

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB
RELAÇÕES INTERNACIONAIS

VERÔNICA E SILVA SOUSA

**BIOTECNOLOGIA E ORGANISMOS GENETICAMENTE
MODIFICADOS**

BRASÍLIA, DF

2004

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB
RELAÇÕES INTERNACIONAIS

VERÔNICA E SILVA E SOUSA

**BIOTECNOLOGIA E ORGANISMOS GENETICAMENTE
MODIFICADOS**

Monografia apresentada como requisito para conclusão
do curso de Bacharelado em Relações Internacionais do
Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

Orientador: MSc. Marcelo Gonçalves do Valle

BRASÍLIA, DF

2004

VERÔNICA E SILVA E SOUSA

BIOTECNOLOGIA E ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS

Esta Monografia foi julgada adequada para obtenção do título de Bacharel em Relações Internacionais, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Graduação em Relações Internacionais do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

Brasília , DF , 24 de junho de 2004.

Prof. MSc. Marcelo Gonçalves do Valle

Banca Examinadora:

Prof. Alaor Silvio Cardoso(Membro)

Prof. Meiriluce Fernandes da Silva (Membro)

SOUSA, Verônica e Silva

Biotecnologia e Organismos Geneticamente Modificados. Centro Universitário de Brasília – UniCEUB. Brasília, DF, Programa de Graduação em Relações Internacionais..Brasília, 2004.

xii, 46 p.

Monografia: Graduação em Bacharel em Relações Internacionais

Orientador: MSc.Marcelo Gonçalves do Valle.

1. Biotecnologia 2. Organismos Geneticamente Modificados 3. Biodiversidade.

I. Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

II. Título

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares e em especial ao meu esposo Lúcio e ao meu filho Renan, que compreenderam a minha ausência.

Agradecimentos

Agradeço à todos os professores, em especial ao meu orientador, MSc Marcelo Gonçalves do Valle, que foi fundamental na realização deste trabalho e, a todos que me ajudaram de forma direta e indireta durante este período de aprendizagem.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre a biotecnologia como fonte de inovação, abordando questões de segurança alimentar, ambientais, conseqüentemente de Biossegurança, que rodeiam os Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), mais conhecidos como transgênicos.

Aborda o conhecimento como sendo um agente importante para o desenvolvimento econômico de empresas, instituições e países, tendo como foco a biotecnologia. Neste contexto apresenta o desenvolvimento da biotecnologia, bem como possibilidades de sua aplicação. Mostra também como os OGMs, resultado da biotecnologia, se expandiram no mundo, e como vem sendo tratada esta questão no Brasil, englobando aspectos da Lei de Biossegurança,

O trabalho conclui que, apesar das preocupações existentes com as questões ambientais e de segurança alimentar, os OGMs têm uma grande possibilidade de auxiliar na melhora da qualidade de vida e que nada de concreto pode ser afirmado quanto a utilização desses organismos. O que não pode ocorrer é o desenvolvimento da biotecnologia moderna, sem acompanhamento de suas prováveis implicações, simplesmente para atender aos interesses financeiros e às pressões políticas das corporações econômicas transnacionais, pois isso representaria um elevado risco para a humanidade.

ABSTRACT

This term presents a biotechnology study as an innovation source, about food security, environmental matters and, consequently, Biosecurity, which are involved with the Genetically Modifieds Organisms (GMOs), also known as transgenics.

Knowledge is an important agent for companies' economic development, countries and institutions, being concentrated in biotechnology. In this context, the development of biotechnology is presented as well as the possibilities of its use. It also presents how the GMOs, results of biotechnology, expanded themselves in the world, and how Brazilian authorities are dealing with this, paying much attention at the Biosecurity Law.

The term concludes that, despite of concerns about environmental and food security matters, the GMOs have a great possibility of helping to improve the life quality and that nothing can be stated about the usage of these organisms. What must not happen is the development of modern biotechnology, with no follow up of its possible consequences, just to supply financial interests and political pressures of the transnational economical corporations, for that would represent a high risk for the humanity.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE SIGLAS	x
INTRODUÇÃO	01
1. BIOTECNOLOGIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	03
1.1. A Era do Conhecimento e a Inovação	03
1.2. A Biotecnologia	07
1.3. Algumas Aplicações da Biotecnologia	09
1.3.1. Agricultura	10
1.3.2. Substâncias de Interesse Medicinal	12
1.3.3. Saúde Humana	14
2. BIOTECNOLOGIA E ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS – OGMs	16
2.1. Surgimento dos OGMs	16
2.2. Expansão dos OGMs	21
2.3. O Brasil e os OGMs	24
3. MARCO NACIONAL LEGAL E NUANCES DOS OGMs	29
3.1. Nuances que Envolvem os OGMs	31
4. CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.2.1 – Evolução Global de Cultivos Transgênicos	22
---	----

LISTA DE SIGLAS

OGMs – Organismos Geneticamente Modificados

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

NEBs – Novas Empresas de Biotecnologia

OMC – Organização Mundial do Comércio

IMO's – Organismos Vivos Modificados

UNEP – United Nations Environmental Programme

CDB – Convenção de Diversidade Biológica

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

CENARGEM – Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia

CTNbio – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

MPs – Medidas Provisórias

RET – Registro Especial Temporário

ANBIO – Associação Nacional de Biossegurança

CQB – Certificado de Qualidade em Biossegurança

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

VBP – Valor Bruto da Produção

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INTRODUÇÃO

Pertence ao campo da biotecnologia uma série de conquistas cujo retorno para a sociedade se dá sob distintas formas, nas quais têm se destacado os avanços na área de saúde, com produção de vacinas, kits e medicamentos de nova geração, em substituição aos químicos tradicionais, com profundas implicações na indústria farmacêutica, assim como na área agrícola, em que a disponibilização de novas variedades de plantas e sementes sugerem mudanças significativas nas próximas décadas. As conquistas no campo da biotecnologia se aplicam também ao meio ambiente, pela possibilidade do uso de elementos menos danosos do ponto de vista do impacto ambiental, ao mesmo tempo em que os recursos da bioengenharia permitem recuperar, com margens de sucesso promissoras, o meio ambiente degradado pela exploração econômica tradicional.

A partir da década de 70, com o desenvolvimento da engenharia genética e a conseqüente descoberta da tecnologia do DNA recombinante, foi possível ultrapassar a barreira das espécies. Por meio desta tecnologia, é possível modificar diretamente o genoma de um determinado organismo, seja pela introdução intencional de fragmentos de genes exógenos, que possuem função conhecida, seja pela eliminação de genes do genoma do organismo manipulado, ou até mesmo pelo remanejamento dos próprios genes do organismo-alvo.

Com o uso de técnicas da engenharia genética, o gene que contém a informação para síntese de uma determinada proteína de interesse pode ser transferido para outro organismo que, então, produzirá a proteína desejada. Estes conceitos têm definido e delimitado o que se denomina "biotecnologia moderna", diferenciando-a da "biotecnologia clássica". A evolução no estudo da genética trouxe um novo produto para o mercado: o transgênico, ou Organismos Geneticamente Modificados – OGM's (animais e plantas modificados pela transferência de genes, de uma espécie para a outra). Em síntese, biotecnologia consiste na aplicação, em grande escala, dos avanços científicos e tecnológicos resultantes de pesquisas em ciências biológicas.

As repercussões desta interferência biotecnológica do homem na natureza ficam mais complexas quando se fala na produção, comercialização e consumo de alimentos transgênicos, produzidos através da engenharia genética. O assunto é polêmico.

Nos dias de hoje, observa-se uma crescente preocupação pela necessidade de se identificar e rotular determinados materiais, tais como alimentos que contenham Organismos Geneticamente Modificados - OGMs, mais pela ótica do direito do consumidor final à informação do que por uma preocupação mais específica quanto à segurança para fins de uso do material biológico. Olhando-se de uma maneira mais ampla, identifica-se a necessidade de atender à demanda crescente da sociedade quanto ao papel do Estado de garantir a saúde e a segurança do cidadão, principalmente no que se refere aos produtos e serviços que envolvem material biológico colocados à sua disposição.

Este trabalho pretende mostrar as várias nuances que envolvem o tema abordado, mostrando uma enfoque abrangente da Biotecnologia no Brasil e no Mundo, analisando os seus aspectos de multidisciplinaridade da base científica, de capacidade geradora de tecnologias produtivas, de configuração da indústria biotecnológica, de seus mercados-alvo, do ambiente regulatório, e dos contornos econômicos, financeiros e éticos da atividade.

Está estruturado em três capítulos. O primeiro capítulo tem como objetivo demonstrar como o Conhecimento e a Inovação estão diretamente ligados ao crescimento econômico dos países, empresas, instituições e diversos atores da economia mundial, e como e porque a biotecnologia pode ser considerada como fonte de inovação.

O segundo capítulo tem como objetivo demonstrar as origens dos Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), popularmente conhecidos como transgênicos, bem como o início de sua utilização, no Cenário Mundial e no Brasil.

O terceiro fará uma explanação sobre como está a situação da legislação referente a Organismos Geneticamente Modificados, trata-se a Lei de Biossegurança, no Brasil, bem como demonstrará a opinião de algumas instituições e técnicos que trabalham de forma direta ou indireta com OGMs no que diz respeito à sua liberação.

1. BIOTECNOLOGIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Este capítulo, como citado anteriormente, tem como objetivo demonstrar como o Conhecimento e a Inovação estão diretamente ligados ao crescimento econômico dos países, empresas, instituições e diversos atores da economia mundial, e como e porque a biotecnologia pode ser considerada como fonte de inovação.

A fim de proporcionar uma exposição mais sistematizada, o mesmo foi segmentado em três seções. Na primeira seção, serão abordados elementos teóricos que viabilizam a compreensão de que a aquisição de conhecimentos e a capacidade de inovar é fundamento necessário para que se possa obter condições satisfatórias de inserção econômica e vantagens em uma economia capitalista. A biotecnologia será o objeto da segunda seção, onde se pretende definir o que é a biotecnologia, bem como as suas origens, evolução e panorama atual. Em seguida, na terceira seção, serão expostos alguns setores que têm obtido sucesso com a aplicação da biotecnologia, fonte de inovação e, por conseguinte, de desenvolvimento econômico.

1.1. A ERA DO CONHECIMENTO E A INOVAÇÃO

Antes de discorrer acerca do conhecimento e de sua importância crítica para o empreendimento da atividade inovativa, faz-se necessária uma definição mais detalhada do conceito, a fim de se captar suas sutilezas e particularidades. Inicialmente, faz-se pertinente apontar a distinção existente entre conhecimento tácito e codificado.

A natureza codificada do conhecimento corresponde à parcela que pode ser transformada em uma mensagem e manipulado como uma informação, podendo ser transmitido e comercializado. É o caso, por exemplo, de manuais de instrução ou demais roteiros operacionais. O conhecimento tácito, por sua vez, “é o conhecimento que não pode ser explicitado formalmente ou facilmente transferido, e refere-se a conhecimentos implícitos a um agente social ou econômico, como as habilidades acumuladas por um indivíduo, organização ou conjunto delas, que compartilham de atividades e linguagem comum”. (Lemos, 2000:165).

Feita esta breve consideração, sustenta-se que no período atual o conhecimento tem galgado posições de grande importância, na medida em que mudanças ocorrem de forma veloz devido à intensa transformação da informação em conhecimento, tornando-o fator determinante na competitividade econômica, pela capacidade de inovação.

A competitividade passou a ocupar um lugar no topo das agendas das empresas, governos, mídia, cientistas políticos e outros (Cassiolato & Lastres, 2000), devido à percepção de que para abrir novos mercados, conectando valiosos segmentos de mercado em uma rede global, precisa-se de uma capacidade de informação extremamente maior (Castells, 2000). Dessa forma, atentou-se que investir apenas para ter acesso a novas tecnologias e sistemas avançados não basta, uma vez que o conhecimento e o aprendizado estão referidos e reportados a pessoas; assim, por que têm-se buscado o investimento na capacitação e treinamento de recursos humanos.

Diante da globalização o processo inovativo, assim como as políticas para estímulo do mesmo, não podem ser vistos como elementos isolados de seus contextos nacional, setorial, regional e organizacional (Cassiolato & Lastres, 2000).

Observando o ocorrido nas duas Revoluções Industriais, pode-se fazer referência à busca pelo conhecimento tecnológico, que na primeira revolução industrial foi caracterizado pela substituição das ferramentas manuais pelas máquinas (Castells, 2000), com a introdução da tecnologia baseada no ferro-carvão-máquina e vapor-ferrovia (Libera, 2001), que permitiu a construção de pontes, navios e ajudou no desenvolvimento das comunicações, com a construção de rodovias.

Já na Segunda Revolução Industrial houve a necessidade de um outro tipo de tecnologia, mais avançada e eficiente, que foi a tecnologia baseada no circuito aço-eletricidade-refino de petróleo e motor combustão dos automóveis, que ocasionou a substituição da energia a vapor pela elétrica. Grandes avanços conquistados surtiram efeito no desenvolvimento de vários setores.

De acordo com o que foi dito, percebe-se que inovar é preciso para que haja o desenvolvimento da economia e mesmo da infra-estrutura de países, empresas, e instituições. Dito de outra forma, é necessário buscar o conhecimento com o objetivo de se obter novas

tecnologias. O que ocorreu nas duas revoluções industriais foi de grande importância para o desenvolvimento dos mercados, diminuindo as distâncias existentes com a grande evolução na engenharia.

Alguns autores, Cassiolato e Lastres (2000), Castells (2000) e Lemos (2000), dentre outros, consideram que no presente momento depara-se com uma Terceira Revolução Industrial, caracterizada pela tecnologia da informação, que permite a denominação do atual período como a “Era do Conhecimento”.

De fato, a este respeito afirma Castells (2000:50) que “o cerne da transformação que estamos vivendo na revolução atual refere-se às tecnologias da informação, processamento e comunicação. A tecnologia da informação é para esta revolução o que as novas fontes de energia foram para as Revoluções Industriais (...)”. Em suma, a tecnologia da informação é o vapor da Primeira Revolução Industrial e a eletricidade da Segunda.

Nestes termos, justifica-se o caráter imperioso que perpassa a busca pela geração de novos conhecimentos, bem como da absorção do conhecimento existente e acessível. Isto presume a tentativa de codificação do conhecimento tácito, de modo a dotá-lo de maior operacionalização.

Este processo envolve dificuldades porque, conforme citado por Lemos (2000:166), o conhecimento tácito não está disponível no mercado para ser vendido ou comprado, e portanto requer um tipo específico de interação social, similar ao processo de aprendizado, para que seja transferido (Lundivall e Borrás, 1998; e Cowan e Foray, 1988).

Países, empresas, instituições, dentre outros atores, diante dessa situação, perceberam que é preciso não apenas adquirir conhecimento, mas também aplicá-los de forma eficiente, transformando-os em inovação, para que dentro da dinâmica da economia mundial se consiga ganhar e até mesmo sustentar a presença no mercado. Perceberam também que da mesma forma como as tecnologias são descobertas, rapidamente, elas também envelhecem, e por isto é preciso reunir capacitação e desenvoltura em uma trajetória tecnológica enquanto a mesma ainda se encontra nas fases mais promissoras de seu ciclo de vida. Esta visão é sustentada por Schumpeter, conforme citado por Libera (2001:7):

... todo *boom* é seguido por uma depressão, toda depressão por um *boom* (...). O *boom* termina e a depressão começa após a passagem do tempo que deve transcorrer antes que os produtos dos novos empreendedores possam aparecer no mercado. E um novo *boom* se sucede à depressão, quando o processo de reabsorção das inovações estiver terminado.

Este fenômeno corresponde ao processo de destruição criativa, que justifica a eterna busca pela inovação, para que sejam superadas as crises. Demonstrem também o viés econômico, pois toda vez que o *boom* termina, a economia que era baseada neste setor entra em crise).

Da forma como foi explicitado por Schumpeter, pode-se afirmar que a busca pela inovação tecnológica está diretamente ligada ao desenvolvimento econômico e que esta interfere na sociedade devido à influência nos diversos agentes econômicos.

Vale ressaltar que a inovação ocorre não só no campo da pesquisa e desenvolvimento, mas também nas organizações empresariais e administrativas, e a inovação não se limita apenas à criação de novos produtos, organizações ou processos. Pode ser uma melhoria, que é considerada como sendo uma inovação de caráter incremental. Caso seja uma inovação com geração de um novo produto, processo ou forma de organização, esta terá um caráter radical (Lemos, 2000).

Os avanços tecnológicos têm permitido o aumento da produtividade e lucratividade, pois no momento que certa tecnologia entra em crise, os empreendedores buscam inovar as suas tecnologias e aumentar a sua produtividade para que continuem competindo no mercado. Dessa forma, “a lucratividade e a competitividade são os verdadeiros determinantes da inovação tecnológica” (Castells, 2000:100), “que deve ser um processo interativo, realizado com a contribuição de variados agentes econômicos e sociais que possuem diferentes tipos de informações e conhecimentos” (Lemos, 1999: 161).

Esses avanços chegaram a tal ponto que permite o homem a mudar o seu ambiente natural e cultural e até mesmo alterar naturezas biológicas por meio da biotecnologia, que pode ajudar no desenvolvimento econômico de vários países, como sendo a solução para problemas na área agrícola, aumentando assim a lucratividade e a competitividade deste setor. Tais potencialidades são contempladas na próxima seção.

1.2. A BIOTECNOLOGIA

Inicialmente pode-se entender biotecnologia como sendo qualquer técnica que utilize organismos vivos com o objetivo de produção e/ou pesquisa e desenvolvimento. Porém, este é um conceito muito amplo e inclui um grande número de processos desenvolvidos ao longo da história, o que torna necessário a abordagem dos dois níveis tecnológicos pelos quais a biotecnologia passou (Salles Filho, 1993).

O primeiro nível se refere à biotecnologia tradicional, que é uma prática laboratorial conhecida, caracterizada pela utilização de seres vivos existentes na natureza que são otimizados pelo homem por cruzamentos genéticos naturais (ainda que induzidos), entre seres da mesma espécie e variedades sexualmente compatíveis (Carvalho, 1993). Os exemplos que são citados por diversos autores para esse nível são a produção de antibióticos, de álcool combustível, de vinho e de cerveja. A produção convencional de vacinas também é considerada biotecnologia clássica ou convencional.

O que ocorre no caso da utilização da biotecnologia tradicional é o melhoramento genético, gerando seres que já existem na natureza, não misturando materiais genéticos de seres entre espécies diferentes.

O segundo nível diz respeito à biotecnologia moderna, que trabalha com seres vivos naturais, onde o homem aplica técnicas não naturais de seleção (entre seres de espécies diferentes), para obter outros seres que não são encontrados na natureza (Carvalho, 1993). Exemplos de substâncias ou produtos que têm sido produzidos por meio da biotecnologia moderna ou engenharia genética ou técnica do DNA recombinante são a insulina humana, os hormônios de crescimento, as plantas resistentes a vírus, plantas tolerantes a insetos e plantas resistentes a herbicidas. O nome mais conhecido que representa bem esse nível é o de Organismo Geneticamente Modificado (OGM).

Neste sentido, e de acordo com os exemplos citados para a biotecnologia tradicional e moderna, pode-se dizer que biotecnologia consiste em toda tecnologia de produção industrial que utiliza seres vivos, ou partes funcionais isoladas de seres vivos, ou seja, utiliza organismos vivos (ou suas células e moléculas) para produção racionalizada de substâncias, gerando produtos comercializáveis (Carvalho, 1993).

O termo biotecnologia passou a ser comumente utilizado e ganhou grande importância somente a partir da década de 70, década que marcou a passagem da biotecnologia tradicional para a moderna, com o primeiro experimento de DNA recombinante usando genes bacterianos¹.

Porém, o homem já interfere há muito tempo em processos vivos, pois mesmo antes da descoberta da genética já se buscava o melhoramento da qualidade de plantas e animais (Libera, 2001). Vale ressaltar que com o uso da biotecnologia tradicional já era possível produzir vacinas, inseticidas, penicilinas e utilizar bactérias para tratamento de esgoto. A biotecnologia tradicional data de antes de Cristo, época em que já se bebia vinho e se produziam antibióticos.

Anterior ao surgimento da biotecnologia moderna, o acontecimento mais importante foi a descoberta da estrutura de hélice dupla do DNA², em 1953, a qual proporcionou o estudo do DNA recombinante, caracterizando a nova fase da biotecnologia.

Segundo Libera (2001), DNA recombinante é uma técnica de engenharia genética extremamente poderosa e que permite um grande controle sobre os sistemas biológicos. Esta tecnologia possibilita a manipulação direta do material genético de células individuais, sendo possível modificar a carga genética dos microorganismos segundo combinações não existentes na natureza, com intuito de melhorar a sua eficiência, ou de fazê-los realizar tarefas diferentes. A técnica consiste em selecionar um DNA em segmentos por meio de enzimas de restrição, ou seja, proteínas que tem a capacidade de cortá-lo em lugares específicos. Uma vez seccionado, seleciona-se o segmento que contém o gene de interesse, o qual é introduzido num DNA. Esse DNA recombinado é introduzido numa célula, dentro da qual se reproduz, proporcionando uma série de cópias.

Os grandes responsáveis pelo desenvolvimento da biotecnologia moderna foram os Estados Unidos, pelo fato de terem investido e investirem até hoje em laboratórios de pesquisa nas universidades americanas. Esses investimentos levaram à descoberta de que essas pesquisas biotecnológicas poderiam solucionar alguns problemas na área da saúde e de

¹ Experimento realizado por Cohen e Boyer, dois cientistas americanos, quem em 1973 obtiveram o primeiro clone de um gene, através da técnica do DNA recombinante, ao introduzir um gene de uma rã dentro de uma bactéria.

² Watson e Crick revela a estrutura tridimensional do DNA, na forma de hélice dupla ou duplex

agricultura, o que fez com que o setor privado tivesse apoio para investir em pesquisa e criar laboratórios especializados em pesquisa biotecnológica. Surgiram então, várias empresas especializadas, nos Estados Unidos e na Inglaterra. Conforme aponta Carvalho (1993), as principais áreas do conhecimento em que se manifesta a moderna biotecnologia dizem respeito à genética, biologia molecular, bioquímica, ecologia, microbiologia, parasitologia, imunologia, direito, economia, administração, informática e engenharia química.

No entanto, a partir do surgimento da biotecnologia moderna e, por conseguinte, da manipulação deliberada de plantas, microorganismos e seres humanos, emergiu um vigoroso e controverso debate acerca de questões éticas, filosóficas, culturais e religiosas acerca da existência humana e da vida na terra, tendo como foco central uma questão antropocêntrica que remete *trade off* entre a viabilização de condições para intervenções tão sensíveis por parte do homem face ao suposto direito que o mesmo teria de realizar tais intervenções.

1.3. ALGUMAS APLICAÇÕES DA BIOTECNOLOGIA

O desenvolvimento da biotecnologia vem apresentando crescimento notável com importância estratégica na consolidação de uma economia baseada no conhecimento. Incentiva a competitividade permitindo o crescimento e a criação de empregos altamente especializados. Atividades de Ciência Tecnologia e Inovação são determinantes para ampliar a nova base de conhecimentos da biotecnologia (MCT, 2002: 4).

Dessa forma, surgiram vários empresários “shumpeterianos”³, que buscaram explorar e aplicar as novas descobertas científicas e acabaram gerando as Novas Empresas de Biotecnologia (NEBs). Essas empresas foram criadas na década de 70, logo depois da descoberta da técnica do DNA recombinante, e criou uma grande expectativa nas pequenas empresas inovativas.

Segundo Sallles Filho (1993:25), os setores que receberam grande destaque durante a história, devido ao desenvolvimento da biotecnologia, foram o farmacêutico, agroquímico,

³ Entende-se por este conceito aquele grupo de empreendedores que, ciosos da dinâmica inerente ao processo de destruição criativa, buscam de forma mais ordenada e sistemática o empreendimento de atividades inovativas que possam resultar em novos produtos, processos e padrões organizacionais.

sementes e indústria alimentar e, dentre esses, o que mais está aberto a inovações biotecnológicas é o de produtos destinados à saúde humana, no que se refere às doenças incuráveis, cujo mercado anual é da ordem de US\$ 100 bilhões em nível mundial, com uma alta receptividade para produtos de maior qualidade e poder terapêutico.

Além da maior dinâmica inovativa desses mercados, o Estado desempenha um papel muito importante, em muitos países, seja pelos investimentos em pesquisa do setor público ou através do seu poder de compra para o sistema público de saúde.

Conforme abordado por Sales Filho (1993), Carvalho (1993) e Libera (2001), dentre outros autores, serão abordadas algumas áreas que receberam e podem, ainda, receber grandes contribuições com a aplicação da biotecnologia.

1.3.1. Agricultura

A agricultura tem sido bastante beneficiada com os avanços da biotecnologia. A sua aplicação tem sido feita, com bastante sucesso no melhoramento de plantas que tem gerado produtos agrícolas modernos.

Esses avanços se tornaram necessários no decorrer dos tempos, devido ao fato do aumento populacional, que exigiu uma maior quantidade de alimentos para suprir as necessidades humanas, com a implementação de novas máquinas, bem como de novas técnicas de produção.

A terra que havia sido usada de forma intensiva, com o desgaste do solo, foi recebendo melhor tratamento, por meio de novas técnicas, para que fosse capaz de fornecer aquilo que o homem precisava para sobreviver, gerando também significativas mudanças no desenvolvimento econômico (Libera, 2001).

A técnica do DNA recombinante tem permitido a alteração da composição de componentes individuais de plantas, indo além do que se consegue através das práticas de melhoramento tradicional.

Vale lembrar que este assunto gera grande polêmica quanto às aplicações da biotecnologia, pois se relaciona diretamente com a pessoa humana, que é o consumidor final dos produtos produzidos pela técnica do DNA recombinante.

Os primeiros experimentos com plantas transgênicas foram realizados em 1986, nos Estados Unidos e na França, onde “várias culturas diferentes foram testadas em mais de 3,5 mil experimentos realizados em mais de 15 mil locais, em 34 países. As culturas mais freqüentemente testadas foram: milho, tomate, soja, canola, batata e algodão, e as características genéticas introduzidas foram: resistência a herbicidas, resistência a insetos, qualidade do produto e resistência a doenças”.

Segundo Libera, a resistência a herbicida pode ser conseguida por três diferentes estratégias: a superprodução da enzima sensível alvo do herbicida; a introdução de uma enzima alvo com reduzida afinidade pelo herbicida e a introdução de uma enzima detoxificante do herbicida. Através destas estratégias obtém-se resistência a sete herbicidas, e espera-se que o uso de plantas resistentes a herbicidas reduza a poluição ambiental.

Quanto à resistência a insetos, aproximadamente 15% da produção agrícola mundial é perdida anualmente devido ao ataque de insetos. Estes danos causados são uma das principais justificativas para o desenvolvimento de plantas resistentes a pragas.

A estratégia que tem sido usada para conferir resistência a insetos envolve a produção de endotoxinas de *Bacillus Thuringiensis* (*Bt*), uma bactéria que ocorre naturalmente no solo e tem habilidade de controlar insetos.

Esta bactéria produz uma proteína que destrói o sistema digestivo dos insetos alvos, sendo inofensiva a outros insetos, pessoas, aves e outros animais. Através da biotecnologia, ocorre a possibilidade de introduzir genes de Bt em plantas, permitindo-lhes se protegerem de algumas pragas.

As doenças das plantas provocadas por fungos e vírus podem liquidar a produção e a qualidade de uma cultura. A biotecnologia permite o desenvolvimento de culturas protegidas a certos tipos de vírus de plantas através da introdução da pequena parte do DNA do vírus na composição genética a planta, a qual cria a imunidade própria contra determinadas doenças.

Culturas protegidas contra doenças oferecem benefícios agrícolas, econômicos e ambientais aos agricultores, pois poderão reduzir os recursos utilizados com mão-de-obra, combustível, defensivos químicos e obter culturas mais saudáveis e uma melhor conservação do solo⁴

De acordo com o sítio www.biotechnologia.com.br, a República Popular da China foi o primeiro país a comercializar plantas transgênicas no início da década de 90, com a introdução do fumo resistente a vírus, seguido pelo tomate também resistente a vírus.

Em 1994, a empresa Calgene obteve a primeira aprovação nos Estados Unidos para comercializar o tomate transgênico 'Flavr-Savr', que apresentava amadurecimento retardado.

Boa parte da preocupação que existe quanto aos transgênicos, faz referência a possíveis problemas ambientais, incluindo a resistência a herbicidas, insetos e vírus. No entanto, as características que visam aumentar a qualidade nutricional dos alimentos vêm se tornando progressivamente mais importantes e deverão merecer maior atenção no futuro da produção de produtos transgênicos.

1.3.2. Substâncias de Interesse Medicinal

Uma das conseqüências da engenharia genética é a possibilidade de utilização de plantas como “fábricas” para produção de substâncias farmacêuticas. As plantas produzem, naturalmente, compostos biologicamente ativos, que conferem proteção contra herbívoros e infecção por patógenos, além de agirem como atrativos para polinizadores e dispersores de sementes.

Muitos desses compostos têm sido utilizados como medicinais desde os tempos pré-históricos e vários dos medicamentos atuais são baseados em produtos naturais. A biotecnologia, principalmente a transformação genética, tem o potencial de aumentar ou modificar a produção destes compostos farmacêuticos e criar plantas transgênicas importantes para a saúde humana.

⁴ Fonte: <www.biotechnologia.com.br>. Acesso em 01/05/2004.

Resultados positivos estão sendo obtidos por meio da modificação genética de plantas para alterar quantitativamente a produção de um composto de interesse medicinal. A hirudina, poderoso anticoagulante produzido pela sanguessuga, pode ser extraída de sementes de plantas transgênicas.

Outro exemplo importante é a alteração do conteúdo de vitamina C (ou ácido ascórbico) em plantas, pela introdução de um gene responsável pela síntese de uma enzima que a recicla. A única fonte dessa vitamina para os seres humanos é a alimentação, já que não são capazes de produzi-la.

O ácido ascórbico está presente, em grandes quantidades, em frutas cítricas e hortaliças, mas em pequenas quantidades nos grãos. Nas plantas, é um composto importante para a proteção contra os efeitos oxidantes do oxigênio, ou seja, aqueles que geram a produção de radicais livres, causada pela seca, alta incidência luminosa, baixas temperaturas ou solos salinos.

O aumento da concentração de vitamina C não é apenas benéfico para melhorar a alimentação humana, mas também para o aumento da produtividade vegetal. A possibilidade concreta de alterar a quantidade dessa vitamina em plantas, inclusive nos cereais, permitirá ampliar o número de fontes alimentares a partir das quais o ácido ascórbico poderá ser obtido.

A dose diária recomendada de vitamina C para adultos é de 75mg para mulheres e 90mg para homens, quantidade suficiente para prevenir doenças relacionadas à sua deficiência.

Alguns estudos sugerem que os hábitos alimentares modernos aumentam a probabilidade de que um grande número de pessoas não consuma 20 mg de vitamina C por dia, necessários para garantir a saúde dos sistemas cardiovascular e imunológico.

Dessa forma, a perspectiva de aumentar os teores de ácido ascórbico em alimentos de origem vegetal possibilitaria a ingestão de vitamina suficiente para uma vida mais saudável.

1.3.3. Saúde Humana

A terapia gênica em humanos já é uma realidade. Os avanços no entendimento da biologia molecular de doenças, em humanos, e o desenvolvimento de técnicas de transferência de genes têm possibilitado a aplicação de um número cada vez maior da biotecnologia em prol da saúde humana (Zaha, 2001).

Entende-se como terapia gênica a possibilidade de transferência de material genético para células de um indivíduo, resultando em benefícios terapêuticos. Cerca de quatro mil doenças genéticas são conhecidas, sendo, portanto, alvos potenciais da terapia gênica. As pesquisas sobre o genoma humano giram em torno da decodificação da seqüência inteira dos genes humanos.

Os cientistas acreditam que, compreendendo a fundo o que acontece de errado quando uma doença aparece, a medicina entraria numa nova era, com terapias mais eficientes. O primeiro exemplo de aplicação da terapia gênica foi realizado em uma criança de quatro anos que sofria de uma desordem no sistema imunológico, nos Estados Unidos.

Um destaque especial, particularmente para milhões de pessoas em todo o mundo portadoras de Diabetes mellitus e que dependem da insulina para estabilizar o nível de glicose no sangue, deve-se a primeira aplicação comercial da biotecnologia, em 1982, quando a empresa Genentech produziu insulina humana para o tratamento da diabetes.

Em 1986, foi obtida a primeira vacina humana geneticamente “engenheirada” (Recombivax HB de Chiron) e aprovada para prevenção de hepatite B. A vacina de DNA é a mais recente forma de apresentação que veio revolucionar o campo de vacinas.

Por meio da engenharia genética de plantas pode-se alterar importantes rotas do metabolismo e permitir que plantas, ou suas células, funcionem como biorreatores (reatores biológicos), tornando possível a produção de substâncias de valor farmacológico, como exemplo, vacinas e biofármacos.

Um projeto ambicioso em biotecnologia foi recentemente concluído com sucesso: a produção de plantas transgênicas capazes de produzir plásticos biodegradáveis, progresso

bastante promissor que diz respeito à obtenção de biopolímeros⁵. Os benefícios dessa tecnologia ao meio ambiente são inegáveis, sobretudo pela natureza reciclável do mesmo.

Vale lembrar que estes são apenas alguns setores da indústria que, se desenvolverem estudos de pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia, são capazes de ocasionar um maior desenvolvimento econômico para as suas empresas, países, enfim, para todos os atores que investirem no desenvolvimento de capacitações científicas, tecnológicas e organizacionais. Um bom exemplo de que a biotecnologia moderna tem contribuído para o descobrimento de produtos, conhecimentos científicos e possibilidades industriais, são os significativos impactos ocasionados na indústria farmacêutica, que tem se tornado cada vez mais competitiva, em uma luta constante por melhores condições de mercado.

⁵ Denominam-se **polímeros** as moléculas muito grandes formadas por unidades moleculares que se repetem, denominadas **monómeros**. A reação pela qual os monómeros se unem para formar o polímero recebe o nome de **polimerização**. Existem muitos **polímeros naturais**. Assim, por exemplo, a **celulose** é um polímero da glucose que se encontra nas plantas. A nitrção parcial da celulose com uma mistura dos ácidos nítrico e sulfúrico concentrados e o posterior tratamento do produto obtido com cânfora origina o **celulóide**, que é o primeiro plástico de importância comercial, usado para películas fotográficas e de cinema. Os polímeros possuem propriedades físicas e químicas muito distintas das que têm os corpos formados por moléculas simples. Assim, por exemplo, são muito **resistentes à rotura e ao desgaste**, muito elásticos e resistentes à ação dos agentes atmosféricos. Estas propriedades, juntamente com a sua fácil obtenção a baixas temperaturas, têm possibilitado a sua fabricação em grande escala. Os polímeros de estrutura unidimensional têm elevados pesos moleculares e, geralmente, são rígidos à temperatura ambiente, embora se tornem moles e flexíveis ao elevar a temperatura. Então, denominam-se **plásticos**. Fonte: Scientific American Brasil. www.sciam.com.br. Acesso em 15/05/2204.

2. BIOTECNOLOGIA E ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS – OGMs.

Este capítulo tem como objetivo demonstrar as origens dos Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), popularmente conhecidos como transgênicos, bem como o início de sua utilização, no Cenário Mundial e no Brasil.

Para tanto, o mesmo foi dividido em três seções. Na primeira seção será abordada a origem dos OGMs, analisando a preocupação mundial com os possíveis impactos negativos dos OGMs sobre o meio ambiente e a saúde humana, que foi a instituição do Protocolo de Cartagena. Na segunda seção será demonstrada a expansão dos OGMs no mundo, relatando os primeiros países que os produziram e comercializaram esses organismos. Finalmente, na última seção, será demonstrado o panorama atual dos OGMs, no Brasil, fazendo uma análise de sua aceitabilidade, riscos e utilização.

2.1. SURGIMENTO DOS OGMs.

Entende-se por Organismo Geneticamente Modificado um organismo produzido com técnicas de engenharia genética que permitam a transferência de genes funcionais de um organismo para outro, inclusive entre espécies diferentes. Bactérias, fungos, vírus, plantas, insetos, peixes, mamíferos constituem exemplos de organismos cujos materiais genéticos têm sido artificialmente modificados com o objetivo de se alterar alguma propriedade física ou capacidade. Organismos modificados vivos e organismos transgênicos são termos freqüentemente utilizados no lugar de OGM (Nutti, *et alii* 2003).

O termo "geneticamente modificado" tem sido amplamente empregado na descrição das aplicações da tecnologia do DNA recombinante na alteração genética de animais, plantas e microrganismos. Essa ferramenta biotecnológica permite a transferência do material genético de um organismo para outro. Em vez de promover o cruzamento entre organismos relacionados para obter uma característica desejada, cientistas podem identificar e inserir, no genoma de um determinado organismo, um único gene responsável pela característica de interesse.

Isso permite que as alterações no genoma do organismo sejam aparentemente mais precisas e previsíveis do que as obtidas pelo melhoramento clássico, no qual a transferência de genes de um organismo para outro ocorre por meio de cruzamentos (reprodução sexual), misturando-se todo o conjunto de genes dos dois organismos, por substituição de alelos. Como consequência, o processo de seleção do caráter desejado demanda uma enorme quantidade de tempo e altos custos.

As diferenças entre o melhoramento através de métodos convencionais e aqueles que utilizam técnicas de engenharia genética são inúmeras, quer do ponto de vista biológico, quer do ponto de vista regulamentar. No melhoramento convencional, ao cruzar uma planta com outra para obter as características desejáveis à nova variedade, transferem-se, *além* do gene desejado, centenas de outros. Ou seja, o DNA da planta doadora mistura-se ao DNA da receptora, com substituição de alelos (espécies iguais). (Fiorillo e Diaféria, 1999).

A engenharia genética, *a priori*, permite a transferência só dos genes desejados à nova variedade. Esta técnica permite desenvolver culturas com características específicas. Quando o DNA da planta doadora é introduzido, em laboratório, na receptora, ocorre a adição de alelos (espécies diferentes). É importante ressaltar que, ainda que os termos "geneticamente *modificado*" e "transgênico" sejam empregados, na maioria das vezes, como sinônimos, existe uma diferença semântica entre eles. (Fiorillo e Diaféria, 1999).

Conceitualmente, todo transgênico é um OGM, mas nem todo OGM é um transgênico. Isso ocorre porque se considera transgênico o organismo cujo material genético (genoma) foi alterado, por meio da tecnologia do DNA recombinante, pela introdução de fragmentos de DNA exógenos, ou seja, genes provenientes de organismos de espécie diferente da *espécie* do organismo alvo.

Esses genes exógenos, que são inseridos artificial e intencionalmente no genoma do organismo alvo, são denominados transgenes, e têm a capacidade de conferir ao organismo, *determinadas* características de interesse.

Os organismos geneticamente modificados, por sua vez, podem ser transgênicos ou não. Se o organismo alvo for modificado geneticamente, por um ou mais genes provenientes

de um organismo da mesma espécie do organismo alvo, este é considerado um organismo geneticamente modificado. Um exemplo de OGM que não é transgênico é o tomate Flavr Savr.

Esse é um tomate geneticamente modificado, que apresenta processo de maturação mais lento, de modo a permitir que os frutos possam permanecer na planta até ficarem vermelhos. Para obter a modificação genética do tomate Flavr Savr, foi necessário isolar uma determinada seqüência gênica do próprio tomate e inseri-la, em sentido invertido, no genoma do fruto. Dessa forma, como o gene inserido provém de um organismo da mesma espécie do organismo-alvo (o tomate), este é considerado um OGM.

Essa distinção entre os termos "geneticamente modificado" e "transgênico" não é unânime. Muito ainda se discute em relação à definição desses dois termos. O vocábulo "transgênico" foi usado, pela primeira vez, em 1983, por Gordon e Ruddle, ano em que Ralph Brinster, da Faculdade de Veterinária da Universidade da Pensilvânia, inseriu genes humanos de hormônio de crescimento em embriões de ratos, criando os chamados "super-ratos" transgênicos.

A nova edição do dicionário Houaiss da língua portuguesa assim define transgênico: "Diz-se de ou organismo que contém um ou mais genes transferidos artificialmente de outra espécie". Essa definição muito se assemelha à definição dada anteriormente. Na Lei de Biossegurança brasileira não há uma definição para o termo transgênico.

Somente a expressão "organismo geneticamente modificado" é definida como "todo organismo cujo material genético (DNNRNA) tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética", não especificando, portanto, se o gene introduzido no organismo a ser modificado provém de um organismo de espécie igual ou diferente da espécie do organismo-alvo.

Para o Codex Alimentarius⁶ - órgão de referência da Organização Mundial do Comércio (OMC) para consumidores, processadores e produtores de alimentos, agências nacionais de fiscalização de alimentos e para o comércio internacional de alimentos, "OGM é

todo organismo cujo material genético foi modificado por meio da tecnologia de genes, de uma maneira que não ocorre naturalmente, por multiplicação e/ou por recombinação natural”.

O Protocolo de Biossegurança traz um complicador ainda maior com relação à distinção entre esses dois termos, uma vez que, além de não definir o que seriam organismos transgênicos e organismos geneticamente modificados, apresenta um novo termo: organismos vivos modificados (IMO's, na sigla em inglês). Conforme definido no documento, organismo vivo modificado é qualquer organismo vivo que possua uma combinação nova de material genético, que tenha sido obtida mediante técnicas de ácido nucléico *in vitro*, incluindo-se o DNA recombinante e a introdução direta de ácido nucléico em células ou organelas; ou fusão de células de famílias taxonômicas diferentes, técnicas estas que superem as barreiras fisiológicas naturais da reprodução ou da recombinação e que não sejam empregadas nos mecanismos tradicionais de reprodução e seleção.

A dificuldade em distinguir os termos "organismo geneticamente modificado", "organismo transgênico" e "organismo vivo modificado", tem causado grandes transtornos à elaboração de leis de rotulagem desses organismos (e de produtos deles derivados), e de patenteamento dos genes introduzidos nesses organismos por meio da engenharia genética e, também, tem dificultado a harmonização de regulamentos internacionais.

Os OGMs surgiram juntamente com a biotecnologia moderna, em 1972, quando Cohen e Boyer, transferiram o gene de uma rã para uma bactéria, dando origem a técnica do DNA recombinante, que permite a alteração do genoma de uma determinada espécie, inserindo um gene de uma outra espécie. A partir da década de 70, descoberta da biotecnologia moderna, as pesquisas centradas em OGMs cresceram consideravelmente, devido as expectativas criadas com relação às possibilidades de gerar grande impacto sobre o destino do homem, como foi o que ocorreu com a descoberta do fogo⁷.

Porém, ao longo das três últimas décadas do século XX, consolidou-se na comunidade mundial uma nova percepção da importância da conservação da biodiversidade e

⁶ Fonte:< www.codexalimentarius.net>. Acesso em 01/05/2004.

⁷ MOMMA, Alberto Nobuoki. Plantas Transgênicas: Marketing e Realidades, Revista de Direito Ambiental, ano 4, nº 15, São Paulo, Revista dos Tribunais: julho-setembro 1999

dos recursos genéticos para o bem-estar da humanidade nesta e nas futuras gerações, assim como do papel que estes desempenhariam para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Diante dessa situação, foram realizados grandes estudos no âmbito da United Nations Environmental Programme (UNEP), que acabou reconhecendo a necessidade de uma ação internacional que tivesse como objetivo proteger a diversidade biológica na terra, incluindo a biotecnologia, o que acabou por gerar polêmicas e reações em diversos países (Wilkinson, 2002).

Como resultado dessas discussões, foi adotada a Convenção de Diversidade Biológica (CDB), em 22 de maio de 1992, e aberta para assinatura durante a Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas no Rio de Janeiro em junho de 1992, entrando em vigência em 29 de dezembro de 1993. Em agosto de 2003, a CDB foi assinada por 183 países, mas ratificada apenas por 168⁸.

A CDB é um acordo internacional com força de lei para a conservação e uso sustentável de toda a diversidade biológica. No entanto não é normativo porque não estipula padrões mínimos a serem implementados, deixando os países em plena liberdade para determinar os mecanismos de regulação em concordância com os objetivos da CDB.

Ela é o primeiro acordo global que cobre todos os aspectos da biodiversidade – os recursos genéticos, as espécies, os habitats, e os ecossistemas – e adota um enfoque holístico da conservação e uso sustentável dos recursos naturais e a participação justa e equitativa dos benefícios provenientes do uso desses recursos. Essa convenção prevê também a criação de um Protocolo Internacional de Biossegurança, conhecido como Protocolo de Cartagena (Wilkinson, 2002:47).

O objetivo desse Protocolo é contribuir para assegurar um nível adequado de proteção no campo da transferência, da manipulação e do uso seguros de 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.

⁸ Fonte: <<http://www.biodiv.org/world/parties.asp?lg=1>> Acesso 15/05/2004.

2.2. EXPANSÃO DOS OGMs.

O crescimento acelerado da biotecnologia ocorreu a partir de 1970, com o desenvolvimento da engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante. Esta tecnologia implica a modificação direta do genoma do organismo alvo pela introdução intencional de fragmentos de DNA exógenos (genes exógenos), que possuem uma função conhecida.

Sendo assim, por meio da engenharia genética, o DNA (gene) que contém a informação para a síntese de uma proteína de interesse definido pode ser transferido para outro organismo que, por sua vez, produzirá grandes quantidades da substâncias. O produto resultante desta tecnologia é denominado de organismo geneticamente modificado (OGM) e as características adquiridas passam a ser hereditárias. Estes conceitos são de fundamental importância, haja vista que definem e delimitam a tão discutida biotecnologia moderna e contribuem para diferenciá-la da biotecnologia antiga. A partir da década de 80, produtos como soja, milho, canola, tomate, passaram por pesquisas e sua comercialização foi prevista para o final da década de 90. Libera (2001:28)

A comercialização de produtos desenvolvidos através de engenharia genética na área de plantas significaria retornos mais elevados e aumento da produtividade da área cultivada, passando-se assim de um conceito de lavoura com grande investimento em terra e máquinas para um novo conceito de lavoura intensiva em tecnologia. De fato a comercialização se iniciou na década de 90, e os Estados Unidos foi o primeiro país a comercializar transgênicos, em 1996, e a taxa de aceitação foi boa, chegando a 68% da área plantada de soja em 2001 (Wilkinson, 2002).

Durante um período de oito anos, entre 1996 e 2003, a área global com lavouras transgênicas aumentou 40 vezes, de 1,7 milhão de hectares, em 1996, para 67,7 milhões de hectares, em 2003. Essa taxa de adoção de tecnologia é uma das mais elevadas na agricultura, refletindo a aceitação crescente dos transgênicos pelos agricultores que empregam plantas geneticamente modificadas, tanto nos países industrializados quanto nos países em desenvolvimento, sendo que esses dados não refletem a aceitação por parte dos consumidores.

Durante tal período, o número de nações que cultivam transgênicos mais que duplicou, tendo saído de seis, em 1996, para nove, em 1998, para 12, no ano de 1999, até chegar aos 18 em 2003 (Clive James, 2003:2).

Quadro 2.2.1 – Evolução Global de Cultivos Transgênicos.

Área Global com Cultivos Transgênicos, de 1996 a 2003		
ANO	HECTARES (em milhões)	ACRES (em milhões)
1996	1,7	4,3
1997	11,0	27,5
1998	27,8	69,5
1999	39,9	98,6
2000	44,2	109,2
2001	52,6	130,0
2002	58,7	145,0
2003	67,7	167,2

Fonte: James, 2003

O Quadro 2.1 demonstra o crescimento considerável de 2002 para 2003, no âmbito mundial de 15%, ou seja, 9 milhões de hectares, ou 22,2 milhões de acres, do cultivo de transgênicos.

Uma maneira de se obter uma perspectiva futura quanto à utilização de plantas GMs é expressar as taxas de adoção das quatro principais culturas transgênicas como porcentagem, em relação a suas áreas totais.

Em 2003, 55% dos 76 milhões de hectares de soja cultivados em todo o mundo foram transgênicos, em comparação com os 21% de 2002. Dos 34 milhões de hectares de algodão plantados, 21% foram de algodão GM, espécie que ocupou 20% do total plantado em 2002. A área cultivada com canola transgênica em 2003 foi de 16% em comparação com os 12% de 2002. Finalmente dos 140 milhões de hectares de milho, 11% foram GMs em 2003, acima dos 22% de 2002. (James, 2003).

Conforme cita o Presidente do Conselho Diretor do Serviço Internacional para a Aquisição de Aplicações em Agrobiotecnologia, Clive James, pela primeira vez um quarto da área agregada das quatro lavouras mencionadas, que totaliza mais de 0,25 bilhão de hectares, é geneticamente modificada. O maior incremento, no ano passado, se referiu aos 4,9 milhões de hectares de soja geneticamente modificada, correspondentes a um crescimento anual de 13%, e aos 3,1 milhões de hectares de milho geneticamente modificado, volume equivalente a um expressivo aumento anual de 25%, que seguiu o crescimento de 27% registrado em 2002.

Isso se deve, segundo Nutti *et alii* (2003), à associação que está sendo feita do aumento da competitividade ao conhecimento, pois o conhecimento se tornou um ativo essencial de competição e ocasionou a observações das seguintes possibilidades de contribuições de plantas GMs:

- a) aumento da produtividade das lavouras, colaborando, dessa forma, para a segurança global no que diz respeito à alimentação humana e animal e à oferta de fibras;
- b) a conservação da biodiversidade por meio da redução da área cultivada, graças a uma tecnologia que possibilita maior produtividade;
- c) o uso eficiente de insumos, o que significa uma agricultura mais sustentável, que, conseqüentemente, ajude a preservar o meio ambiente;
- d) melhoria dos benefícios econômicos e sociais, assim como o alívio da extrema pobreza nos países em desenvolvimento.

Não se pode esquecer que esses argumentos fazem parte de uma grande discussão que existe quanto às questões legais, éticas, ambientais, sociais e econômicas, entre as quais há as questões de mercado, rotulagem e comércio global de produtos biotecnológicos.

A biotecnologia vincula os argumentos de risco à saúde e ao meio ambiente com os de ordem ética, cultural e religiosa, tornando-se um campo de debate ainda mais complexo do que foi o da energia nuclear.

O processo de regulamentação não é igual em todos os países. Contata-se, por exemplo, a Dinamarca que é o país que possui uma das mais rígidas leis de regulamentação para os processos biotecnológicos; na Comunidade Européia são estabelecidas normas de

abordagem preventiva de riscos à natureza, avaliando-se caso a caso os projetos para pesquisa biotecnológica. (Libera, 2001:44).

Na Suíça, a lei estabelece que as regulamentações e ações do governo devem assegurar a dignidade e a segurança dos homens, animais e meio ambiente; na Alemanha estabelecem-se normas de controle sob a pesquisa, produção industrial e usos para a agricultura envolvendo organismos geneticamente modificados; no Canadá, a lei de biossegurança exige que o governo analise o efeito potencial das novas substâncias sobre o ambiente e a saúde humana antes que estas substâncias sejam importadas ou produzidas internamente. (Libera, 2001:44).

O desenvolvimento da biotecnologia no Brasil e na América Latina apresenta uma diferença básica em relação aos países desenvolvidos, que identifica uma direção própria: a maior participação relativa de empresas de agrobiotecnologias em comparação a outras áreas de aplicação, inclusive saúde humana.

2.3. O BRASIL E OS OGMs

Para fazer uma abordagem da situação dos OGMs no Brasil, faz-se necessário um panorama da biotecnologia no Brasil. No início da década de 80, importantes instituições científicas, institutos tecnológicos e empresas de biotecnologia se distribuíram por várias regiões do país para desenvolver pesquisa em agricultura (Sales Filho, 1993; Libera, 1991).

Em 1991 foi criado o Programa Nacional de Biotecnologia (Pronab), com um subprograma de engenharia genética, gerenciado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) (Salles Filho, 1993). Em 1985 cria-se o Ministério da Ciência e Tecnologia, com a finalidade de fortalecer a comunidade científica no país.

Em 1988, o governo federal estimulou a consolidação das redes colaborativas regionais de biotecnologia, envolvendo instituições científico-tecnológicas, formando vários centros em diversas regiões do país, como: Universidade Federal de Viçosa/MG, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Estadual de Campinas/SP, entre outras instituições de pesquisa que estão desenvolvendo pesquisas biotecnológicas.

O principal centro de pesquisa biotecnológica governamental é a Embrapa, com o Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargem), órgão federal de pesquisa com sede em Brasília que é o precursor das pesquisas biotecnológicas no Brasil. Conta-se ainda com acordos de cooperação com o governo argentino e da China, no intuito de estimular a realização de projetos industriais e tecnológicos, a serem desenvolvidos junto a empresas nacionais de ambos os países, e também com o intercâmbio de cientistas e pesquisadores visando à pesquisa e à formação de recursos humanos (Libera, 2001:32)

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que começou a investir em biotecnologia na década de 80, desenvolve a maior parte das pesquisas no País. Foi na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, localizada em Brasília (DF), que se estabeleceu a primeira equipe de pesquisadores realizando trabalhos em clonagem de genes e desenvolvimento de tecnologias para obtenção de plantas transgênicas. Hoje, vários laboratórios no Brasil estão trabalhando com plantas geneticamente modificadas, incluindo diferentes centros de pesquisa da Embrapa e universidades federais e estaduais, além de empresas privadas.

O Brasil tem um papel relevante no desenvolvimento da biotecnologia agropecuária. O país pode oferecer um mercado interno significativo e em expansão, alta tecnologia para a produção nos trópicos desenvolvida pela Embrapa e, principalmente, por possuir a maior biodiversidade do planeta, genes, atualmente uma das maiores limitações à expansão da biotecnologia moderna e, certamente, uma das principais matérias primas da biotecnologia do próximo século (Portugal, 1999:15).

Os principais produtos geneticamente modificados pesquisados pela Embrapa em parceria com as universidades federais são: soja, milho (capazes de produzir insulina e hormônio de crescimento), mamão, feijão, cacau, banana, eucalipto, café, entre outros produtos resistentes a herbicidas, vírus e insetos.

Outra empresa de expressão no desenvolvimento de transgênicos, é a Monsanto, que ignorando a campanha do movimento ambiental contra os transgênicos, essa multinacional do ramo agroquímico e pioneira nas pesquisas com organismos geneticamente modificados (OGMs), resolveu entrar na guerra da informação.

Desde 1997 a Monsanto realiza estudos no Brasil com a soja Roundup Ready⁹, resistente ao herbicida glifosato. Em 1995, o Brasil havia aprovado a lei de Biossegurança, que autorizava o cultivo de plantas geneticamente modificadas no País. Em 1998, A CTNBio deu parecer técnico conclusivo favorável à soja Roundup Ready, o primeiro cultivo geneticamente modificado brasileiro.

Ações em tramitação na Justiça, no entanto, impedem o cultivo e a comercialização de transgênicos no País. Como a soja transgênica vem sendo cultivada de forma ilegal desde 1997, o governo tem editado Medidas Provisórias (MPs) para possibilitar que os agricultores plantem e comercializem a safra geneticamente modificada.

Além da soja Roundup Ready, resistente ao glifosato, a Monsanto realiza experimentos com milho geneticamente modificado em várias regiões do País. Após obter o credenciamento de suas áreas experimentais junto à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), os ensaios foram realizados com o milho geneticamente modificado para ser resistente a insetos-pragas, tecnologia conhecida como Bt, e com o milho tolerante a herbicida, conhecido como Roundup Ready. A Monsanto também fez experimentos, no Brasil, com o algodão resistente a insetos-pragas e tolerante a herbicida glifosato (RR)¹⁰.

As pesquisas com plantas geneticamente modificadas que contenham propriedades bioinseticidas, no entanto, estão paralisadas há mais de três anos no Brasil. Nenhuma empresa, pública ou privada, pode hoje fazer testes com as plantas desenvolvidas pela tecnologia Bt¹¹, que carrega em seu código genético o gene da proteína de *Bacillus thuringiensis*, uma bactéria de solo encontrada naturalmente, que tem ação inseticida contra insetos e pragas que atacam as lavouras. Os testes não podem ser realizados pelo atraso na definição da necessidade de se precisar de um Registro Especial Temporário (RET) para fazer experimentos com esses produtos.

Cientistas brasileiros têm se dividido entre dois mundos: a ciência e a política. Com a polêmica dos transgênicos, tem sido freqüente a presença de pesquisadores nos corredores

⁹ Fonte: <www.monsanto.com.br>. Acesso em 10/05/2004

¹⁰ Idem, Acesso em 12/05/2004.

¹¹ ABRASEM, www.abrasem.com.br Acesso em 20/05/2004.

do Congresso Nacional. Representantes de vários segmentos científicos, liderados pela Associação Nacional de Biossegurança (Anbio), estão empenhados em convencer lideranças políticas a modificar o projeto de lei de biossegurança, em discussão no Congresso.

Para pesquisar transgênicos, é preciso solicitar um Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB), emitido pela CTNBio. Para conseguir autorização para realizar experimentos de campo, uma instituição de pesquisa precisa responder questões a respeito do organismo a ser liberado, a origem do DNA inserido e detalhes sobre localização e dimensão do experimento.

Conforme a CTNBio¹², questões relativas ao habitat e ecologia dos organismos são profundamente analisadas, incluindo informações sobre o centro de diversidade do organismo a ser liberado e sua capacidade de dispersão na natureza, entre uma série de outras questões. São exigidas ainda informações sobre a genética do OGM, tais como o mapa genético da construção, caracterização da modificação genética, dados sobre a estabilidade, identificação dos efeitos dos produtos de expressão do gene inserido sobre a saúde humana, animal e meio ambiente, mecanismos de dispersão no ar, água e solo, capacidade de transferência da característica inserida para outros organismos, além do detalhamento dos procedimentos a serem usados para o controle dos restos culturais.

Entre as questões específicas, é objeto da análise: planta ou microorganismo que vive associado a animais, microorganismos utilizados como vacina viva de uso veterinário, microorganismos que modificam propriedades do solo, animais vertebrados, animais de vida aquática, animais invertebrados, organismos para controle biológico, organismos para biorremediação e organismos consumidos como alimento. Somente após a análise dessas informações e dados técnicos é que a CTNBio opina sobre o pedido.

O excesso de burocracia para a autorização de pesquisas tem descontentado a comunidade científica, que alerta para a dependência tecnológica do País, caso o quadro não seja revertido. Conforme o Ministério da Agricultura, desde 2001 foram feitos 200 pedidos de pesquisas com OGMs, que estão paralisados por falha na legislação ou por motivos judiciais.

¹² Fonte: <www.ctnbio.com.br> Acesso 15/05/2004.

Enquanto a indefinição cerca o assunto, instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na vanguarda das pesquisas com transgênicos no País, lutam para manter os laboratórios em funcionamento. Conforme o engenheiro agrônomo Elíbio Leopoldo Rech Filho¹³, Ph.D em Genética Molecular e pesquisador da Embrapa, as pesquisas com transgênicos na instituição estão paradas por não terem autorização para experimento de campo. "Existe uma série de exigências, a gente nem sabe o que falta. É uma situação obscura", critica o pesquisador.

O engenheiro agrônomo Francisco José Lima de Aragão, pesquisador e gerente do Núcleo Temático de Biotecnologia da Embrapa, revela que as pesquisas de campo hoje requerem licenças de, pelo menos, sete ministérios. Segundo ele, há projetos parados há três anos, como é o caso das pesquisas com plantas resistentes a pragas. "Há casos em que não podemos continuar a pesquisa nem dentro do laboratório", diz, referindo-se a exigências de licenças ambientais.

De acordo com a microbiologista Leila Macedo Oda¹⁴, presidente da Anbio, em 2001 havia 158 pesquisas em desenvolvimento no Brasil. Em 2002, o número caiu para 86, e este ano somam menos de dez. "Estamos desestimulando a pesquisa, o que deve acarretar em dependência tecnológica a curto prazo".

O projeto de lei de Biossegurança encaminhado ao Congresso coloca no conselho formado por ministros a capacidade de decidir inclusive sobre a pesquisa. Os cientistas querem que as decisões sobre pesquisas com OGMs fiquem com a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

Cientistas brasileiros reclamam que o projeto de lei de biossegurança, em discussão no Congresso, não distingue avaliação técnica da nova tecnologia, de questões sociais, políticas e econômicas. Mais de cem pesquisadores assinaram o "Manifesto de brasileiros sobre o Projeto de Lei de Biossegurança 2001/2003". "Não se justifica que mecanismos burocráticos travem o avanço e o desenvolvimento da ciência no Brasil, principalmente porque o País, no segmento da genômica, tem capacitação e destaque no cenário mundial", diz o documento, encaminhado para as autoridades em Brasília.

¹³ Fonte: <www.embrapa.com.br>. Acesso 19/05/2004.

¹⁴ Fonte: <www.anbio.org.br>. Acesso 19/05/2004.

Essa questão será abordada na primeira parte do próximo capítulo, no que diz respeito à Lei de Biossegurança no Brasil.

3. MARCO NACIONAL LEGAL E NUANCES DOS OGMs

Este capítulo terá o objetivo de fazer uma explanação sobre como está a situação da legislação referente a Organismos Geneticamente Modificados, trata-se a Lei de Biossegurança, no Brasil, bem como demonstrar a opinião de algumas instituições e técnicos que trabalham de forma direta ou indireta com OGMs no que diz respeito à sua liberação.

As informações sobre a Lei de Biossegurança no Brasil, que serão percorridas a seguir, foram extraídas da entrevista realizada com a Dra. Ana Lúcia Assad¹⁵.

A proposta de regulamentação dos OGM's no Brasil se iniciou a partir de 1985, quando o então Senador Marco Maciel apresentou uma proposta para regulamentar, naquele momento, todas as atividades de engenharia genética, com destaque para a manipulação de seres vivos, que foi aprovada pelo Congresso Nacional somente em 1995, dez anos depois, e se tornou a Lei de Biossegurança.

Assad faz uma importante observação no que se refere à estrutura desta lei: “Essa lei, era muito ampla. Na verdade, para o momento da época era uma estrutura bastante avançada, porque de um modo, os outros países estavam optando em tratar a biossegurança separadamente da área agrícola, da área da saúde, sem fazer nenhuma interferência e nenhuma ligação entre elas. A Lei de Biossegurança no Brasil pôs dentro de uma única Lei, agricultura, a área de saúde e área de meio ambiente”.

A referida Lei criava a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança -CTNBio, que teria comissões setoriais com a participação da agricultura, saúde e meio ambiente em uma única decisão, em um único plenário, o que ocasionou problemas e conflitos que permanecem até a atualidade.

¹⁵ Coordenadora do Programa Nacional de Biotecnologia e Recursos Genéticos, do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT.

A Lei foi regulamentada por um decreto. Porém, o então presidente da República Fernando Henrique Cardoso, quando sancionou a Lei, cortou um artigo central: o que criava a CTNBIO, mas apesar disso, a CTNBIO foi instalada, criada, constituída, regulada pelo Decreto nº 1.752, de 20 de dezembro de 1995, vinculada à Secretaria Executiva do Ministério da Ciência e Tecnologia, e começou a funcionar em 1996

Dessa forma, a CTNBIO começou a analisar, avaliar e aprovar projetos, estabeleceu regulamentações por meio de instruções normativas, e qualquer instituição que trabalhasse com engenharia genética teria que obter o Certificado de Qualidade em Biossegurança. Vale ressaltar que não necessariamente a instituição precisaria trabalhar com transgênicos para obter o CQB, e sim com toda atividade de engenharia genética.

Em 1998, surgiram questionamentos quanto ao aspecto comercial dos transgênicos e quanto ao papel da CTNBIO, principalmente quanto aos riscos ambientais, pois hoje existe legislação ambiental (Lei 6.938), que afirma que OGM é poluente, necessitando assim de licenciamento ambiental. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a resolução 305 exige Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), necessário para atividades poluidoras, incluindo os transgênicos.

Ao mesmo tempo, tem a Lei de Agrotóxico que também aborda questões de OGM. Para melhor explicar a interface da biossegurança com a Lei de Agrotóxico, pode-se ter como exemplo a soja Roundup Ready, pois a mesma acaba sendo um agrotóxico por possuir glifosato (diminui a necessidade de aplicação de agrotóxico em grandes quantidades). Dessa forma há hoje um imbróglgio jurídico, uma superposição de aspectos legais que começaram a complicar o entendimento da implementação de uma lei.

O novo Governo montou uma Comissão Interministerial para discutir uma nova proposta de Lei, a qual sofreu alterações significativas na Câmara dos Deputados e presentemente se encontra em discussão no Senado Federal. Dentre as alterações, merece destaque a inserção de um artigo relativo às pesquisas e trabalhos que se utilizem de células tronco e terapia celular.

A proibição de tais atividades representa um grave equívoco na medida em que não apenas os avanços na biotecnologia se mostram mais evidentes nesta área, mas também se

constata que tais pesquisas não deveriam ser reguladas por uma Lei de Biossegurança, mas sim por um instrumento específico para sua regulação.

3.1. NUANCES QUE ENVOLVEM OS OGMs

Segundo o Serviço Internacional para a Aquisição de Aplicações de Agrobiotecnologia¹⁶, biodiversidade pode ser definida como a variedade e a variabilidade existente entre os organismos vivos e as complexidades ecológicas nas quais elas ocorrem. Ela pode ser entendida como uma associação de vários componentes hierárquicos: ecossistema, comunidade, espécies, populações e genes em uma área definida. Estima-se que a biodiversidade inclua de 300 a 500 mil espécies vegetais e, destas, cerca de 30 mil são comestíveis.

Ainda de acordo com o Instituto, a biotecnologia é uma importante e poderosa ferramenta que pode ser usada para monitorar o processo de extinção de espécies, pela quantificação da variabilidade genética existente nas mesmas, utilizando-se de testes de DNA.

A variabilidade genética é a base da perpetuação de todos os seres vivos. Assim, a biotecnologia poderia ser usada para prevenir, ou mesmo para detectar a perda da variabilidade genética das espécies. Além disso, com sua contribuição no aumento da produtividade, a Biotecnologia Agrícola poderia para a diminuição do desmatamento de áreas naturais e conseqüentemente na eliminação da biodiversidade nestes locais.

A biotecnologia vem sendo utilizada para melhorar plantas visando aumentar a produtividade agrícola, de forma sustentável e com preservação do meio ambiente, bem como para produzir alimentos de maior valores nutritivos, industriais¹⁷.

Para este Instituto, existem ainda muitas possibilidades de melhoria na agricultura com uso da biotecnologia, como por exemplo, produção de plantas adaptadas a condições adversas de clima e solo, diminuição de perdas pós colheita pela produção de plantas que amadurecem mais lentamente e outras que, embora potenciais, ainda demandarão um

¹⁶ Fonte: www.isaaa.org. Acesso em 15/05/2004.

¹⁷ Fonte: www.fao.org. Acesso em 15/05/2004

horizonte de tempo mais dilatado para sua plena maturação. A produção de cultivares de valor nutricional e protéico mais aquilatado corresponde a um destes casos.

Atualmente, a biotecnologia está sendo utilizada para desenvolver variedades com ganhos específicos para a fase de produção, conferindo às plantas a melhoria em várias de suas características agrônômicas, tais como resistência a insetos e doenças e tolerância a herbicidas. Soja, milho, canola, batata e algodão transgênicos já são cultivados em escala comercial e consumidos em diversos países, com destaque para Estados Unidos, Argentina, China, Austrália e Canadá.

Em 2001, 52,6 milhões de hectares em todo o mundo foram cultivados com sementes geneticamente modificadas. O crescimento da área foi de 19% em relação ao ano 2000 (ou 8,4 milhões de hectares)¹⁸.

No período de 1996 a 2001, a área ocupada por plantas geneticamente modificadas aumentou mais de 30 vezes, passando de 1,7 milhão de hectares em 1996 para 52,6 milhões em 2001. Os dados são do Isaaa¹⁹, o Serviço Internacional para a Aquisição de Aplicações de Agrobiotecnologia.

A soja responde por 63% da área cultivada com culturas geneticamente modificadas. Depois vêm o milho, com 9,8 milhões de hectares (19%), algodão, com 6,8 milhões de hectares (13%), e canola, com 2,7 milhões de hectares (5%)²⁰.

Pesquisas estão sendo desenvolvidas e em breve deverão estar disponíveis no mercado plantas com características tais como maior teor de óleo, de proteínas e vitaminas. Há também pesquisas que possibilitarão, no futuro, que as plantas sejam utilizadas como biofábricas de medicamentos e vacinas, bem como que sejam produzidas plantas melhor adaptadas a condições adversas de clima e solo e que apresentem menores perdas pós colheita.

¹⁸ Fonte: < www.isaaa.org >. Acesso em 15/05/2004.

¹⁹ Idem. Acesso 15/05/2004.

²⁰ Idem. Acesso 15/05/2004

Um relatório divulgado recentemente, pela FAO órgão das Nações Unidas para alimentos e agricultura, aprova a utilização de sementes geneticamente modificadas e diz que a biotecnologia só não traz mais benefícios porque ainda não se disseminou suficientemente nos países pobres.

De acordo com o relatório, os OGMs já ajudaram economicamente pequenos fazendeiros, apresentaram ganhos ambientais - com a redução do uso de pesticidas e herbicidas tóxicos - e não demonstraram efeitos nocivos à saúde²¹.

O problema, de acordo com a FAO, é que, até agora, a tecnologia tem sido mais utilizada para culturas agrícolas de grande interesse comercial. Para Harwig de Haen²², assistente do diretor geral do departamento econômico e social da FAO, a biotecnologia não é uma panacéia para a luta contra a fome no mundo, mas pode ajudar de três maneiras, aumentando a produção e rendimento dos fazendeiros, aumentando o suprimento de alimentos no mundo, o que acarretaria em uma redução nos preços e contribuindo para a melhoria nutricional das colheitas.

Porém, de acordo com Haen, para garantir os benefícios aos mais pobres, os governos de todo o mundo deveriam se envolver mais na pesquisa e desenvolvimento de novas sementes, em vez de deixarem a tarefa nas mãos de corporações privadas.

Isso alimenta o debate sobre o tema em um momento em que aumenta a oposição aos OGMs em alguns países da Europa e da África. Os que defendem os transgênicos dizem que as plantações podem resistir a insetos e receber vitaminas extras, representando vantagens para fazendeiros e consumidores.

Por outro lado, os oponentes dizem as plantações com transgênicos trazem riscos desconhecidos à saúde e ao ambiente e que apenas as multinacionais que desenvolvem e vendem sementes geneticamente modificadas se beneficiam.

De acordo com Santarém, bióloga e pesquisadora da PUC-RS, a biotecnologia, como ciência, a biotecnologia, no que diz respeito a benefícios ao seres humanos, tem potencial para

²¹ Fonte: www.fao.org. Acesso em 22/05/2004.

²² Idem. Acesso 22/05/2004

oferecer novos produtos, bem como desenvolver técnicas que aplicadas à medicina aumentem a qualidade de vida e a eficiência dos tratamentos de doenças, além de produzir alimentos de maior valor nutritivo²³.

Alguns exemplos, somados aos já anteriormente mencionados incluem: plantas que poderão ser utilizadas como vacinas; vegetais que absorvem menos óleo durante o processo de fritura; vegetais enriquecidos em termos de nutrientes, tais como vitaminas, proteínas e provitaminas, exemplo o arroz dourado; tratamento de doenças que ocorrem por problemas genéticos (terapia gênica); produção de órgãos e tecidos para transplante, sem o problema de rejeição; utilização de microrganismos geneticamente modificados mais eficientes na produção de produtos em processos fermentativos; utilização de microrganismos geneticamente modificados para biorremediação (despoluição).

Para Santarém, uma das conseqüências da engenharia genética é a possibilidade de utilização de plantas como “fábricas” para produção de substâncias farmacêuticas. As plantas produzem, naturalmente, compostos biologicamente ativos, que conferem proteção contra herbívoros e infecção por patógenos, além de agirem como atrativos para polinizadores e dispersores de sementes.

Santarém, salienta que muitos desses compostos têm sido utilizados como medicinais desde os tempos pré-históricos e vários dos medicamentos atuais são baseados em produtos naturais. A biotecnologia, principalmente a transformação genética, tem o potencial de aumentar ou modificar a produção destes compostos farmacêuticos e criar plantas transgênicas importantes para a saúde humana.

Resultados positivos estão sendo obtidos por meio da modificação genética de plantas para alterar quantitativamente a produção de um composto de interesse medicinal. A hirudina, poderoso anticoagulante produzido pela sanguessuga, pode ser extraída de sementes de plantas transgênicas. Outro exemplo importante é a alteração do conteúdo de vitamina C (ou ácido ascórbico) em plantas, pela introdução de um gene responsável pela síntese de uma enzima que a recicla²⁴.

²³ Fonte: www.cib.org. Acesso 23/05/2004.

²⁴ Fonte: www.cib.org. Acesso 23/05/2004

A única fonte dessa vitamina para os seres humanos é a alimentação, já que não são capazes de produzi-la. O ácido ascórbico está presente em grandes quantidades, em frutas cítricas e hortaliças, mas em pequenas quantidades nos grãos.

Nas plantas, é um composto importante para a proteção contra os efeitos oxidantes do oxigênio, ou seja, aqueles que geram a produção de radicais livres, causada pela seca, alta incidência luminosa, baixas temperaturas ou solos salinos. O aumento da concentração de vitamina C não é apenas benéfico para melhorar a alimentação humana, mas também para o aumento da produtividade vegetal.

A possibilidade concreta de alterar a quantidade dessa vitamina em plantas, inclusive nos cereais, permitirá ampliar o número de fontes alimentares a partir das quais o ácido ascórbico poderá ser obtido. Alguns estudos sugerem que os hábitos alimentares modernos aumentam a probabilidade de que um grande número de pessoas não consuma 200 mg de vitamina C por dia, necessários para garantir a saúde dos sistemas cardiovascular e imunológico. Dessa forma, a perspectiva de aumentar os teores de ácido ascórbico em alimentos de origem vegetal possibilitaria a ingestão de vitamina suficiente para uma vida mais saudável.

A biotecnologia é uma nova fronteira da indústria do século. Se o Brasil não desenvolver pesquisas em biotecnologia, perderá a possibilidade de usar o vasto potencial da sua biodiversidade, a capacidade de gerar internamente produtos originários da biotecnologia de alto interesse para a competitividade da agricultura brasileira, a capacidade de desenvolver a indústria farmacêutica local, gerando produtos de interesse para a população em geral.

Além de fatores comerciais, se o Brasil ficar alheio às pesquisas, perderá a oportunidade de acompanhar o desenvolvimento das novas tecnologias e produtos derivados da biotecnologia, ficando dependente das de acordo com a geração em outros países²⁵.

Para Galvão e Rodolphe²⁶, a história da biotecnologia no Brasil é confusa e complexa. Após um longo período sem soluções definitivas sobre o tema, a posição

²⁵ Fonte: <www.cib.org>. Acesso 22/05/2004.

²⁶ Anderson Galvão e Rodolphe de Borchgrave – Artigo: *Benefícios Econômicos da Soja Geneticamente Modificada*. <www.cib.org>. Acesso 20/05/2004

governamental e sua política sobre o assunto continuam sem uma posição clara que dê segurança aos agentes envolvidos no setor.

Dessa forma, cultivos ilegais de soja GM se desenvolveram inicialmente no Rio Grande do Sul, se espalharam pelas principais zonas de produção do país, embora com menores taxas de penetração.

A utilização da biotecnologia é fato comum na agricultura, principalmente nos estados do Sul do país, onde relatos informais indicam a existência de plantios de soja geneticamente melhorada (GM) desde a safra 1996/97. Ou seja, a cada ano a adoção da biotecnologia no Brasil carece de um marco jurídico definitivo para uma situação já consumada.

Porém, a questão-chave é saber quais as condições que devem ser observadas para os benefícios superarem os custos e para que a relação entre esses fatores seja maximizada para a economia brasileira como um todo.

A adoção dessa, como de qualquer tecnologia agrícola, envolverá benefícios e custos, tanto para os produtores rurais quanto para os consumidores intermediários e finais. Portanto, determiná-los e identificá-los é fundamental para amparar boas legislações.

No Brasil existem diversas entidades de pesquisa sobre a segurança ambiental de plantas geneticamente modificadas, públicas e privadas²⁷, que desenvolvem estudos sobre a segurança ambiental de plantas geneticamente modificadas em diversos ecossistemas.

Os resultados dessas pesquisas são apresentados pelas entidades à CTNBio, como exigência para que sejam avaliadas novas solicitações para ensaios experimentais, bem como para futuras solicitações para comercialização de OGM's. Todos os resultados de pesquisas com OGM's apresentados à CTNBio podem ser consultados pelo público em geral, pela solicitação de cópias de processos nos quais haja os referidos resultados.

Para que se faça as avaliações de segurança ambiental de OGMs, em particular em ecossistemas brasileiros, deve-se considerar características dos organismos parentais não

transgênicos, dos genes inseridos e das características expressas pelos mesmos, bem como do ambiente das avaliações. Assim, são desenvolvidos protocolos experimentais que possibilitam que as interações entre os diversos organismos presentes no ambiente sejam avaliadas, de modo que a segurança ambiental seja garantida.

Para os autores citados neste capítulo, não há desvantagens na liberação do comércio dos produtos provenientes de plantas geneticamente modificadas no Brasil, elas aumentarão a produtividade agrícola do Brasil, gerando mais alimentos para atender às necessidades internas da população, reduzindo os custos de produção das lavouras, tornando nossos produtos mais competitivos no mercado externo e, com isso, melhorando o desempenho da balança comercial brasileira.

A própria Lei de Biossegurança, e a correspondente criação da CTNBio, mostram claramente a disposição oficial do Brasil em adotar os cultivos geneticamente modificados. A comunidade científica e o próprio governo brasileiro já se mostraram favoráveis ao desenvolvimento das plantas geneticamente modificadas.

O apoio do governo foi oficializado em nota divulgada em julho de 2000, assinada por seis ministros de Estado. A nota diz, textualmente, que "o governo entende que o Brasil não pode ficar à margem dessa tecnologia (biotecnologia) e, nesse sentido, elegeu a biotecnologia como uma das áreas prioritárias do Avança Brasil, confiante de que seus órgãos reguladores estão plenamente qualificados para implementar a legislação brasileira de biossegurança e propor aperfeiçoamentos em conformidade com os avanços da Ciência e os interesses do País"²⁸.

Na safra de 2003, pequenos agricultores gaúchos se convenceram que cultivar soja transgênica é bom para eles. O prazo que a Federação dos Trabalhadores na Agricultura do Rio Grande do Sul deu ao Governo Federal, para que este explicasse oficialmente porque a soja transgênica resistente ao glifosato faria mal para saúde ou meio ambiente se esgotou. Não havendo resposta, foi enviada carta ao Presidente da República, dando a entender que estes agricultores vão continuar a plantar a soja transgênica²⁹.

²⁷ Fonte: <www.cib.org> Acesso 21/05/2004

²⁸ Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia. <www.mct.gov.br> . Acesso 18/05/2004

²⁹ Fonte: www.cib.org Acesso 22/05/2004

Baseados na experiência de sucesso da safra de 2003, os pequenos agricultores decidiram de uma vez por todas incorporar os benefícios da biotecnologia na agricultura e assim dar fim ao imobilismo tecnológico que se lhes tentavam inculcar.

Com a perspectiva de desfrutarem dos benefícios de lavouras, e na expectativa de aumentar os lucros com outras plantas desenvolvidas pela biotecnologia, tais como aquelas que lhes permitirão o uso mais racional de agroquímicos, os pequenos agricultores buscaram na ciência e na tecnologia as respostas para as suas demandas.

Com gesto de autodefesa e autodeterminação, o pequeno agricultor se recusa a aceitar o mito da dependência tecnológica da agricultura brasileira às empresas estrangeiras, propagado por quem subestima a inteligência do povo e que se nega a reconhecer a qualificação dos cientistas.

Os pequenos agricultores sabem que não foram em vão os últimos cinquenta anos de capacitação tecnológica da nação, investidos na formação de profissionais em programas de pós-graduação no país e nas melhores universidades e laboratórios de do mundo.

Em diversas situações, divulgou-se na mídia ou nos bastidores do mercado, de que os preços pagos aos produtos não geneticamente modificados, conhecidos também como convencionais, seriam mais elevados no mercado internacional e que ao mesmo tempo, a parcela conquistada nas transações internacionais seria incrementada por parte dos países que não são adeptos a produção de transgênicos.

Através deste ponto de vista, os defensores da “agricultura convencional” partiram do pressuposto de que o Brasil seria favorecido pela não produção de transgênicos. Alegam que os países da Ásia e Europa eram adversos ao consumo de produtos geneticamente modificados, e que o Brasil passaria a ser um dos principais fornecedores de grãos convencionais a estes dois continentes.

A produção de milho geneticamente modificado na Argentina teve o seu início na safra 1996/97, quando foram cultivados apenas 70 mil hectares. Nos últimos cinco anos, a produção de milho Bt na Argentina registrou um crescimento médio anual de cerca de 50%, o

que representa 8,0% dos 13,5 milhões de hectares cultivados com produtos geneticamente modificados na Argentina (base ano 2002).

A hipótese de que consumidores europeus e asiáticos refutam os produtos transgênicos poderia ser quebrada pelo padrão de comportamento observado nas exportações de milho da Argentina. Realizando uma análise do período de 1997 a 2003, pode-se concluir que os europeus e os asiáticos estão entre os principais importadores de milho da Argentina. Sendo que, neste caso específico, existe também o fato de questões ambientais ocorridas nestes países em decorrência do El Niño, que quebrou suas safras e não houve outra saída, uma vez que o maior exportador de milho do mundo, os Estados Unidos, também produzem milho Bt. Talvez se houvesse opção de grande produtor de milho convencional, este provavelmente teria prevalecido. Como por exemplo no caso do Brasil que se tornou o principal exportador mundial de soja, superando os USA, porque a soja que o país exporta é não-transgênica.

A Espanha se destaca em segundo lugar no ranking, com uma aquisição da ordem de 6,23 milhões de toneladas no acumulado do período. O Japão aparece em sexto lugar na lista, com um volume de aquisição de 3,95 milhões de toneladas, enquanto a Coreia do Sul se destaca em oitavo lugar com volume total importado no período de 2,78 milhões de toneladas. Ainda figuram entre os principais importadores, Malásia (9º), Portugal (11º), Taiwan (15º) e Reino Unido (16º), em uma lista que contempla 106 países.

Desde que o Brasil passou a ser um exportador freqüente de milho ao mercado internacional, a Espanha e a Coreia do Sul se destacaram como os dois principais importadores do produto tupiniquim. De 2001 a 2003, a Espanha adquiriu um volume total de milho do Brasil da ordem de 2,01 milhões de toneladas. No mesmo período, a Espanha importou da Argentina 2,32 milhões de toneladas. Já a Coreia do Sul importou do Brasil um volume total de 2,73 milhões de toneladas de 2001 a 2003, enquanto o volume adquirido da Argentina no mesmo período foi de 1,75 milhão de toneladas. Por parte do Japão, o volume adquirido tanto na Argentina quanto no Brasil foi de 1,21 milhão de toneladas³⁰.

A introdução de tecnologias na agricultura familiar poderá ser um instrumento fundamental e decisivo para a contínua e mais eficiente participação deste importante setor do

agronegócio no desenvolvimento social e econômico do Brasil. Entretanto, tecnologias devem ser configuradas como parte de uma estratégia de desenvolvimento que requerem uma análise *ex-ante* em relação a sua natureza e pujança, associadas a um conjunto de intervenções complementares, que permitam maximizar seus efeitos benéficos e mitigar os custos sociais.

Apesar de pouco conhecido por algumas camadas da população, o setor da agricultura familiar apresenta uma grande diversidade em relação ao seu meio ambiente, a sua situação e tipos de produtores, à aptidão às terras, à disponibilidade de infra-estrutura, ao acesso ao crédito, às variações econômicas, entre outras. De acordo com o último censo agropecuário de 1995/1996 do IBGE, a agricultura familiar representa 85,2% do total de estabelecimentos, ocupando 30,5% da área total. Apesar de receberem apenas 25,3% do financiamento destinado à agricultura, a agricultura familiar tem sido responsável por 37,9% do Valor Bruto da Produção (VBP) da agropecuária nacional e a principal fonte geradora de empregos no meio rural³¹.

O acesso à tecnologia tem apresentado uma grande variação, tanto entre os agricultores familiares como entre os grandes produtores. A utilização da tração animal ou mecânica ainda é muito reduzida em uma grande parcela dos agricultores familiares, onde apenas 16,7% utilizam assistência técnica, contra 43,5% entre os grandes produtores. O uso da biotecnologia poderá contribuir para a solução de diferentes problemas e amplificar, de forma ainda mais significativa, os resultados atingidos pela agricultura familiar, com profundos reflexos na qualidade de vida do agricultor familiar e no agronegócio moderno.

O uso da cultura de tecidos de plantas viabilizará a produção de mudas sadias e livres de doenças; as técnicas de reprodução na área animal possibilitarão o aumento da produtividade; os kits de diagnósticos serão utilizados para a identificação de doenças; o desenvolvimento de novas vacinas será um importante componente na sanidade animal; a expansão de produção em áreas que não poderiam ser utilizadas no passado, por meio de culturas tolerantes à seca, ao frio e à salinidade; o aumento do valor nutricional de diferentes alimentos; as sementes e o leite natural que agrega medicamentos terapêuticos como hormônios, anticorpos e outras biomoléculas de interesse farmacêutico e industrial; a redução da exposição a resíduos de defensivos agrícolas; o aumento do tempo de maturação de frutos,

³⁰ Fonte: <www.cib.org>. Acesso 22/05/2004

³¹ Idem. Acesso 22/05/2004

facilitando sua comercialização; a redução de perdas de pós-colheita; a redução de impactos ambientais, graças à redução da utilização de defensivos; a indução de variabilidade; a biorremediação de áreas alagadas e poluídas; entre outras.

Fica claro neste capítulo a deficiência de argumentos que possam ser considerados desfavoráveis aos transgênicos. Isso se deve ao fato de que, durante o período de pesquisa, os artigos encontrados e as conversas informais com técnicos do Instituto Brasileiro de Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, não foram capazes de produzir bons argumentos capazes de convencer que o melhor é não produzir OGMs.

Vale a pena ressaltar que este capítulo era para ter sido baseado em entrevistas com a posição de Instituições Brasileiras que estão diretamente envolvidas com a produção e comercialização de transgênicos. Porém não foi possível devido ao não encaminhamento, por parte das Instituições das questões sobre o assunto.

4. CONCLUSÃO

Os recentes avanços na moderna Biotecnologia, entre eles a tecnologia dos organismos geneticamente modificados, encontram-se hoje sustentados sobre três grandes pilares: o do direito, o da biossegurança e o da bioética.

O ambiente jurídico internacional e nacional vem sofrendo grandes mudanças com relação às questões que envolvem o acesso e a conservação da biodiversidade, os direitos de propriedade intelectual sobre os organismos vivos - sejam eles modificados ou não -, os direitos do consumidor à informação, a biossegurança de produtos e processos etc.

Este cenário decorre das mudanças tecnológicas e sociais que, desde a década de 1980, vêm causando importantes impactos na sociedade. Entre essas mudanças, estão o aumento da preocupação com a conservação ambiental, com o desenvolvimento internacional e com o bem-estar das comunidades e o surgimento de novos organismos vivos, manipulados pela engenharia genética, e de produtos deles derivados e destinados ao consumo humano.

Os OGMs despertaram preocupações com relação ao controle e à minimização dos riscos advindos da prática das novas tecnologias, seja em laboratório ou quando aplicadas ao meio ambiente. Nesse contexto se insere a biossegurança, que hoje é um dos suportes para esses novos avanços. Fazer uso da biossegurança significa adotar procedimentos específicos, para reduzir os riscos de atividades potencialmente perigosas que envolvam organismos vivos.

Outros questionamentos, estes de cunho ético e moral, também foram levantados acerca dos novos paradigmas tecnológicos que foram apresentados à sociedade. Novas tecnologias são desafios que assustam aqueles que não acompanham seu contínuo crescimento e suas inovações, particularmente quando a mídia divulga algo fora do comum ou de conseqüências inesperadas.

Imprevisíveis porque, pela primeira vez, estão sendo criados organismos que nunca existiram na natureza. Com a técnica do DNA recombinante, genes estão sendo transferidos entre espécies que não se relacionariam naturalmente. Desta forma, modelar um sistema do

qual nada se conhece a respeito de sua implementação prática, se torna algo muito pouco preciso.

Outra preocupação com relação à imprevisibilidade desta tecnologia é o fato de que, para alguns, a engenharia genética não respeita as fronteiras da natureza, fronteiras essas que existem para proteger a singularidade de cada espécie e assegurar a integridade genética das futuras gerações.

Entretanto, considerando que "a imprevisibilidade faz parte da própria natureza do empreendimento científico", e que, por definição, aquilo que se encontra é novo, logo, desconhecido, não é possível prever para onde irá, de fato, determinados campos de investigações e de aplicações práticas.

Quanto à irreversibilidade dos OGMs, o saber-fazer biotecnocientífico aponta para a possibilidade de transformar a qualidade de vida de um número crescente de indivíduos e populações humanas, assim como de transformar, de forma irreversível, a "natureza" (ou "essência") dos sistemas vivos não humanos e de seus ambientes que, por sua vez, retroagem sobre as condições de vida dos humanos.

Diante da imprevisibilidade e da irreversibilidade inerentes à produção de OGMs e, tendo em vista, também, o ritmo cada vez mais acelerado das inovações, tem-se a sensação de que não há ninguém que possa assegurar que tais descobertas científicas são seguras, ou quais os exatos limites dos riscos que se corre ao se fazer uso desta tecnologia.

Desta forma, resta à sociedade pensar qual seria, eticamente, a melhor posição frente aos riscos que, ao mesmo tempo em que causam perplexidade, revelam grandes possibilidades futuras. Neste contexto, a bioética se tornou o terceiro e, até o presente momento, último pilar fundamental na discussão e sustentação dos argumentos pró e contra essa tecnologia.

A bioética tem representado importante movimento social e acadêmico no sentido de buscar analisar, de forma a mais racional, imparcial e prudente possível, as conseqüências advindas do novo paradigma biotecnocientífico. Esta mesma bioética deve ser capaz de legitimar, perante a sociedade, os riscos que vale a pena correr, tendo em vista tantos

objetivos pragmáticos dessa tecnologia quanto à eficácia a biossegurança em prever e controlar a probabilidade de riscos.

Não se deve afirmar que a engenharia genética e em especial os alimentos transgênicos são cientificamente seguros, visto que os cientistas não podem oferecer garantias absolutas de que não haja riscos ou efeitos adversos. Esta tecnologia é nova e muitos estudos ainda estão sendo desenvolvidos em diversos campos, envolvendo a saúde humana e animal, o ambiente e a agricultura. Embora a ciência não trabalhe com certezas, a análise dos resultados de pesquisas que apresentem duração de médio a longo prazo constitui em um dos meios que se tem para avaliar a segurança de novos produtos.

O potencial das técnicas de engenharia genética para a produção de OGMs é promissor. No entanto, é preciso que o consumidor esteja informado sobre suas principais vantagens e desvantagens, podendo, assim, escolher entre utilizar ou não os alimentos transgênicos.

É preciso analisar e interpretar a realidade social a partir da premissa de que na sociedade capitalista as relações humanas transcendem as relações homem/natureza, e que as mesmas podem estar sendo equacionadas unicamente segundo a lógica do capital. Dessa forma, os padrões ambientais e de segurança alimentar serão sacrificados a fim de atender aos interesses financeiros e às pressões políticas das corporações econômicas transnacionais, o que representaria um elevado risco para a humanidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Sementes. <www.abrasem.com.br>

Associação Nacional de Biossegurança . <www.anbio.gov.br>

Biodiversidade. <www.biodiv.org>

Biotecnologia. <www.biotecnologia.com.br>

CARVALHO, Antônio Paes. *Biotecnologia*. MCT. 2003.

CASSIOLATO, J. & LASTRES, M., *Sistemas de Inovação: Políticas e Perspectivas, Parcerias Estratégicas*. nº 8, maio de 2000.

CASTELLS, Manuel, *A sociedade em Rede. Série A Era da Informação: economia, sociedade e cultura, 1*. Paz e Terra, São Paulo, 2000.

Codex Alimentarius. www.codexalimentarius.net.

Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. www.ctnbio.gov.br

Conselho de Informações sobre Biotecnologia. www.cib.org

Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. www.embrapa.com.br

FILHO, Sérgio Luiz M. Salles. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira – Competitividade em Biotecnologia*. IE/Unicamp, MCT . Campinas, 1993.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. <www.fao.org>

JAMES, Clive, *Situação Global de Cultivos Transgênicos Comercializados: 2003*. Revista Isaaa, nº 30, 2003.

LEMONS, C. *Inovação na Era do Conhecimento*, Parcerias Estratégicas, nº 8. maio de 2000.

LIBERA, Artur Nappo Dalla. *O Desenvolvimento da Biotecnologia e a Evolução da Produtividade de Setor Agropecuário Brasileiro no Período de 1970 a 1995*. Monografia. UFSC, Florianópolis. 2001

Ministério da Ciência e Tecnologia. <www.mct.gov.br>

MOMMA, Alberto Nobuoki. Plantas Transgênicas: Marketing e Realidades, Revista de Direito Ambiental, ano 4, nº 15, São Paulo, Revista dos Tribunais: julho-setembro 1999

SARDENBERG, Ronaldo Mota. *Política Nacional de C&T e o Programa de Biotecnologia do MCT*. Embrapa. Brasília, 2000.

Serviço Internacional Para a Aquisição de Aplicações em Agrobiotecnologia. www.isaaa.org.

VALOIS, Afonso Celso Candeira Valois. *Possibilidades de Uso de Genótipos Modificados e Seus Benefícios*. Embrapa. Brasília, 2003

WILKINSON, John. *Estudo da Competitividade de Cadeias Integradas no Brasil*. Monografia. UNICAMP, Campinas, 2002.