial para uso sem a realização de testes adequados. Só posteriormente, parte dos efeitos nefastos causados pelos agrotóxicos se tornariam conhecidos. Foi preciso a morte e a dor de inúmeras pessoas contaminadas para que as restrições de uso aumentassem. Até hoje não houve reparação alguma por partes das empresas fabricantes destes produtos às vítimas intoxicadas.

Desta forma, a adoção do *princípio da precaução* se constitui numa alternativa que visa proteger a vida. O princípio da precaução foi estabelecido em acordos internacionais, como um princípio ético e implica que a responsabilidade pelas futuras

gerações e pelo meio ambiente devem ser combinadas com as necessidades antropocêntricas do presente.

Neste sentido, os lançamentos de OGMs devem ser precedidos por estudos nutricionais e toxicológicos de longa duração. Esta cautela poderia evitar conseqüências danosas que eventualmente um produto possa apresentar, se liberado apressadamente. Tais estudos de longa duração ainda não existem, mesmo nos Estados Unidos, que reconhecendo o fato, manifestaram a necessidade de fazê-los. A British Medical Association apud NODARI & GUERRA (1999) considerando que os efeitos adversos das plantas transgênicas seriam irreversíveis sugeriu o banimento dos genes de resistência a antibióticos, a moratória nas plantações comerciais e a melhoria da Vigilância Sanitária.

2.4. RISCOS AO MEIO AMBIENTE

Entre os riscos ambientais a transferência vertical e a transferência horizontal são muito importantes. A transferência vertical, refere-se ao acasalamento sexual entre indivíduos da mesma espécie. Desta forma, é mantida a identidade genética da espécie, associada a um conjunto de características, algumas delas espécie específicas.

O acasalamento sexual pode ocorrer também entre plantas de espécies diferentes, se o grau de parentesco é bastante elevado e entre populações que estão em fase de especiação incipiente. Em alguns casos as plantas híbridas são viáveis e havendo fertilidade, mesmo baixa, a sobrevivência do híbrido se torna possível, e este poderá cruzar com plantas de qualquer uma das duas espécies parentais. Caracteriza-se então, o processo de introgressão de genes de uma espécie para outra.

Alguns híbridos interespecíficos podem tomar caminho diferente. Com a duplicação do número de cromossomos, tornam-se poliplóides, o que eleva a viabilidade e

a fertilidade. Foi assim que se originaram algumas espécies de trigo, cevada e tantas outras plantas que são utilizadas pela espécie humana.

O acasalamento é uma via para o fluxo gênico, entre plantas da mesma espécie, como entre plantas de diferentes espécies. Assim, de longa data tem sido observado cruzamentos entre espécies aparentadas. NODAR & GUERRA dão como exemplos disso os cruzamentos entre o arroz cultivado (*Oriza sativa*) e o arroz perene (*O. perenis*), milho (*Zea mays spp. mays*) e teosintes (*Zea spp*) (Doebley, 1990), beterraba cultivada e beterraba não domesticada (*Beta vulgaris*) e entre espécies do gênero *Cucurbita*, cultivadas e inços (Wilson, 1990).

Diversos tipos de seqüências, que são comuns a espécies filogeneticamente distantes podem ser disseminadas. O intron do grupo I do genoma mitocondrial de plantas vasculares e localizado no gene *cox1* da espécie *Peperomia polybotrya*, teria sido adquirido por transferência horizontal (ou lateral) de um fungo. Analisando o DNA de 335 plantas de diferentes gêneros, CHO et al apud NODARI & GUERRA (1999) verificaram que este intron está amplamente disperso nos genes *cox1* das angiospermas. O referido intron está presente em 48 gêneros diferentes, a partir de 32 eventos independentes de transferência horizontal. Esta constatação revela a grande freqüência das trocas de material genético na natureza e traz preocupações, em especial quanto à possível interação entre plantas transgênicas e outros vegetais

Nas regiões de ocorrência natural de alta diversidade genética de uma espécie ou espécies afins, como é o caso de algodão ou amendoim no Brasil, o cultivo de plantas transgênicas destas espécies merece análise muito rigorosa. No México, por exemplo, ainda não foi liberado o cultivo comercial de milho transgênico, devido a existência de extensas áreas com populações ancestrais e parentes silvestres da espécie. O Brasil é ainda berço de várias espécies cultivadas ou apresenta regiões com alta

variabilidade genética nas populações crioulas ainda em cultivo, situação esta que requer muita cautela. Como avaliar adequadamente este tipo de risco é sem dúvida um grande desafio.

A introdução em plantas de genes de resistência a insetos e a herbicidas isolados de bactérias ou outras fontes, levanta questões relativas a probabilidade e conseqüências desses genes serem transferidos pela polinização cruzada à espécies aparentadas, principalmente inços. Tais inços se tornariam mais persistentes ou invasivos naquele ambiente? Para que isto ocorra, é necessário que haja o cruzamento e em seguida que o híbrido seja viável e fértil, o que em geral tem baixíssima probabilidade de ocorrer. A rigor existem poucas evidências conclusivas de que genes de resistência introduzidos por técnicas convencionais de melhoramento de plantas, se tornaram estabelecidos em populações nativas. Contudo cruzamentos já ocorreram.

Cruzamentos interespecíficos envolvendo plantas transgênicas já foram constatados entre canola (*Brassica napus*) transgênica resistente a um herbicida e mostarda silvestre (*Raphanus raphanistrum*) (CHÈVRE et al., 1998), beterraba (*Beta vulgaris*) transgênica e beterraba não domesticada, trigo transgênico (*Triticum aestivum*) resistente a um herbicida e o inço *Aegilops cylindrica* (STEVEN et al., 1998), sorgo (*Sorghum bicolor*) e "johnsongrass" (*Sorghum halapense*) (Arriola e Ellstrand, 1998). No caso do cruzamento entre canola e a mostarda silvestre, o número de sementes da segunda geração do híbrido foi 10 vezes maior do que o F1. Algumas plantas F3 produziram 10 mil sementes e o gene de resistência ao herbicida ainda permanecia em um terço das plantas. Isto demonstra que a transferência de genes que condicionam resistência a herbicidas pode ocorrer com maior intensidade e facilidade do que se poderia supor. Este fato levou alguns países a suspender temporariamente o cultivo de canola transgênica em seu território.

NODARI & GUERRA citam a edição de 21/05/99 da revista Science (1999) que inclui inúmeros exemplos de transferência horizontal de genes. Assim, genes humanos já foram detectados em *Mycobacterium tuberculosis* (a bactéria que causa a tuberculose) e genes de plantas detectados na bactéria *Deinococcus radiodurans*. Outro fato que invoca a transferência lateral é a ocorrência do gene acyl-HSL em 106 espécies de sete diferentes gêneros de bactérias que infectam plantas. Uma descoberta intrigante relaciona-se com o fato de que as bactérias *Pyrococcus furiosus* e *Thermococcus litoralis* têm em comum uma sequência de 16 mil pares de bases, responsável pelo transporte de maltose, e que apenas 138 bases são diferentes entre as duas espécies.

COVACCI et al apud NODARI & GUERRA citam um outro estudo recente demonstrando homologia em seis genes presentes em operons de *Helicobacter pylori* (que causa gastrite e úlcera na espécie humana) *Bordetella pertussis*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Escherichia coli*, *Legionella pneumophila*, *Rickettsia prowazekii* e *Brucella suis*.

NIELSEN et al. apud NODARI & GUERRA (1999) relatam que anteriormente, dois casos de transferência de genes de plantas para plasmídeos de bactérias de solo via recombinação homóloga foram relatados na Europa.

Trocas de material genético também podem ocorrer entre plantas e vírus. A primeira evidência experimental sobre a recombinação entre uma planta transgênica contendo genes virais e um vírus foi obtida por Greene e Allison, em 1994. A inserção de sequências virais em plantas poderá tornar os vírus mais promíscuos e com isto provocar mais doenças em plantas.

Qual a magnitude da contribuição da engenharia genética para a transferência horizontal? Geralmente, as plantas transgênicas contém elementos mediadores da transformação in vitro e também da transferência horizontal como

plasmídeos, transposons e vírus. As plantas transgênicas freqüentemente apresentam na construção quimérica introduzida origem de replicação, seqüências de transferência, promotores fortes e genes de resistência a antibióticos. Todos estes elementos facilitam a recombinação e a transferência de genes. Plasmídeos e vírus quiméricos estão sujeitos a instabilidades estruturais, o que facilita também a recombinação. Na natureza, a poluição com metais pesados pode ser um fator benéfico para a transferência de genes. Como parte das seqüência introduzidas são homologas a muitos procariotos, a transferência de material genético para os mesmos via recombinação é factível.

Segundo NODARI & GUERRA trabalhos recentes demonstraram ainda aumento da fecundação cruzada com a transgenia. Em *Arabidopsis thaliana*, BERGELSON et al (1998) constataram um aumento de 20 vezes na freqüência de fecundação cruzada com o uso de transgênicos.

São duas, então as principais implicações. A primeira refere-se a maior probabilidade de transferência horizontal de genes a partir de plantas transgênicas comparativamente às variedades tradicionais. A segunda, refere-se ao fato de que os genes com potencial de disseminação podem dar vantagem seletiva aos organismos receptores, o que poderá alterar dramaticamente a dinâmica das populações e a paisagem.

A determinação de riscos de plantas transgênicas resistentes a insetos também é complexa. Não se conhece ainda profundamente o efeito sobre insetos benéficos. Tampouco, os poucos estudos sobre pássaros ou outros animais que se alimentam de insetos que se alimentam de plantas transgênicas não são conclusivos.

LOSEY apud NODARI & GUERRA (1999) apresentou um trabalho que revelou amplo impacto na comunidade científica, refere-se ao efeito do pólen de milho transgênico que contém um gene de *Bacillus thuringiensis* (Bt) que codifica para um toxina, que é tóxica a vários insetos. A taxa de mortalidade de lagartas da borboleta

monarca (*Danaus plexippus*) atingiu 44% quando foi adicionado ao seu alimento natural, folhas de *Asclepias curassavica*, pólen de milho Bt. Entretanto, todas as lagartas que receberam pólen de milho não transgênico sobreviveram. Desta forma, os efeitos a organismos não alvos podem ser avaliados quando utilizados metodologias apropriadas.

Um fato é inquestionável: os insetos que hoje são susceptíveis ao Bt, no futuro serão resistentes ao Bt. Resta saber, em quanto tempo. Se houver uma grande área plantada com variedades transgênicas resistentes a um inseto, somente os resistentes sobreviverão. O acasalamento entre resistentes, gerará progênies recombinantes, que eventualmente apresentarão maior nível de resistência. Após vários ciclos de recombinação deverão aparecer insetos resistentes ao gene Bt.

O sistema de refúgio apregoado como uma prática de manejo que retardaria o aumento na frequência de insetos resistentes, consiste no cultivo de uma pequena faixa com variedades susceptíveis, o que permitiria o acasalamento entre insetos susceptíveis e resistentes. Uma das premissas para que o sistema seja duradouro, é que a resistência dos insetos à toxina Bt deve ser recessiva. Caso contrário, rapidamente os alelos de resistência serão prevalentes. O fato de que a resistência da lagarta "*European corn borer*" (*Ostrinia nubilalis*) às formulações comerciais de Bt é controlada por um gene parcialmente dominante indica que o sistema de refúgio só será efetivo por poucos anos. O que de fato acontecerá é difícil de prever. Contudo, haverá um rápido aumento na frequência de insetos resistentes, alvos e não-alvos (**Figura 1**). Com o aumento rápido da frequência de insetos resistentes ao Bt, o uso atual de formulações comerciais a base de Bt em lavouras orgânicas fica comprometido, como também a produção de produtos com este tipo de inseticida, considerado muito menos tóxico que os demais.

Em condições naturais, o valor de s é muito baixo, sendo que muitos autores admitem que o mesmo, na maioria dos casos, é menor que 0,001. Contudo, em ambientes

perturbados, um dos alelos pode ser favorecido e s pode assumir valores mais altos, fruto da vantagem seletiva. Um caso bem conhecido foi o que aconteceu com uma mariposa na Inglaterra no final do século passado. Com a intensificação da industrialização, houve um aumento de fumaça e de cinzas no ambiente. A deposição de cinzas oriundas de carvão no tronco de árvores tornou a casca das mesmas mais escuras. Com isto, mariposas que tinham pontos mais claros nas suas asas, eram predadas mais freqüentemente que aquelas mais escuras. Como resultado, a freqüência do alelo responsável pela coloração escura desta mariposa passou de 0,01 para 0,90 em apenas 35 anos. Com esta informação se pode calcular o valor de s que é de 0,45. Considerando-se condições naturais ($s=0,01$), a mesma alteração demoraria 1579 anos.

O que de fato é importante é a vantagem seletiva que o gene apresenta e o grau de dominância. No caso de plantas contendo genes de Bt, se o alelo que proporciona a resistência dos insetos a toxina é dominante, como no milho, rapidamente tal alelo se tornará prevalente, pois a intensidade de seleção (valor de s) é elevada. Desta forma, esta tecnologia terá vida curta, deixando um enorme problema a ser resolvido, que será o controle dos insetos alvos resistentes.

No caso de transferência destes alelos para outras espécies, a vantagem que este gene apresenta, é a resistência da planta a insetos. Se o valor adaptativo de um híbrido interespecífico for altamente dependente deste gene, é factível que tal gene se mantenha via introgressão. Se isto ocorrer, a dinâmica populacional desta espécie e dos insetos com os quais têm reação, deverá sofrer alteração.

Estudos feitos pela EMBRAPA (1986), no caso específico das leguminosas, não se conhece se as seqüências de DNA exógeno presentes nas variedades transgênicas causarão algum efeito no processo de fixação simbiótica e na população de Rhizobium ou mesmo em outros microrganismos existentes nos solos brasileiros. O que se conhece é que

a aplicação de 1,1 a 5,6 kg/ha de Roundup, provoca um efeito moderado na nodulação e na atividade da nitrogenase em plantas de soja). Em trevo, a aplicação de formulações comerciais a base de glifosate provocou redução do número de nódulos e da atividade de enzimas relacionadas ao processo de fixação simbiótica.

Cientistas brasileiros que trabalham nesta área informaram que até julho de 1999 não existem estudos no país a respeito do efeito da transgenia com ou sem a aplicação de herbicidas.

A rigor, nenhum dos pedidos de liberação comercial de produtos transgênicos está acompanhado de um estudo de impacto ambiental. Embora a matéria é complexa, há o entendimento de que estes estudos são necessários conforme determinam o artigo 225 da Constituição Federal, a Lei Ambiental e a Resolução 237/97 do CONAMA, o que não teria sido observado pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). Com base no artigo 225 da Constituição Federal, a sentença judicial exarada pelo Juiz Antonio Prudente, exige o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) acompanhado do Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA) como condição indispensável para o plantio em escala comercial da soja *roundup ready*

Não bastasse isto, a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) estabeleceu no Art. 14 (Avaliação de Impacto e Minimização de Impactos Negativos) que cada Parte Contratante, na medida do possível e conforme o caso, deve estabelecer procedimentos relacionados à avaliação de impacto ambiental de projetos que possam ter sensíveis efeitos negativos na diversidade biológica, a fim de evitar ou minimizar tais efeitos e, conforme o caso, permitir a participação pública nesses procedimentos.

Uma série de perguntas relacionadas com as conseqüências da introdução em plantas de genes originados de outros organismos, incluindo os patogênicos (como genes de vírus ou parte deles) ainda permanecem sem resposta. Um dos desafios, então, é o

estabelecimento de um conjunto mínimo de protocolos e termos de referência que deverão nortear os testes para a obtenção de informações adequadas. A CDB estabeleceu nos itens 3 e 4 do artigo 19 que:

3. As Partes devem examinar a necessidade e as modalidades de um protocolo que estabeleça procedimentos adequados, inclusive, em especial, a concordância prévia fundamentada, no que respeita a transferência, manipulação e utilização seguras de todo organismo vivo modificado pela biotecnologia, que possa ter efeito negativo para a conservação e utilização sustentável da diversidade biológica.

4. Cada Parte Contratante deve proporcionar, diretamente ou por solicitação, a qualquer pessoa física ou jurídica sob sua jurisdição provedora dos organismos a que se refere o § 3 acima, à Parte Contratante em que esses organismos devam ser introduzidos, todas as Informações disponíveis sobre a utilização e as normas de segurança exigidas por essa Parte Contratante para a manipulação desses organismos, bem como todas as Informações disponíveis sobre os potenciais efeitos negativos desses organismos específicos.

Nas várias rodadas realizadas para negociar o referido Protocolo Internacional de Biossegurança, duas posições, praticamente antagônicas se firmaram. De um lado estão os Estados Unidos e os demais países do Grupo de Miami (Argentina, Austrália, Canadá, Chile e Uruguai) e de outro lado, os demais países. Os primeiros (i) querem exportar *commodities* geneticamente modificadas (OGMs e seus derivados) como alimentos, fármacos e ração para animais sem solicitar permissão aos países importadores e (ii) que o protocolo seja um instrumento legal independente. Os demais países querem (i) análise de impacto sócio-econômico inserido na análise de impacto ambiental a ser realizada previamente a liberação comercial; (ii) que o protocolo contenha instrumentos de compensação em caso de acidentes de transporte com OGMs e (iii) que o protocolo não deve conflitar com outros acordos internacionais atualmente existentes. Alguns países, como os da África, querem ainda que o protocolo assegure compensação financeira em caso de impactos negativos na saúde humana ou danos ao ambiente.

Diante deste impasse, nota-se que algumas das razões que levaram os Estados Unidos a não ratificar a CDB, se tornam mais evidentes. Uma delas pode estar

relacionada com o Art. 14, no qual foi decidido que a Conferência das Partes deve examinar, com base em estudos a serem efetuados, as questões da responsabilidade e reparação, inclusive restauração e indenização, por danos causados à diversidade biológica, exceto quando essa responsabilidade for de ordem estritamente Interna.

2.5. CONFLITOS

Muitos conflitos legais tenderão a surgir com o uso cada vez maior de plantas transgênicas. De um lado, a atual lei de patentes (Lei 9279) protege as seqüências transgênicas, mas que proíbe o patenteamento de variedades. De outro lado, a Lei de Proteção de Cultivares (Lei 9456) que prevê os Direitos de Melhorista. O que poderá acontecer se uma empresa tomar uma variedade protegida e inserir um gene patenteado via engenharia genética? O que poderá acontecer se um agricultor brasileiro quiser reutilizar as sementes para plantio na safra seguinte?

Além disso, tramitam no Senado Federal, o Projeto de Lei dos Acessos (PLS n° 306, de 1995) e na Câmara dos Deputados o Projeto do Patrimônio Genético (PL 4751/98), ambos com o objetivo de regulamentar os artigos da Convenção sobre Diversidade Biológica sobre o uso de recursos genéticos e a justa divisão dos benefícios oriundos do uso dos mesmos. Neste projeto está prevista a proteção não só do germoplasma, mas também dos conhecimentos relacionados ao uso do mesmo, que as comunidades ou povos indígenas detém. Outros projetos relacionados ao mesmo tema, também estão tramitando no Congresso Nacional.

Entre as implicações dos testes e cultivo com OGMs, uma está ligada à frequência com que o DNA é transferido para plantas da mesma ou para outras espécies. O fluxo gênico depende da distância entre as plantas e da distância genética entre espécies.

Contudo, muitas das espécies companheiras nos cultivos são inços das cultivadas. De um lado existem os cruzamentos entre plantas da mesma espécie. Isto pode criar conflitos entre produtores que utilizam transgênicos e produtores de alimentos chamados orgânicos, de alta qualidade biológica. Como será resolvido este impasse? Um caso recente nos Estados Unidos implicou no prejuízo de US\$170.000 a um produtor cuja produção foi contaminada por milho transgênico. Na Inglaterra e outros países existem muitas ações tramitando na justiça, sobre esta questão, que ainda não tem solução fácil.

2.6. CTNBIO: NECESSIDADE DE SERIEDADE E TRANSPARÊNCIA NAS DECISÕES

A liberação comercial da soja transgênica Roundup Ready (Soja RR) e outros atos praticados pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) no país indicam um elevado grau de leveza no rigor aplicado na análise de processos.

A decisão tomada pela CTNBio em 24/09/98 no caso da Soja RR pode ser considerada mais política do que técnica, pelas razões expostas a seguir. A respeito da informação da Monsanto de que a presença de insetos, pássaros ou minhocas em parcelas de soja transgênica e não modificada, foi a mesma, um consultor ad-hoc afirmou que *"não foram apresentados dados sobre esta observação"*. Um segundo parecer, agora elaborado por uma comissão setorial da CTNBio concluiu que: *"As experiências relatadas para o Brasil dizem respeito a testes de comprovação de eficiência das variedades visando o registro do herbicida Round Up neste país, tratando apenas de questões agronômicas e não aquelas de segurança ambiental. Não abordam assim, aspectos relevantes para a biossegurança de linhagens transgênicas. Consideramos este nível de informação insuficiente para uma tomada de decisão para o que se pode chamar de desregulamentação deste produto no país."*

Segundo NODARI & GUERRA, o processo de liberação comercial, publicado impropriamente de desregulamentação no DOU pela CTNBio, apresenta ainda vários problemas:

1) As respostas da Monsanto aos questionamentos de diversas Instituições não esclareceram adequadamente as perguntas formuladas.

2) Os dados contidos no processo são oriundos da Soja RR e não da Soja RR mais o herbicida Roundup.

3) A Empresa não inclui no processo a seqüência de bases do inserto, conforme estabelece Instruções Normativa nº 3. Na verdade, ainda não sabe exatamente o que existe dentro desta soja transgênica.

4) Não consta do processo, os níveis de resíduos do glifosate nas diversas partes das plantas de soja, nem tampouco o que acontece com o herbicida na planta. Os efeitos da aplicação do herbicida na planta não foram devidamente avaliados.

5) Nenhum estudo relacionado à fixação simbiótica foi feito com a soja transgênica na presença do glifosate.

6) Tampouco não há informação sobre o impacto do cultivo destas variedades transgênicas na microbiota dos solos brasileiros.

7) Os testes com ratos, vacas ou galinhas são de curta duração (4 a 6 semanas). Muitos cientistas julgam que os estudos de risco com animais necessitam incluir pelo menos um ciclo reprodutivo completo. Outros pesquisadores sugerem que se analise também os efeitos na reprodução e nas progênes.

8) Dados da literatura demonstram que o herbicida Roundup causa danos à saúde humana e animal. No processo, tais estudos não são mencionados.

A CTNBio analisou um pedido, no qual muitas informações são totalmente contraditórias com dados de literatura, outras oriundas de testes de curta duração com

animais. Mesmo assim emitiu um parecer conclusivo "*que não há evidências de risco ambiental ou de riscos à saúde humana ou animal*". O fato de que se tomou a ausência de evidências como a evidência da ausência é incompatível com o método científico. Não havia evidência porque não havia dados suficientes.

Um outro fato não menos importante é que membros da CTNBio afirmaram que a soja transgênica resistente ao herbicida Roundup não apresenta nenhum risco à saúde humana e ao meio ambiente, quando simultaneamente a Comissão determinou o monitoramento dos plantios comerciais da Soja RR pelo período de cinco anos, a serem efetuados pela empresa solicitante. Esta determinação comprova a ausência de dados de impacto ambiental no Brasil, o que de certa forma contraria a tese de que o produto é seguro do ponto de vista ambiental. Além disso, não há previsão sobre a qualidade e abrangência dos dados a serem gerados.

Num outro processo (nº 01200.003874/98-94), a CTNBio autorizou a liberação no meio ambiente de milho transgênico (*Zea mays*) em 65 áreas de produtores rurais ou cooperativas agrícolas, sob responsabilidade dos próprios proprietários ou funcionários das cooperativas. Neste caso, duas questões merecem análise mais aprofundada. A primeira delas é relacionada com uma vasta operação de marketing de um produto ainda não liberado para fins comerciais. A segunda questão, é que atribuiu-se responsabilidade a produtores rurais, muitos dos quais não têm a formação necessária nem legal para assumir tal responsabilidade.

Lavoura demonstrativa é uma metodologia de difusão de tecnologia, utilizada para difundir conhecimentos acerca de novas técnicas (em especial novas culturas ou variedades) junto às comunidades de agricultores. Como as variedades não tinham registro, não poderiam ser demonstradas, pois não estavam aprovadas.

2.7. SITUAÇÃO INTERNACIONAL

Um ano após a decisão de rotular produtos alimentícios originados de plantas transgênicas, a Europa tomou importantes decisões. Áustria e Luxemburgo desafiaram as ameaças de punição da Comunidade Européia e mantêm a decisão que bane os produtos transgênicos em seus territórios. A Noruega proibiu o cultivo de qualquer planta transgênica que contenha genes marcadores que codifiquem para resistência a antibióticos. Depois foi a vez da França, ao declarar uma moratória, a partir de julho de 98, na aprovação de novos pedidos de liberação para cultivo e consumo. A decisão da França foi baseada no aconselhamento científico e no princípio da precaução. A Grécia proibiu a importação e a comercialização variedades transgênicas de canola e estuda a moratória.

Nestes países, esta mudança de atitudes é resultante da constatação de que a liberação para cultivo e consumo de plantas transgênicas foi precipitada pela insuficiência de dados científicos sobre os efeitos das mesmas na saúde humana e animal e também do seu impacto no meio ambiente. De um lado houve o envolvimento de um pequeno número de cientistas na tomadas das decisões, que foram feitas por comitês, sem uma representação adequada da sociedade. De outro lado, as decisões foram prematuras, pois poucos estudos haviam sido feitos, muitos deles totalmente inadequados. Com o envolvimento cada vez maior de cientistas e da sociedade em geral, tanto na parte experimental quanto nas discussões sobre o assunto, está surgindo uma nova realidade, distinta daquela ainda apregoada pelas empresas multinacionais.

Na maior parte dos casos de liberação de plantas transgênicas predominou o interesse comercial destas grandes empresas. Isto pode ser comprovado pelas investidas freqüentes do governo americano junto aos países europeus e Japão. NODARI & GUERRA cita apenas um exemplo, segundo a revista Nature (26/06/97), os Estados

Unidos atacaram a Comissão Europeia que havia decidido pela rotulagem dos produtos transgênicos, em junho de 1997, dizendo que isto contrariava o livre comércio. Na época Dan Glickman, Secretário da Agricultura, disse que os Estados Unidos "*não tolerariam*" a segregação de produtos geneticamente modificados dos tradicionais. A resposta americana foi implementada pela Monsanto que misturou os grãos transgênicos com os não transgênicos, obrigando os europeus a comprarem apenas o bulk com a mistura.

Mais recentemente, devido às restrições no comércio de alguns produtos transgênicos, algumas empresas americanas estão decididas a segregar e rotular os produtos. Este fato demonstra que a sociedade tem a força necessária para intervir no processo de apropriação do conhecimento e sua utilização comercial. O consumidor se tornou um componente extremamente importante no processo de liberação comercial destes produtos.

Segundo NODARI & GUERRA, em junho deste ano, Ministros do Meio Ambiente dos países Europeus, reunidos recentemente, decidiram que cada estado membro tem o direito de solicitar estudos adicionais para a liberação de plantas transgênicas. Isto na prática se constitui numa moratória branca, pois dependendo do estudo, vários anos serão necessários para a obtenção de dados.

2.8. IMPACTOS ECONÔMICOS PARA OS AGRICULTORES

Importante destacar as implicações econômicas e políticas da entrada no mercado de tais plantas. Para a autorização do plantio em larga escala, todos os países exigem a análise dos riscos para o meio ambiente e para a saúde animal e humana. O conflito registrado entre os EUA e a Comunidade Europeia decorre basicamente da visão distinta que suas instâncias regulatórias públicas tem sobre os impactos e riscos da nova tecnologia.

Além disso, as plantas transgênicas até agora comercializadas não acrescentam nenhum valor alimentar adicional aquele observado em plantas não transgênicas, nem apresentam maior produtividade em biomassa em relação às convencionais. É importante que se diga que as comunidades científicas de ambos os blocos colocam o mesmo tipo de restrição sobre a liberação de plantas transgênicas ou seja o conhecimento limitado sobre o efeito da transgenia na expressão do genótipo das plantas com variação ambiental, bem como a interação com fauna, flora e microbiota dos diferentes ecossistemas. (ZANCAN, 1999).

Do ponto de vista comercial, já existem fatos concretos relacionados aos transgênicos. Assim, grandes cadeias de supermercados na Europa estão retirando de suas prateleiras produtos transgênicos ou derivados destes. Recentemente, a Austrália, que ainda não cultivava canola transgênica, recebeu um grande pedido de canola não modificada geneticamente. Organizações de consumidores europeus estão pressionando grandes redes de supermercados a não venderem produtos originados de plantas transgênicas. No Brasil, importadores europeus e japoneses manifestaram interesse na aquisição de grandes quantidades de soja não transgênica. Vários Estados Brasileiros estão tentando intermediar o comércio de não-transgênicos face a um possível valor diferencial de mercado.

Grande parte da soja produzida no Brasil é exportada. O que poderá acontecer se não houver mercado para a soja transgênica brasileira? O prejuízo será dos agricultores? Embora já exista indícios fortes de algum prêmio a ser pago a maior por produtos de plantas não transgênicas, ainda é cedo para prever o que acontecerá no futuro.

Outro aspecto comercial importante é o que denomina-se de venda casada. No caso de plantas nos Estados Unidos, as variedades transgênicas fazem parte de um pacote, pois se uma variedade de soja é resistente a um herbicida, ocorre a venda casada da semente e do produto químico ao agricultor.

Aqui cabe uma pergunta: a dominação tecnológica levará aos países periféricos a uma dependência na produção de alimentos? Tratando-se de uma questão de

segurança nacional, previamente a liberação comercial de variedades transgênicas, há a necessidade também de estudos sócio-econômicos, para avaliar o impacto no setor produtivo.

2.9. DESAFIOS

Segundo NODARI & GUERRA, a introdução das plantas transgênicas em sistemas de cultivo massal no Brasil, necessita da superação de uma série de desafios que são listados:

1. Expansão do sistema de ensino superior visando qualificar recursos humanos nas áreas de Ciências Biológicas e Ciências Agrárias com competência também no controle de riscos;
2. Estabelecimento de normas adequadas de biossegurança, análise de riscos de produtos biotecnológicos, mecanismos e instrumentos de monitoramento e rastreabilidade visando assegurar que não haverá danos à saúde humana e efeitos danosos ao meio ambiente;
3. Aperfeiçoamento do arcabouço legal visando dirimir os possíveis conflitos legais decorrente do cultivo e comercialização de plantas transgênicas;
4. Aprovação da legislação sobre o patrimônio genético e os conhecimentos decorrentes de sua utilização;
5. Definição como patrimônio nacional o germoplasma existente em território nacional;
6. Definição de um nível de rigor mais elevado na análise dos pedidos de liberação de plantas transgênicas;
7. Aumento no apoio financeiro a C&T para a prospecção de genes;
8. Reorganização e ampliação da pesquisa pública no setor;

9. Estabelecimento das prioridades para a pesquisa com plantas transgênicas sob a ótica das biotecnologias pertinentes.

Até então, a pesquisa buscou aprofundamento sobre o tema. No próximo capítulo, será tratado sobre o **campo de ação da Bioética e a prática educativa** que diretamente interessa no dia-a-dia do exercício de cada cidadão.

3. O CAMPO DE AÇÃO DA BIOÉTICA E A PRÁTICA EDUCATIVA

Segundo OLIVEIRA, 1997, p. 47, Ética diz respeito a consensos possíveis e temporários entre diferentes agrupamentos sociais, que, embora possuam hábitos, costumes e moral diferentes, e mesmo divergindo na compreensão de mundo e nas perspectivas de futuro, às vezes conseguem estabelecer normas de convivência social relativamente harmoniosas em algumas questões.

Essa “*nova cara*” assumida pela ética no campo das ciências biológicas e áreas afins, denomina-se *bioética*, que etimologicamente significa *ética da vida*. A palavra é formada por dois vocábulos de origem grega: *bios* (vida) e *ética* (costumes; valores relativos a determinado agrupamento social, em algum momento de sua história).

Segundo OLIVEIRA, op. cit., o objetivo geral da bioética é a busca de benefícios e da garantia da integridade do ser humano, tendo como fio condutor o princípio básico da defesa da dignidade humana. considera-se ético o que, além de bom, é o melhor para o ser humano e a humanidade em um dado momento.

Segundo OLIVEIRA, 1997, p. 71, o aspecto da Terceira revolução da Biologia que desperta mais atenção hoje refere-se ao potencial de aplicabilidade tecnológica com capacidade de modificar a vida não só humana como também de plantas e animais.

E como trabalhar a ética na educação escolar e na sociedade?

Trazer ética para o espaço escolar significa enfrentar o desafio de instalar, no processo de ensino e aprendizagem que se realiza em cada uma das áreas de conhecimento, uma constante atitude crítica, de reconhecimento dos limites e possibilidades dos sujeitos e

das circunstâncias, de problematização das ações e relações e dos valores e regras que os norteiam. Configura-se, assim, a proposta de realização de uma educação moral que proporcione às crianças, adolescentes e jovens condições para o desenvolvimento de sua autonomia, entendida como capacidade de posicionar-se diante da realidade, fazendo escolhas, estabelecendo critérios, participando da gestão de ações coletivas. O desenvolvimento da autonomia é um objetivo de todas as áreas e temas transversais e, para alcançá-lo, é preciso que elas se articulem. A mediação representada pela Ética estimula e favorece essa articulação.

Nos PCNs-Temas Transversais argumenta-se que a verdadeira educação não só consiste em promover a apreensão da realidade e ensinar a pensar, mas também em aprender a pensar sobre o próprio processo de conhecimento, num constante movimento reflexivo. A compreensão, enquanto capacidade abrangente que permite uma relação criativa entre aprender sobre a realidade, na realidade e da realidade, é propósito fundamental da articulação das áreas e temas transversais.

O tema Ética segue os critérios e eleição dos outros temas transversais, guardando, entretanto, sua especificidade como um eixo norteador: as questões que se abordam nos demais temas reportam-se sempre às implicações de valor presentes nas situações sociais.

No campo da ética guarda-se a proposta em valores. Valores de diversas ordens estão presentes na vida escolar, em todos os seus aspectos- ao promover a aprendizagem nas diversas áreas, os professores estão, de alguma maneira, procurando despertar nos alunos o respeito por inúmeros valores humanos, como a exatidão, a precisão, a curiosidade, a verdade. Com esses valores articulam-se os valores morais, objetos da reflexão ética. Assim, a ética atravessa a proposta educacional da escola e o planejamento e execução

CA 170000/000-00
Fundação Prociência - IP - Ciências
Rua Mons. José Augusto, 205
São José - CEP 36205-015
BARBACENA - MG

do trabalho de cada um dos professores e da relação de todos que compõem a comunidade escolar. Pode –se observar isso de várias maneiras.

A própria função da escola-socialização do saber-levanta questões éticas. Para que e a quem servem o saber, os diversos conhecimentos científicos, as várias tecnologias? É necessário refletir sobre essa pergunta. Além do mais, sabe-se que um conhecimento totalmente neutro não existe. É portanto, necessário pensar sobre sua produção e divulgação. O ato de estudar também envolve questões valorativas. Afinal, para que se estuda? Apenas na perspectiva de se garantir certo nível material de vida? Tal objetivo realmente existe, porém estudar também é exercício da cidadania: é por meio dos diversos saberes que se participa do mundo do trabalho, das variadas instituições, da vida cotidiana, articulando-se o bem –estar próprio com o bem estar de todos.

Questões relativas a valores humanos permeiam também os conteúdos curriculares como no caso que nos interessa nas Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias questões como neutralidade ou não do conhecimento científico, as relações entre esse conhecimento e as técnicas e tecnologias, as transformações sociais, formam um “pano de fundo” no qual os conteúdos da área se desenvolvem. No âmbito da produção do conhecimento científico ou de novas técnicas e tecnologias, questões éticas vêm sendo debatidas. Para citar apenas alguns exemplos: debates sobre os alimentos transgênicos , debates sobre o uso da energia atômica ou subatômica no campo da Física, ou sobre a clonagem de seres humanos e a formulação de uma bioética no campo da Biologia, mostram como o tratamento das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias estão impregnadas de questões valorativas e éticas.

CONCLUSÃO

Sem dúvida, a pesquisa contribuiu para aprofundamento do tema delimitado.

Na visão de vários pesquisadores, conclui que a introdução dos alimentos transgênicos no mercado brasileiro tem provocado um acalorado debate na sociedade. A tecnologia dos transgênicos, possível graças aos avanços da Engenharia Genética a partir da década de 70, provoca medo e insegurança porque traz para a nossa vida cotidiana, um novo paradigma científico a manipulação do DNA. É na molécula de DNA que está contida a base primária da vida, ou seja, as instruções que comandam todas as funções das células.

Não se pode negar que os avanços na área de biologia molecular poderão contribuir para a melhoria da agricultura. Contudo há a necessidade de averiguar os impactos e riscos destes avanços. As plantas transgênicas só devem ser liberadas para o cultivo comercial se aumentarem a qualidade biológica dos alimentos, não apresentarem riscos à saúde e ao ambiente e se promoverem benefícios econômicos e sociais aos produtores e consumidores. Além disso, é necessário estabelecer prioridades, para possibilitar que a transgenia possa ser utilizada pelos melhoristas de forma integrada e complementar nos programas de melhoramento genético, considerando-se a planta como a unificação da ação de milhares de genes interdependentes, de elevada complexidade. Em suma, a introdução destas técnicas no Brasil deve ser analisada no contexto conceito, proposto pela FAO, das biotecnologias pertinentes. Estas, foram definidas como sendo *"aquelas que contribuem com o desenvolvimento sustentado por serem tecnicamente factíveis no atual estágio de desenvolvimento técnico-científico do país, por serem ambientalmente seguras, socio-*

economicamente e culturalmente aceitáveis".

É dever dos cientistas atuarem como debatedores, decodificadores e facilitadores deste debate abrangente e polêmico, atual e de extrema importância para o país. Análises com bases em dados científicos evitam as polêmicas estereis dos debates e permitem a distinção entre ciência e crença. A SBPC já está participando ativamente desta questão, como o fez em outras oportunidades em temas de suma importância para o país. Cabe a sociedade emitir sua opinião de todas as formas possíveis.

Espera-se que o Congresso Nacional aprecie o mais rapidamente possível a questão do patrimônio genético, pois é importante mencionar que sem biodiversidade as biotecnologias são irrelevantes.

No que diz respeito a Prática Educativa leva a concluir que não basta acumular conhecimentos, mas faz-se necessário trazer outros valores no caso a Ética que significa enfrentar o desafio de instalar, no processo de ensino e aprendizagem que se realiza em cada uma das áreas de conhecimento, uma constante atitude crítica, de reconhecimento dos limites e possibilidades dos sujeitos e das circunstâncias, de problematização das ações e relações e dos valores e regras que os norteiam. Configura-se, assim, a proposta de realização de uma educação moral que proporcione às crianças, adolescentes e jovens condições para o desenvolvimento de sua autonomia, entendida como capacidade de posicionar-se diante da realidade, fazendo escolhas, estabelecendo critérios, participando da gestão de ações coletivas. O desenvolvimento da autonomia é um objetivo de todas as áreas e temas transversais e, para alcançá-lo, é preciso que elas se articulem. E essa educação não só no âmbito da escola, mas de todo os segmentos da sociedade.

Para um resultado melhor, é necessário que as pessoas saibam como atuar também no ambiente construído, sujeito não apenas a determinações de ordem natural, mas também determinações sociais. *"Cada pessoa precisa descobrir-se como parte do ecossistema*

local e da comunidade biótica, seja em seu aspecto de natureza, seja em sua dimensão de cultura". (BOFF, 1999).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOFF, Leonardo. **Saber cuidar-Ética do humano-compaixão pela terra.** Petrópolis: Vozes, 1999.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais-Temas Transversais.** Brasília: MEC/SEF, 1998.
- Café transgênico seria ameaça a agricultores. **O Globo**, Rio de Janeiro, 18 maio 2001. *Ciência e vida*, p. 31
- CARVALHO, Jailton. Brasil estabelece regras para transgênicos. **O Globo**, Rio de Janeiro, 20 de jul. 2001. *Ciência e vida*, p. 33.
- COSTA, Mariana Timóteo da. Transgênicos são incógnita para a ciência. **O Globo**, Rio de Janeiro, 30 jul. 2001. *Ciência e vida.*, p. 24.
- EMBRAPA. Compatibilidade de Agrotóxicos com *Rhizobium* spp. e a simbiose das leguminosas. Seropédica, CNPBS, 1986.
- FERREIRA, N.T. **Cidadania-uma questão para a educação.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.
- HENRIQUES, Solange. EUA vão soltar um inseto transgênico. **O Globo**, Rio de Janeiro, *O mundo/ciência e vida*, p. 36.
- MENCONE, Darlene. Polêmica à mesa-cientistas defendem alimentos geneticamente modificados e acirram discussão sobre transgênicos. **Istoé**, São Paulo, n. 1607, p. 90-91, jul. 2000.
- OLIVEIRA, Fátima. **Engenharia genética: o sétimo dia da criação.** São Paulo: Moderna, 1995.
- _____. **Bioética-uma face da cidadania.** São Paulo: Moderna: 1997.
- INTERNET
- CAPES. Publicações. [online] Disponível na Internet via www. URL: <http://www.capes.gov.br>. Capturado em 03 de agosto de 2001.
- MELLO, Luciana Christante de. [online] disponível na Internet via www. URL:

<http://www.epub.org.br/nurtweb/no201/transgênicos.html>.

NODARI, Rubens Onofre, GUERRA, Miguel Pedro. **Desafios da transgenia em plantas no Brasil.** [online] Disponível na Internet via www. URL: <http://www.idec.org.br>. Capturado em 03 de agosto de 2001.

Zancan, G. **A controvérsia das Plantas Transgênicas.** In: Forum das Plantas Transgênicas, <http://www.sbpcnet.org.br>. 1999.

CAD 1700078/0001-05
Fundação Presidência Ilídio Cechos
Rua Mons. José Augusto, 209
São José - CEP 36205-018
BARBACENA - MG

BIBLIOTECA
SRA. VERA T. DE ANDRADE
UNIPAC - Tecnológica