A BIOTECNOLOGIA E A GUERRA BIOLÓGICA

Tanos Celmar Costa França e Clóvis Eduardo Godoy Ilha[a]**
[a]Seção de Engenharia Química, Instituto Militar de Engenharia, Praça General Tibúrcio 80, 22290-270, Rio de Janeiro (RJ), Brasil.
[b]Estado-Maior do Exército, Quartel General do Exército, Bloco A, Setor Militar Urbano. 70630-901, Brasília (DF), Brasil.
**clovis.ilha@gmail.com*

RESUMO

O espantoso avanço no conhecimento dos processos biológicos em nível molecular testemunhado no final do século XX e seus impactos ainda inimagináveis sobre a humanidade não deixam a menor dúvida de que o século XXI será consagrado como o século da biotecnologia. Soluções para problemas crônicos que sempre desafiaram a humanidade agora batem a porta. Nunca houve uma perspectiva tão animadora quanto à produção de alimentos em quantidade e qualidade suficientes para por fim a fome no mundo nem tampouco tanta esperança no diagnóstico e cura de doenças. Tudo isso fruto do revolucionário desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante. Todavia, como toda descoberta humana, essa tecnologia tem dois lados. Ao mesmo tempo em que pode significar a redenção da humanidade pode também levar à sua perdição na medida em que o seu mau uso pode desenterrar pragas do passado e até mesmo criar novas pragas, levando a guerra biológica a um patamar nunca antes imaginado. No presente trabalho procuramos fazer uma reflexão sobre esse risco que aparentemente tem passado despercebido nas discussões atuais (muito focadas em interesses econômicos, políticos e ideológicos) sobre as implicações da tecnologia do DNA recombinante.

Palavras chave*:* Biotecnologia, Tecnologia do DNA recombinante, Guerra biológica.

ABSTRACT

The amazing advances on the knowledge of biological processes at the atomic level witnessed at the end of the last century and its still unimaginable impacts on humankind made clear that the XXI century will be considered the century of biotechnology. Solutions for chronic issues that always challenged humankind are now at the front door. We never had a so good perspective regarding food production both in quantity and quality enough to end world famine and, also, so many hopes regarding the diagnosis and cure of diseases. All this thanks to the revolutionary development of the recombinant DNA technology. However, like every single human discovery, this technology has two faces. It could lead to humanity's redemption as it could also lead to our destruction, considering that its bad use could bring back plagues of the past or even create new plagues, promoting the biological warfare to a new level never thought before. In the present work we make reflect on this risk

apparently ignored in today discussions, most focused on the economic, politic and ideological aspects, of the technology of recombinant DNA.

Keywords*:* Biotechnology, Recombinant DNA technology, Biological warfare.
*tanos@ime.eb.br; **clovis.ilha@gmail.com;

INTRODUÇÃO

A utilização de organismos geneticamente modificados (OGM) tem provocado grande polêmica no Brasil, despertando acaloradas discussões na mídia, na academia e mesmo nos tribunais. Para a sociedade, o foco do problema são os impactos dos alimentos transgênicos sobre a saúde humana e ao meio ambiente. Contudo, as possibilidades da engenharia genética ultrapassam as questões da biossegurança, repercutindo em aspectos econômicos, científicos, militares e até filosóficos.

De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) (Dias, 2000) entende-se biotecnologia como qualquer aplicação tecnológica em que sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados, são usados para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica. Num entendimento mais amplo, pode-se afirmar que há milhares de anos a humanidade atua em processos biotecnológicos, com o desenvolvimento das técnicas de fermentação na produção de vinhos, queijos e pães. Todavia foi somente a partir da publicação de experimentos conduzidos pelo monge Gregor Johann Mendel, no final do Século XIX, que a ciência começou a compreender a atuação dos genes na transmissão de características hereditárias (Nicholl, 2006). Décadas se passaram até que, em 1944, Oswald Avery, Colin Macleod e Maclyn McCarty esclareceram aspectos da natureza química do ácido desoxirribonucleiro (DNA), identificando-o como o responsável por transformações em bactérias (Avery, 1944). No início dos anos 1950, os pesquisadores James Watson e Francis Crick, empregando técnicas de cristalografia por raios X, desvendaram a estrutura tridimensional da molécula do DNA. Num artigo publicado pela Revista Nature em 1953 (Watson & Crick, 1953), eles propuseram uma estrutura com duas cadeias helicoidais enroladas num mesmo eixo. O conhecimento dessa estrutura serviu de base para a genética molecular. No início dos anos 1970, houve o desenvolvimento de técnicas de isolamento de fragmentos de DNA e de manipulação de genes. Já em 1972, o microbiologista Ananda Chakrabarty, da Universidade de Illinois, empregou métodos da engenharia genética para obter um microorganismo (MO) capaz de degradar componentes do petróleo bruto. Por decisão da Suprema Corte dos EUA, em 1980, esse MO foi o primeiro ser vivo patenteado naquele país (Kevles, 1994).

A chamada engenharia genética oferece novas possibilidades nos campos da ciência e da economia. No ramo científico, destaca-se o Projeto Genoma Humano (PGH), um consórcio internacional de pesquisas, iniciadas na década de 1990, com o objetivo básico de desvendar o genoma humano, ou seja, toda a informação

hereditária codificada na sequência de DNA dos cromossomos dos seres humanos. A ampliação das capacidades dos meios informatizados permitiu que praticamente todo sequenciamento do genoma humano fosse concluído em 2003 graças ao empenho da empresa Celera Genomics, fundada pelo geneticista Craig Venter que conseguiu combinar sua capacidade de pesquisador com um talento de empresário. Indo além do projeto genoma Venter também fundou um instituto que, em maio de 2010, anunciou a criação de uma célula bacteriana com genoma artificial. Os pesquisadores implantaram um genoma criado em laboratório na célula de uma bactéria que teve seu genoma original totalmente retirado. O anúncio provocou perplexidade. Para a ciência, a bactéria sintética representa um avanço importante na compreensão dos mecanismos da vida, porém, o feito também despertou discussões sobre seus riscos potenciais, inclusive no desenvolvimento de novas formas de armas biológicas.

A criação da bactéria sintética teria custado 15 anos de trabalho e US$ 40 milhões em investimentos. Após o anúncio do feito, o grupo de Venter teria recebido recursos de algumas centenas de milhões de dólares de uma companhia petrolífera, para pesquisas em engenharia genética com algas que possam ser utilizadas na produção de combustíveis.

A genética molecular representa hoje um campo relativamente novo e promissor do conhecimento humano. O desconhecimento quanto a seus riscos opõe-se à percepção de seu potencial, o que provoca diferentes reações nos que acompanham seus progressos ou se surpreendem com suas realizações. Ao mesmo tempo em que uns se preocupam fortemente com a biossegurança, outros alimentam esperanças que a biotecnologia ofereça soluções para os problemas do homem e da natureza. As implicações são inimagináveis. Só para citar algumas, o desenvolvimento dessa tecnologia possibilitará a produção de alimentos em maior quantidade e qualidade e em praticamente qualquer ambiente, a eliminação das perdas com pragas, o aumento do valor nutricional (através da produção de alimentos com maiores teores de vitaminas e minerais e até mesmo contendo anticorpos contra doenças, servindo também como vacinas), o desenvolvimento de novos materiais, novos medicamentos, novos combustíveis, novas formas de prevenção e tratamento de doenças e a criação de inúmeros novos produtos, mais baratos e de melhor qualidade.

Dentre as infinitas possibilidades abertas com a manipulação genética de seres vivos a que causa maior preocupação no meio militar é a eventual criação de novos e mais letais agentes de guerra biológica. Com essa tecnologia é possível tanto trazer de volta pragas do passado (como a peste negra e a varíola, por exemplo), através da criação de cepas mais virulentas e resistentes à quimioterapia existente, como também criar MO novos e mais letais capazes de causar doenças para as quais não haveria quimioterapia disponível. Agrava ainda mais a situação o fato de que o conhecimento necessário para a aplicação dessa tecnologia está fartamente disponível na literatura científica e na internet, além de não demandar muita infraestrutura nem grande aporte de recursos, como no caso do desenvolvimento de armas nucleares. Isso torna o desenvolvimento de novas armas biológicas irresistível para países não signatários da Convenção para a Prevenção de Armas Bio-

lógicas (CPAB) (http://www.armscontrol.org/treaties/bwc) e para grupos terroristas.

A GUERRA BIOLÓGICA

O emprego de agentes biológicos como arma de guerra data da antiguidade. Há diversos relatos na literatura sobre exércitos tentando provocar doenças no lado inimigo com o uso de material contaminado. Todavia apenas a partir de fins do século XIX, com o advento da industrialização e o avanço científico tecnológico, passou a ser possível a pesquisa, produção e emprego em larga escala desses agentes. Nesse contexto merece destaque o desenvolvimento de armas biológicas pelo Exército Japonês, desde a década de 1930 até o final da 2ª Guerra Mundial. A literatura cita as Unidades 100 e 731, destacadas na Manchúria ocupada e que utilizaram prisioneiros chineses para diversos experimentos com agentes causadores de Antraz, botulismo, brucelose e outras doenças (Eitzen, 1997). Ainda na última grande guerra, alemães e britânicos acusaram-se mutuamente de fazer uso de armas biológicas, o que era proibido pelo Protocolo de Genebra, de 1925. Esse protocolo fora assinado por 108 nações que se comprometaram a não empregar substâncias asfixiantes, venenosas e outros gases, assim como métodos bacteriológicos como armas de guerra (Eitzen, 1997).

Durante a Guerra Fria, o temor pelo emprego de armas de destruição em massa, levou a Inglaterra, em 1969, a apresentar ao Comitê de Desarmamento das Nações Unidas uma proposta de proibição à produção, desenvolvimento e estocagem de armas biológicas, que previa inspeções no caso de violação de seu texto. As nações do pacto de Varsória fizeram igual proposta, porém omitindo a possibilidade de verificações de cumprimento do acordo (Sobreiro, 2011).

Os EUA foram os grandes impulsionadores da proposta britânica e, em 10 de abril de 1972, foi aberta para assinaturas a “Convenção sobre a Proibição do Desenvolvimento, Produção e Estocagem de Armas Bacteriológicas (Biológicas) e à Base de Toxinas e sua Destruição”, ou, simplesmente, Convenção sobre a Proibição de Armas Biológicas – CPAB. Essa convenção ampliou as restrições do Protocolo de Genebra de 1925, pois pretendia não somente banir o emprego de armas biológicas, mas também proibir as pesquisas científicas ofensivas (Almeida, 2006). Mesmo tendo sido assinada pelas grandes potências e quase a totalidade dos países, a CPAB ainda não é efetiva, justamente por não prever cláusulas de verificação de conformidade.

Em 1979, um acidente no Instituto de Microbiologia e Virologia, instalação soviética militar em Sverdlosk, provocou uma epidemia de Antraz que causou a morte de pessoas que moravam e trabalhavam a cerca de 4 km daquele instituto, assim como do gado a 50 km do local. O fato expôs o programa soviético de pesquisa e desenvolvimento de armas biológicas (Sobreiro, 2011).

Outros países também violaram os dispositivos da CPAB. Na década de 1990, a UNSCOM, Comissão Especial da ONU formada logo após a Primeira Guerra do Golfo, realizou inspeções no Iraque em busca de armas de destruição em massa. Em 1995, os inspetores relataram que o país de Saddam Hussein havia produzido,

para emprego como armas, 10.000 litros de toxina botulínica em forma concentrada, 6.500 litros de antraz concentrado e 1.580 litros de aflatoxina concentrada (Linn, 2000).

Também em 1995, ocorreu o atentado terrorista do metrô de Tóquio. Em 20 de março daquele ano, membros da seita Verdade Suprema lançaram nos trens da metrópole japonesa cerca de 45 Kg do agente químico Sarin, causando milhares de vítimas dentre as quais 12 foram fatais. Nas investigações que se seguiram, as autoridades policiais descobriram que aquela organização havia, anos antes, dedicado-se ao desenvolvimento de armas biológicas, já tendo, em 1993, tentado dispersar o Antraz em Tóquio. Esse fato demonstrou que grupos terroristas podiam, sim, empregar armas químicas e biológicas em seus ataques (Ilha, 2002).

A capacidade do terrorismo empregar agentes biológicos ficou patente em 2001, poucos dias após o atentado às Torres Gêmeas em 11 de setembro, quando várias cartas contaminadas com Antraz foram enviadas de uma caixa postal em New Jersey, endereçadas ao Congresso dos EUA, a outras autoridades políticas e a redações de jornais. O terrorista foi bem sucedido. Aquelas cartas provocaram o fechamento da câmara dos deputados, causaram a morte de pelo menos 5 pessoas e a contaminação de outras 18, mas seu maior dano foi o grande temor que provocaram na população, tanto a norte-americana como a de outros países. Um ano depois desse fato, o alemão Eckard Wimmer, radicado nos EUA, conseguiu o feito de ser o primeiro pesquisador a sintetizar um vírus, o da poliomielite, em laboratório. Em 2010, quando soube da síntese da bactéria pelo grupo de cientistas liderado por Craig Venter, Wimmer deu uma entrevista relatando otimismo e apreensão. Para ele, a engenharia genética é o campo mais promissor para os avanços na área de saúde; por outro lado, também é factível que grupos terroristas possam encomendar fragmentos de DNA para, com base nos sequenciamentos genéticos disponíveis na *internet*, montar vírus para ataques biológicos (Menchen, 2010).

A TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE

O que possibilita todas as maravilhas da manipulação genética de seres vivos é a chamada tecnologia do DNA recombinante. Essa tecnologia consiste em um conjunto de técnicas que permitem a criação de novas combinações gênicas inexistentes na natureza através da localização, isolamento, alteração e transplante de segmentos de DNA de uma espécie para outra. Tudo começou quando em 1972 Paul Berg e colaboradores (Jackson, 1972) demonstraram que é possível cortar in vitro fragmentos de DNA de diferentes organismos e ligar esses fragmentos entre si, obtendo-se moléculas híbridas de DNA chamadas de DNA recombinante. Essas moléculas podem em seguida ser inseridas numa célula viva (normalmente uma bactéria) que poderá expressá-las, ou seja, produzir a(s) proteína(s) codificada(s) por aquela(s) seqüência(s) de DNA. Em 1973 Stanley Cohen e colaboradores (Cohen, 1973) tornaram isso realidade através da transferência de genes de resistência aos antibióticos streptomicina e sulfonamida de uma cepa da bactéria Escherichia Coli para outra. A cepa que recebeu o plasmídeo passou a expressá-lo, desenvolvendo, assim, resistência a esses antibióticos. Esse foi o primeiro experimento de

engenharia genética da história.

O que viabilizou o desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante foi a descoberta no final dos anos 60 das chamadas enzimas de restrição (endonucleases) que atuam como tesouras moleculares e são capazes de reconhecer uma sequência específica de nucleotídeos (bases que compõem o DNA) e cortar os dois filamentos da sequência de DNA na ligação açúcar-fosfato produzindo os fragmentos de DNA. Elas são usadas toda vez que fragmentos de DNA precisem ser cortados ou unidos. A função dessas enzimas na natureza é justamente proteger as bactérias da ação de vírus, que as infectam através da inserção de seu material genético para se incorporar ao DNA bacteriano, induzindo a bactéria a produzir novos vírus. As enzimas de restrição são capazes de reconhecer os fragmentos de DNA viral e recortá-los para fora do DNA da bactéria, evitando, assim, a infecção viral. Essa capacidade torna-as extremamente úteis também para identificar e recortar fragmentos em qualquer molécula de DNA, tornando possível a identificação e isolamento de qualquer gene de interesse. Mais de 1000 enzimas de restrição de diversos tipos diferentes já foram identificadas e isoladas de bactérias e as mais importantes, e também mais usadas para a tecnologia do DNA recombinante, são as enzimas de restrição do tipo II (Nicholl, 2006).

O processo de restrição é muito simples e consiste basicamente em adicionar uma pequena quantidade da enzima a uma solução concentrada do DNA de interesse purificado e aquecer a mistura a 37 oC. Em poucas horas a enzima cortará todos os sítios de restrição no DNA produzindo uma mistura de fragmentos de DNA (Pierce, 2004). Esses fragmentos podem ser identificados e separados através de técnicas de eletroforese e, então, utilizados para a construção da molécula de DNA recombinante. Para isso eles são unidos a uma molécula capaz de se reproduzir quando introduzida na célula bacteriana. Essa molécula geralmente é um plasmídeo bacteriano, que pode ser facilmente isolado da bactéria em grandes quantidades e apresenta poucos e limitados sítios de restrição (Burns & Bottino, 1991). Tanto o plasmídeo quanto a molécula de DNA de interesse são submetidas à ação da mesma enzima de restrição que produzirá extremidades complementares. Dessa forma os fragmentos do DNA de interesse (exógeno) poderão se unir facilmente ao plasmídeo. Isso é feito pela ação da enzima DNA-ligase, resultando na molécula de DNA recombinante (Figura 1). O plasmídeo contendo o fragmento de DNA exógeno é agora chamado de vetor e, ao ser introduzido numa célula bacteriana, pode se replicar à medida que essa célula se reproduz em meio de cultivo. Para selecionar apenas aquelas células bacterianas que contêm o plasmídeo mutante, são usados no processo de construção da molécula de DNA recombinante apenas plasmídeos que contenham genes que conferem resistência a antibióticos. Dessa forma, quando se cultiva as células bacterianas em um meio contendo antibiótico, apenas as bactérias transformadas com o plasmídeo vetor sobrevivem e crescem. Esse processo leva à produção de uma grande quantidade de células bacterianas mutantes contendo o mesmo fragmento de DNA exógeno de interesse. Como as bactérias se reproduzem por mitose, produzindo cópias idênticas de si mesmas, ou clones, esse processo é chamado de clonagem molecular (Nicholl, 2006).

As bactérias mutantes irão, portanto, expressar os genes incorporados le-

vando à produção das proteínas desejadas. Se o gene incorporado for o gene que codifica a produção da insulina humana, por exemplo, a bactéria mutante passará a produzi-la.

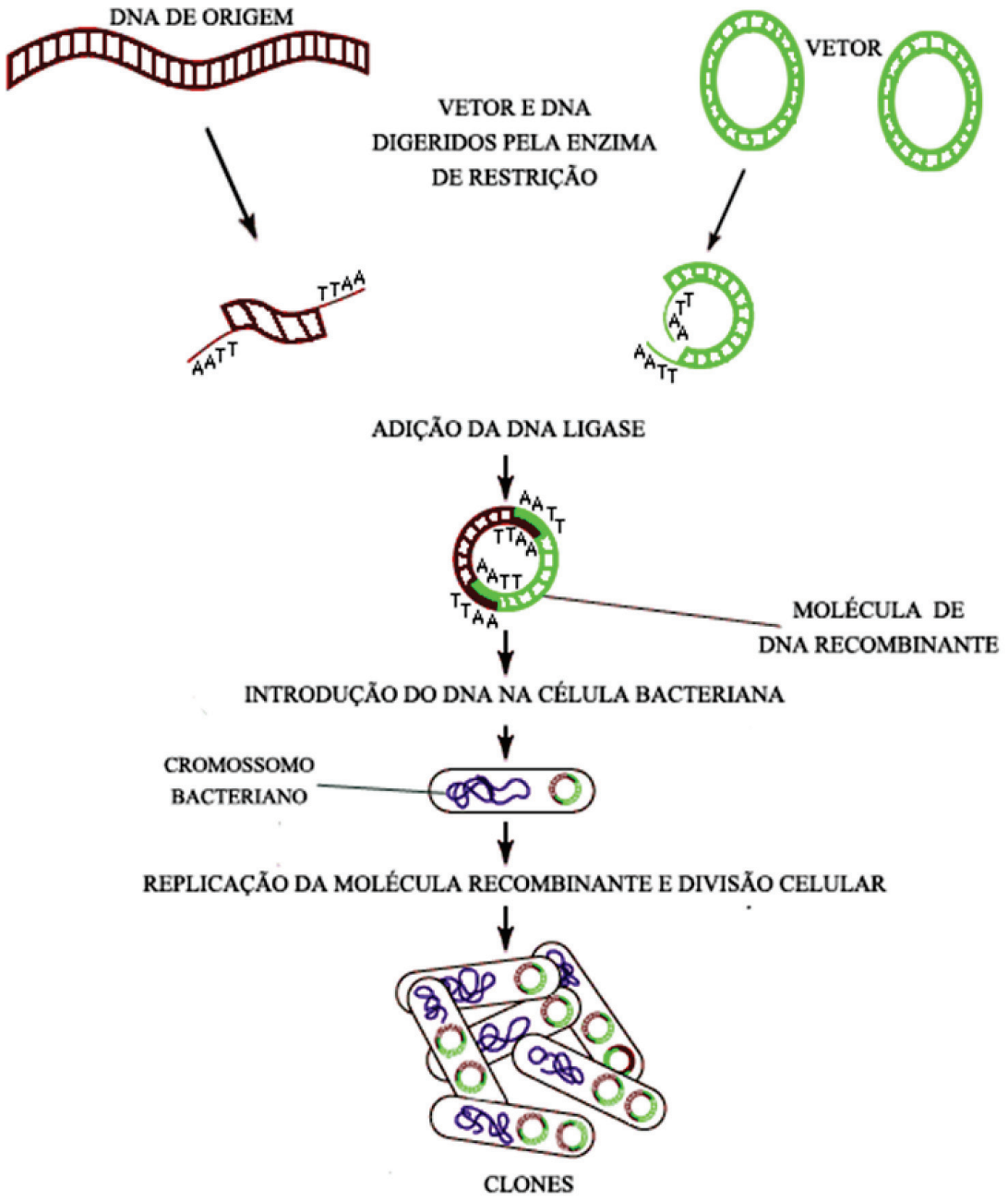

Figura1. *Ilustração do processo de produção de um OGM. Adaptado de: Encyclopaedia Britanica Inc., 2002.*

A mesma manipulação descrita acima para células bacterianas também é possível com células vegetais e animais. Uma aplicação imediata dessa tecnologia foi a possibilidade de se produzir alimentos em maior quantidade e qualidade em função da inserção de genes que tornem a planta mais resistente a condições ambientais, pragas, herbicidas e/ou aumentem o seu valor nutricional. O desenvolvimento dessas plantas OGM revolucionou a agricultura moderna, criando um mercado bilionário disputado hoje por grandes multinacionais como Monsanto e Syngenta.

A REGULAMENTACAO DO DESENVOLVIMENTO E USO DE OGM

Mesmo considerando todos os possíveis benefícios da engenharia genética para a medicina e outros campos da atividade humana e apesar do potencial enorme de surgimento de novas armas biológicas, o lado mais evidente dos OGM reside na agricultura. A discussão do tema hoje em dia no mundo todo gira principalmente em torno das implicações da produção e consumo desses organismos sobre o meio ambiente e a saúde humana e no aspecto econômico, que tem sido um forte motivador das pesquisas com OGM. Nesse aspecto, o Brasil vem ocupando uma posição cada vez mais importante.

Em 1994, houve o lançamento comercial da primeira planta geneticamente modificada, um tomate, no mercado americano. Desde então, houve o desenvolvimento de plantas projetadas para maior resistência a herbicidas e insetos, com alterações na maturação de frutos e flores e outras características inseridas pela modificação de seus genes (Nepomuceno, 2007).

O sucesso dos OGM motivou uma forte expansão dos chamados alimentos transgênicos. A área plantada com OGM no mundo passou de menos de 60 milhões de hectares, em 2002, para alcançar 160 milhões, dez anos mais tarde. Nesse mesmo período, a área no Brasil passou de 3 milhões para mais de 30 milhões de hectares.

Cerca de dois terços da área com OGM no Brasil corresponde a plantações de soja; pouco menos de um terço, de milho; e cerca de 600 mil hectares de algodão. Em 2011, estavam autorizados no Brasil, para uso comercial, 5 modalidades de semente de soja geneticamente modificadas; 9 de algodão; 18 de milho e 1 de feijão (Coelho, 2012).

Mesmo após quase duas décadas desde seu lançamento, sem que se tenha registros relevantes de sua nocividade, ainda persistem dúvidas quanto à segurança do consumo de alimentos transgênicos. Além disso, as possibilidades de grandes lucros pelas empresas fabricantes de produtos geneticamente modificados motivam a discussão sobre o uso da tecnologia do DNA recombinante. Parte da oposição a essa tecnologia deve-se a questões ideológicas de grupos anticapitalistas; suspeita-se, também, que Organizações Não Governamentais (ONG) opõem-se à pesquisa com transgênicos por receberem financiamento de governos e grupos empresariais interessados em deter o monopólio da exploração dessa tecnologia. Por fim, também há os que se opõem aos OGM por uma genuína preocupação com a saúde humana e a preservação do meio ambiente. Seja como for, o fato é que o tema é polêmico. Isso conduziu governos de vários países a criar suas comissões de biossegurança, que são invariavelmente constituídas por especialistas do ramo da biotecnologia, com o objetivo principal de avaliar os riscos que a produção de determinado OGM pode acarretar para o meio ambiente e para a saúde humana e animal.

A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio)

O braço técnico da biossegurança no Brasil é a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), subordinada ao Conselho Nacional de Biossegurança

(CNBS).

A Lei nº 8.974, de 05 de janeiro de 1995, foi o primeiro instrumento jurídico que estabeleceu normas para o uso das técnicas de engenharia genética e para a liberação de OGM no meio ambiente. Aquela Lei também autorizou o Poder Executivo a criar a CTNBio, no âmbito da Presidência da República. Na sua regulamentação pelo Decreto nº 1752, de 20 de dezembro de 1995, a CTNBio ficou vinculada ao Gabinete do Ministro da Ciência e Tecnologia sendo efetivamente constituída e passando a trabalhar. Enquanto seus pareceres se limitaram a autorizar plantio de cultivares transgênicos apenas para caráter experimental, não houve maiores reações ao seu funcionamento. Contudo, em 1º de outubro de 1998, a Comissão expediu um parecer autorizando o plantio comercial de uma variedade de soja resistente a um herbicida. A partir de então, começou uma longa batalha jurídica que, alguns anos mais tarde, culminou no encerramento das atividades da comissão.

Pode-se entender pelo menos parcialmente os motivos que levaram à interrupção da CTNBio. No final dos anos 1990, havia forte desconfiança quanto aos transgênicos. Por um lado, tratava-se de uma tecnologia muito recente, com fortes implicações ambientais e para a saúde humana. Contudo, a forte campanha lançada contra a primeira CTNBio também tinha forte componente econômico, com a expectativa de conquista de mercados pelos alimentos convencionais, cultivados no Brasil, face à forte rejeição do mercado europeu aos OGM. O trabalho da CTNBio teve de ser interrompido, mas suas atribuições eram indispensáveis. Por isso, a Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005, restabeleceu a Comissão, redefinindo sua finalidade e atribuições. Agora, a finalidade da CTNBio é prestar apoio técnico consultivo e assessoramento ao Governo Federal na formulação, atualização e implementação da Política Nacional de Biossegurança relativa a OGM, bem como no estabelecimento de normas técnicas de segurança e pareceres técnicos referentes à proteção da saúde humana, dos organismos vivos e do meio ambiente para atividades que envolvam a construção, experimentação, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, armazenamento, liberação e descarte de OGM e seus derivados.

A CTNBio é composta por especialistas nas áreas de saúde humana e animal, vegetal e ambiental, saúde pública, meio-ambiente, biotecnologia e saúde do trabalhador, além de 02 representantes (um titular e um suplente) de cada um dos Ministérios/Secretarias que compõem o CNBS [Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDICE), Ministério da Defesa (MD), Ministério da Aqüicultura e Pesca e Ministério das Relações Exteriores (MRE)].

O Ministério da Defesa também se faz representar na CTNBio através de 02 membros escolhidos dentre os especialistas em temas selecionados nos quadros técnicos das 03 forças. Cabe a esses representantes zelar pelos interesses do MD junto a CTNBio no tocante a defesa nacional, tendo em mente o lema: “desenvolvimento com proteção”.

Como ilustração do trabalho da CTNBio, a Tabela 1 elenca as liberações co-

merciais de plantas geneticamente modificadas já feitas pela comissão desde 1998.

Tabela 1. Plantas geneticamente modificadas já liberadas pela CTNBio para consumo humano e animal.

Data	Planta Geneticamente Modificada
20/08/1998	soja Roundup Ready, bem como de qualquer germoplasma derivado da linhagem "glyphosate tolerant soybean"(GTS) 40-30-2 ou de suas progênies geneticamente modificadas para tolerância ao herbicida Roundup
17/03/2005	Algodão Bollgard Evento 531, resistente às principais pragas da Ordem Lepidoptera
16/05/2007	milho tolerante ao herbicida glufosinato de amônio, geneticamente modificado, bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação T25 e suas derivadas de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de milho com as linhagens portadoras do evento T25
20/09/2007	milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem Lepidoptera (Milho Bt11, Evento Bt11), bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação Bt11 e suas derivadas de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de milho com linhagens portadoras do evento Bt11
16/08/2007	milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem Lepidoptera (Milho Guardian, Evento MON810), bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação MON810 e suas derivadas de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de milho com linhagens portadoras do evento MON810
21/08/2008	algodão geneticamente modificado para tolerância ao glufosinato de amônio (Algodão LibertyLink Evento LLCotton25), bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação Evento LLCotton25 e seus derivados de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de algodão com linhagens portadoras do evento LLCotton25
18/09/2008	algodão geneticamente modificado (Algodão Roundup Ready, Evento MON 1445) bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação evento MON 1445 e seus derivados de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de algodão com linhagens portadoras do evento MON 1445
18/09/2008	milho geneticamente modificado tolerante ao glifosato (Milho GA21, Evento GA21), bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação GA21 e suas derivadas de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de milho com linhagens portadoras do evento GA21
18/09/2008	milho geneticamente modificado tolerante ao glifosato, Milho Roundup Ready 2 Evento NK603, bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação NK603 e suas derivadas de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de milho com linhagens portadoras do evento NK603
11/12/2008	milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem Lepidoptera (milho Bt Cry1F 1507– Evento TC1507), bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação TC1507 e seus derivados de cruzamento de linhagens e populações não-transgênicas de milho com linhagens portadoras do evento TC1507

Data	Planta Geneticamente Modificada
19/03/2009	algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio, bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação 281-24-236/3006-210-23 e suas derivadas de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de algodão com linhagens portadoras do evento 281-24-236/3006-210-23
29/04/2009	algodão contendo os eventos MON 531 x MON 1445, que conferem resistência a insetos e tolerância ao glifosato
21/05/2009	algodão geneticamente modificado resistente a insetos (Algodão Bollgard, evento MON 15985), bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação MON 15985 e seus derivados de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de algodão com linhagens portadoras do evento MON 15985
17/09/2009	milho geneticamente modificado resistente a insetos, bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação MIR 162 e suas derivadas de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de milho com linhagens portadoras do evento MIR 162
17/09/2009	milho contendo o eventos MON810 e NK603, que conferem resistência a insetos e tolerância a herbicidas, respectivamente, combinados por via sexual, bem como de todas as progênies provenientes destes
17/09/2009	milho geneticamente modificado para resistência a insetos e tolerância a herbicida (Milho Bt11 x GA21), bem como de todas as progênies provenientes do evento de Bt11 x GA21 e seus derivados de cruzamento de linhagens e populações não-transgênicas de milho com linhagens portadoras do evento Bt11 x GA21
15/10/2009	milho contendo os eventos TC 1507 e NK 603, que conferem resistência a insetos e tolerância a herbicidas, respectivamente, combinados por via sexual, bem como de todas as progênies proveniente
15/10/2009	milho resistente a insetos, designado Milho MON 89034,
10/12/2009	soja geneticamente modificada tolerante aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, Soja CV127, Evento BPS-CV127-9
11/02/2010	soja geneticamente modificada tolerante ao glufosinato de amônio, bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação A2704-12 e seus derivados de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de soja com linhagens portadoras do evento A2704-12
11/02/2010	soja geneticamente modificado tolerante ao glufosinato de amônio, bem como de todas as progênies provenientes do evento de transformação A5547-127 e suas derivadas de cruzamento de linhagens e populações não transgênicas de soja com linhagens portadoras do evento A5547-127
20/08/2010	soja resistente a insetos e tolerante a herbicida, contendo os eventos geneticamente modificados MON 87701 e MON 89788

Data	Planta Geneticamente Modificada
18/11/2010	milho MON 89034 x NK 603, que confere resistência a insetos e tolerância a herbicida, bem como todas as progênies dele provenientes
18/11/2010	milho Bt11xMIR162XGA21, resultante do cruzamento, através do melhoramento genético clássico, dos parentais de milho geneticamente modificados
09/12/2010	algodão geneticamente modificado tolerante a herbicidas denominado GHB614 (Algodão GlyTol®)
16/12/2010	milho geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante a herbicidas contendo os eventos MON 89034 × TC1507 × NK603
16/12/2010	milho geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao glifosato MON88017, bem como de quaisquer progênies dele derivados
17/02/2011	algodão geneticamente modificado T304-40 x GHB119, resistente a insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio, designado Algodão TwinLink
16/03/2011	algodão geneticamente modificado tolerante ao herbicida glufosinato de amônio e ao herbicida glifosato denominado GlyTol x LibertyLink (GTxLL)– evento GHB614 x LLCotton25
11/05/2011	algodão geneticamente modificado tolerante a herbicidas e resistente a insetos denominado GlyTol x TwinLink – Evento GHB 614 x T304-40 x GHB119
16/06/2011	milho TC1507 x MON810 x NK603, que confere resistência a insetos e tolerância a herbicidas, bem como todas as progênies dele provenientes
16/06/2011	algodão geneticamente modificado tolerante ao glifosato MON88913
11/08/2011	milho geneticamente modificado TC1507 x MON810, que confere resistência ao ataque de insetos e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio, bem como todas as progênies dele provenientes
15/09/2011	milho geneticamente modificado MON 89034 × MON 88017, resistente a insetos e tolerante ao herbicida glifosato, bem como todas as progênies dele provenientes
15/09/2011	feijoeiro geneticamente modificado resistente ao vírus do mosaico dourado do feijoeiro (Bean golden mosaic vírus - BGMV), evento de transformação Embrapa 5.1
16/08/2012	algodão geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao glifosato MON 15985 x MON 8891

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da mesma forma como é possível conferir uma característica positiva a um MO através da tecnologia do DNA recombinante também é possível atribuir uma característica negativa. A introdução de genes que proporcionem resistência a antibióticos, por exemplo, pode ser usada para a criação de MO resistentes à quimioterapia que se tornariam perigosos patógenos. Esse fato por si só já é motivo de apreensão em função da possibilidade de ressurgimento de pragas do passado,

como a bactéria *Yersinia pestis* (causadora da peste negra que assolou a Europa em 03 grandes epidemias) na forma de cepas resistentes a quimioterapia existente. Todavia o ponto mais crítico é a possibilidade de criação de novos e mais virulentos MO para os quais não seja possível o desenvolvimento de vacinas ou quimioterapia. Tais MO seriam a arma biológica perfeita e, nas mãos erradas, poderiam eventualmente levar à extinção da humanidade. Todavia nota-se que esse risco potencial é muito pouco discutido nos fóruns mundo afora que discutem a regulamentação e as implicações da tecnologia do DNA recombinante. As discussões nesses fóruns sempre giram em torno das questões econômicas, políticas e ideológicas. Entendemos que cabe, portanto, aos órgãos de segurança chamar a atenção para a importância desse ponto e convocar a comunidade acadêmica a uma discussão mais profunda das implicações dessa tecnologia para a guerra biológica e quais medidas práticas podem ser tomadas para evitar (se é que isso é possível) que a arma biológica perfeita venha a ser criada a partir da tecnologia do DNA recombinante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES, a FAPERJ e ao Instituto Militar de Engenharia pelo apoio financeiro e institucional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Almeida, M. E.; Guerra e desenvolvimento biológico: o caso da biotecnologia e da genômica na segunda metade do século XX; Rev. Bras. Epidemol. 2006, 264, 264.*

Avery, O.; MacLeod, C.; and McCarty, M.; Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types, J. Exp. Med., 1944, 79, 137.

- *Dias, B. F. S.; Convenção sobre a Diversidade Biológica - Ministério do Meio Ambiente (MMA) – Brasília/DF, 2000.*
- *Burns, G. W; Bottino, P. J. Genética. 6th ed., Guanabara Koogan: Rio de Janeiro: 1991.*
- *Cohen, S.; Chang, A.; Boyer, H.; Helling, R.; Construction of biologically functional bacterial plasmids in vitro. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1973, 70 (11), 3240.*
- *Kevles, D. J.; Ananda Chakrabarty Wins a Patent: Biotechnology, law, and Society, 1972-1980. Historical Studies in the Physical and Biological Sciences, University of California Press: San Diego, 1994.*
- *Watson, J. D. and Crick, F. H. C.; A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid, Nature, 1953, 171, 737-738.*
- *Eitzen, E.; Takafuki, E.; Historical Overview of Biological Warfare.; In: Sidell, F. R.; Takafuji E. T.; Franz, D. R.; Medical aspects of chemical and biological warfare. Office of The Surgeon General at TMM Publications; Washington, 1997.*
- *http://www.armscontrol.org/treaties/bwc*
- *Ilha, C. E. G.; Lições do Atentado no Metrô de Tóquio. Rev. Mil. C & T., 2002, XIX, 1.*
- *Jackson, D. A.; Symons, R. H.; Berg, P., Biochemical method for inserting new genetic information into DNA of Simian Virus 40: circular SV40 DNA molecules containing lambda phage genes and the galactose operon of Escherichia coli. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1972, 69, 2904.*

- *Linn, T. C.; Revista JFQ, Autumn-Winter 1999-2000, 58.*
- *Menchen, D. Criador de 1º vírus sintético vê risco de uso para bioterrorismo. Folha de São Paulo, 22 de outubro de 2010.*
- *Nepomuceno, A. L.; Farias, J. R. B.; Dossa, D.; Biotecnologia na agricultura: Qual caminho o Brasil deve seguir?. Rev. de Pol. Agric., 2007, 4, 114.*
- *Nicholl, D. S.T. An Introduction to Genetic Engineering. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, 2002.*
- *Pierce, A. B. Genética: Um Enfoque Conceitual. 5th ed.; Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004.*
- *Sobreiro, A. L. Ameaças químicas, Biológicas, Radioativas e Nucleares e Segurança Nacional, Trabalho de Conclusão de Curso; Monografia de conclusão do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia, Escola Superior de Guerra, 2011.*