

IMPACTO DA BIOTECNOLOGIA NA BIODIVERSIDADE

Saiba como a biotecnologia pode contribuir para a conservação da biodiversidade

Aluizio Borém

Eng. Agrônomo, M.S., Ph.D. e Professor da
Universidade Federal de Viçosa
borem@ufv.br

Imagens cedidas pelos autores

Biodiversidade

Biodiversidade pode ser definida como o conjunto de todos os seres vivos em um ecossistema, em uma região ou em toda a Terra.

O valor intrínseco das espécies e dos ecossistemas vai além de seu valor como matéria-prima para o desenvolvimento dos produtos. A biodiversidade possui valor econômico, social, recreativo, cultural e estético. A biodiversidade hoje existente é o resultado da evolução durante 3,5 bilhões de anos, período em que as espécies surgiram, muitas delas hoje não encontradas na face da terra. Os dinossauros não são os únicos seres vivos que desapareceram da Terra.

Existem estimativas de que a maioria das espécies que já existiram desapareceram, evidenciando a natureza dinâmica da biodiversidade. Em longo prazo, os ecossistemas nunca foram estáticos. Eles sempre experimentam alterações com espécies novas surgindo e outras sendo extintas. Essas oscilações são muito lentas e graduais quando comparadas ao tempo de vida do homem. Certamente, hoje, com o crescimento populacional e sua interferência nos ecossistemas, as alterações e o desequilíbrio são muitos maiores que em quaisquer outras épocas da existência da Terra.

Além da biodiversidade silvestre, existe a biodiversidade explorada nos sistemas silvo-agropastoris. Na agricultura, cerca de 7.000 espécies vegetais são utilizadas pelos agricultores. Entretanto, 30 espécies

respondem por 90% da dieta do homem (Ammann, 2003). Dentro dessas poucas 30 espécies existem milhares de biótipos (linhagens, variedades crioulas, nativas, melhoradas, estoques genéticos etc.) adaptados a diferentes condições edafo-climáticas, práticas agrícolas etc. Entretanto, a variabilidade genética presente nas variedades cultivadas, em geral, é relativamente limitada, uma vez que a maioria delas descende de um pequeno grupo de genitores. As três principais espécies agrônômicas, trigo, milho e arroz, produzem individualmente cerca de 500 milhões de toneladas por ano. O melhoramento genético dessas espécies resultou em variedades aparentadas entre si. Adicionalmente, a distância genética entre essas variedades e a maioria dos acessos dos bancos de germoplasma é muito grande, limitando sua utilidade para a introgressão de nova variabilidade. A biotecnologia possui grande potencial para expandir a base genética das variedades atualmente cultivadas e para a transferência de características importantes dos acessos dos bancos de germoplasma para as modernas variedades, sem o arraste de genes de características indesejáveis (Borém, 2001).

Convenção sobre biodiversidade

Por iniciativa da ONU, foi realizada em 1992, no Rio de Janeiro, a Convenção sobre Biodiversidade. A reunião ficou conhecida como Eco-

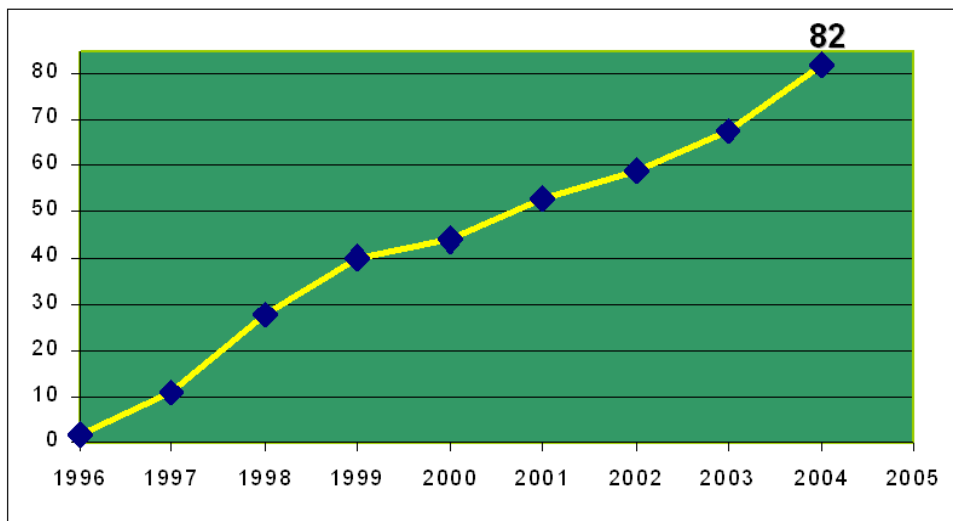


Figura 1. Área cultivada com variedades transgênicas no período de 1996 a 2004

92. O resultado deste encontro foi que a maioria dos países participantes concordou em seguir as normas então estabelecidas para a conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos genéticos. Esta convenção reconheceu a soberania de cada país sobre os recursos genéticos em seu território. Os termos da Eco-92 contemplam tanto as espécies silvestres quanto as cultivadas.

Os artigos 16 e 19 da Eco-92 são dedicados à biotecnologia e têm gerado retornos econômicos para países que exploram racionalmente seus recursos genéticos. Um exemplo foi o convênio firmado entre a Merck e a Costa Rica para a bioprospecção de ingredientes com fins medicinais. Essa parceria permitiu a identificação de novos princípios ativos e um retorno de US\$ 2 milhões durante um período de cinco anos, além de possíveis *royalties*, se produtos comerciais forem lançados.

A Eco-92 requer que todo país signatário tome medidas para preservar sua biodiversidade. Uma segunda Convenção sobre Biodiversidade aconteceu em Johannesburgo, em 2002. Essa convenção, conhecida como Rio +10, representou novos progressos e compromissos dos países na preservação da biodiversidade.

Protocolo de Biossegurança de Cartagena

O Protocolo de Cartagena, como

ficou conhecido, estabeleceu as bases para a normatização internacional do desenvolvimento dos OGMs. Esta reunião foi realizada em Cartagena, Venezuela, em 2000.

Este protocolo é um conjunto de normas para a manipulação, o transporte e o uso de OGMs que possam trazer algum risco para a biodiversidade. Nele é mencionado explicitamente o princípio da precaução e estabelecidas as diretrizes para o comércio internacional de OGMs. Este Protocolo só foi assinado pelo Brasil em 2003, depois da solução dos conflitos de interesse entre diferentes ministérios do governo federal.

O princípio da precaução foi elaborado para proteger o meio ambiente. Esse princípio deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental.

A aplicação do princípio da precaução significa que, se há incerteza científica, devem ser adotados procedimentos para prevenir e evitar dano ao meio ambiente. No tocante aos riscos dos OGMs para o meio ambiente, o Brasil adotou uma lei moderna de biossegurança, a qual, além de contemplar o princípio da precaução, estabelece outros instru-

mentos jurídicos para a preservação da biodiversidade brasileira. O que não se deve fazer é invocar o princípio da precaução como subterfúgio para impedir que variedades geneticamente modificadas seguras para a saúde humana e para o meio ambiente sejam impedidas de serem plantadas pelos agricultores brasileiros. Neste particular, existem evidências de que o princípio da precaução tem sido preconceituosamente utilizado no Brasil por alguns grupos vestidos de defensores do meio ambiente. Uma discussão mais profunda sobre este

tema é apresentada no capítulo 8 deste livro.

Erosão genética

A perda na biodiversidade pode ser detectada pela extinção de espécies ou pela redução na variabilidade genética dentro das espécies.

Considerando que as florestas tropicais são ricas em recursos genéticos, o seu desmatamento é particularmente nocivo à biodiversidade. Pimm e Revem (2000) estimam que, dos 16 milhões de quilômetros quadrados dessas florestas existentes 100 anos atrás, somente a metade permanece. É importante notar que a biodiversidade não está uniformemente distribuída na Terra. Existem determinados ecossistemas especialmente ricos em biodiversidade, a exemplo da Floresta Amazônica, do Pantanal Mato-grossense e da Mata Atlântica, no caso do Brasil.

A principal causa da redução da biodiversidade é a fragmentação e destruição do *habitat*. O contínuo crescimento das cidades, da malha rodoviária e a expansão da fronteira agrícola são os maiores responsáveis pela destruição dos ecossistemas. A população mundial, hoje de 6,4 bilhões de habitantes, deverá dobrar nos próximos 50 anos, exercendo enorme pressão sobre os *habitats* remanescentes. O Brasil, país detentor de uma mega biodiversidade e em contínuo crescimento populacional, precisa encontrar al-

Quadro 1. Variedades transgênicas em fase de pré-comercialização

Espécie	Características
Soja	Maior produtividade Tolerância à salinidade Tolerância à seca Resistência a <i>Sclerotinia</i> Composição alterada da fração oléica Tolerância a herbicidas Resistência a insetos
Milho	Maior produtividade Maior teor de triptofano Maior teor de lisin Tolerância à salinidade Tolerância à seca Resistência a <i>Sclerotinia</i> Resistência a <i>Rhizoctonia</i> Composição alterada da fração oléica Coloração das sementes Tolerância a herbicidas Resistência a insetos
Algodão	Qualidade da fibra Composição alterada da fração oléica Resistência a <i>Rhizoctonia</i> Tolerância a herbicidas Resistência a insetos
Tomate	Qualidade nutricional Tempo de prateleira Qualidade do fruto Tolerância ao calo Resistência a doenças Resistência a insetos
Arroz	Maior produtividade Qualidade nutricional Resistência a doenças Nanismo
Cana-de-açúcar	Tolerância a herbicidas Resistência a doenças Resistência a insetos
Café	Baixo teor de cafeína
Eucalipto	Baixo teor de lignina

Fonte: Information systems for biotechnology (<http://www.nbiap.vt.edu>)

alternativas para a preservação de seus recursos genéticos. Uma das várias alternativas à incorporação de novas áreas do sistema produtivo é o aumento da produtividade das lavouras. Muitas outras medidas técnicas, socioeconômicas e políticas precisam ser adotadas simultaneamente para se assegurar a preservação dos recursos genéticos ainda existentes.

A moderna biotecnologia pode contribuir para a preservação da biodiversidade. Se adequadamente testadas quanto aos riscos para o meio ambiente, as variedades

transgênicas contribuem para protegê-lo. Entretanto, cada caso deve ser considerado separadamente. Os resultados de experimentos e as evidências obtidas nos plantios comerciais mostram um balanço ambiental positivo nas regiões que adotaram as variedades GM, observando-se o repovoamento com animais e aves que haviam abandonado essas regiões.

A segunda principal causa da redução da biodiversidade é a invasão e colonização por plantas exóticas. O intercâmbio de espécies

entre países tem sido um dos mais importantes fatores para o crescimento da agricultura mundial. Em geral, as principais espécies agrônômicas cultivadas em uma região são importadas de outras. No Brasil, a introdução da soja, do milho, do arroz, dos citros, do café, do feijão, do trigo e de outras espécies viabilizou a agricultura e a produção de alimentos no País. O mesmo se verifica em países de outros continentes. Entretanto, as espécies exóticas introduzidas poderão ameaçar as nativas, se aquelas apresentarem alta adaptação às condições locais. Em geral, as espécies introduzidas não são ameaçadas por pragas e doenças em seu novo *habitat*, o que lhes confere vantagem adaptativa.

As análises de biossegurança realizadas antes da liberação comercial das variedades GM devotam especial atenção à possível tendência de elas invadirem e colonizarem o meio ambiente (Borém, 2001). Essas variedades são, portanto, analisadas quanto às alterações morfo-fenológicas que a introdução do transgene possa ter causado. Alterações que confirmam maior agressividade ou habilidade de competição no meio ambiente poderão vetar sua liberação comercial. A maioria das espécies agrônômicas cultivadas pelo homem perdeu, ao longo do processo de domesticação, a capacidade de sobreviver sem a interferência humana. Com a eliminação de características como dormência das sementes, maturação desuniforme, deiscência de vagens na maturação e hábito de crescimento inderteminado do tipo sarmentoso, durante a domesticação, as espécies tornam-se dependentes do homem para sobreviverem.

Embora a maioria dos cientistas acredite que a introdução de apenas um ou poucos genes não possa reverter as espécies cultivadas aos seus ancestrais com elevada capacidade de invadir e habilidade de sobrevivência no meio ambiente, toda variedade GM é submetida à análise de biossegurança para se avaliar seu potencial efeito adverso ambiental. Crawley (2001) conduziu um estudo durante 10 anos, em 12 localidades, com quatro espécies (canela, batata,

milho e beterraba-açucareira), com o objetivo de avaliar a agressividade e invasibilidade das variedades GM. Em nenhum caso as variedades GM foram mais invasivas ou persistentes que seus equivalentes convencionais. Entretanto, apesar da expectativa de as variedades GM não serem mais invasíveis que as convencionais, cada caso deve ser estudado individualmente.

Utilização da biotecnologia na biodiversidade

Estudo da biodiversidade

Atualmente, a maioria das pesquisas biológicas tira proveito das ferramentas biotecnológicas para a solução de problemas ou aquisição de conhecimento. Na taxonomia, os marcadores moleculares são utilizados para identificar ecótipos de organismos ou espécies. Essas técnicas moleculares são importantes na manipulação das coleções vivas de recursos genéticos, os bancos de germoplasma. Informações moleculares de cada acesso podem esclarecer sua origem e o grau de parentesco com outros acessos, evitando a manutenção de duplicatas nesses bancos.

Os projetos genoma em andamento em diferentes países estão sequenciando o DNA de várias espécies. O conhecimento da sequência genômica dessas espécies disponibilizará uma variabilidade genética ainda pouco explorada pelo homem. O genoma da planta modelo para as dicotiledôneas, *Arabidopsis thaliana*, foi sequenciado em 2000. Os 126 Mbp de sequência dessa planta silvestre hoje se encontram à disposição do público, para consulta, e de toda a comunidade científica para utilização. O genoma do arroz, sequenciado em 2002, possui 430 Mbp. Atualmente, existem projetos de sequenciamento genômico em andamento para alfafa, milho, café, banana, eucalipto, tomate e outras espécies. O Brasil entrou para o seletor grupo de pesquisa genômica após ter sequenciado o genoma do primeiro fitopatógeno no mundo, em 2002, a bactéria *Xylella fastidiosa*.

Transferência interespecífica de genes

Uma vez que o código genético é universal, isto é, os genes dos diferentes seres vivos são codificados com a mesma linguagem e o mesmo material genético, é possível tomar um gene de um organismo e transferi-lo para qualquer outro, de forma que o indivíduo receptor possa também apresentar a característica conferida pelo gene transferido (transgene). Esta tecnologia permite a ampliação da variabilidade genética nas espécies, gerando oportunidade para os cientistas desenvolverem variedades adaptadas às mais diferentes situações. Organismos assim obtidos são denominados transgênicos ou simplesmente geneticamente modificados. A primeira planta transgênica foi obtida em 1985 e, em 1994, após os testes de biossegurança, a primeira variedade GM chegou às prateleiras dos supermercados, o tomate Flavr Savr. A área comutativa plantada com as diferentes variedades GM em diferentes países, desde então, atingiu 302 milhões de ha (Figura 1). Estados Unidos, Canadá, Argentina, China, Austrália, África do Sul e Brasil possuem grandes áreas plantadas com variedades GM.

Em 2003, as variedades GM foram plantadas pelos seguintes países: Estados Unidos, Argentina, Canadá, China, Brasil, México, Espanha, Austrália, África do Sul, Colômbia, Índia, Indonésia, Romênia, Uruguai, Bulgária, Honduras e Alemanha. As três principais espécies agrônômicas GM cultivadas são: soja, milho e algodão. Embora tolerância a herbicidas e resistência a insetos ainda sejam as principais características introduzidas nestas variedades, já se encontram em fase final de avaliação, em diferentes países, variedades GM com as mais diferentes características, as quais em breve deverão estar disponíveis comercialmente (Quadro 1).

O principal motivo de adoção das variedades GM pelos produtores tem sido econômico. Como o custo de produção destas variedades em geral é menor, elas oferecem maior

lucratividade para os produtores. Na maioria das circunstâncias, a produtividade das lavouras GM é semelhante ou superior à das convencionais. Entretanto, o principal benefício dessas variedades não pode ser mensurado em termos econômicos. Nas regiões onde foram plantadas variedades GM, ocorreu substancial redução no uso de defensivos agrícolas. Com o menor uso desses agrotóxicos, é menor a contaminação do ambiente, com claros benefícios para a biodiversidade local. Em muitas dessas regiões, tem-se notado a tendência de repovoamento com a fauna e flora nativas. Esses benefícios são notórios nos casos das variedades tolerantes a herbicidas e das resistentes a insetos.

Como pode ser observado no Quadro 3.1, muitas das características introduzidas nas variedades ora em fase final de avaliação trarão benefícios diretos para o meio ambiente, reduzindo a dependência dos produtores aos agrotóxicos, enquanto outras trarão benefícios diretos aos consumidores, como nos casos da melhoria na qualidade nutricional, a exemplo da alteração na fração oléica, desenvolvida para prevenção de doenças cardiovasculares.

Biodiversidade silvestre

A biodiversidade silvestre está sendo reduzida de forma sistemática na Europa há vários milênios. Os ecossistemas são alterados definitivamente com o desmatamento para o plantio de pastagens e lavouras. A América ainda possui parte das suas florestas nativas, as quais têm permanecido intocadas com o estabelecimento de reservas biológicas. Apesar dos esforços de conservação da biodiversidade, cerca de 50% das florestas tropicais já foram destruídas. O grande desafio dos cientistas é estabelecer alternativas que viabilizem a produção de alimentos e fibras que atendam a demanda mundial sem a necessidade de se fragmentar ou mesmo destruir a biodiversidade silvestre remanescente. Esse desafio é ainda maior para os países em desenvolvimento, como o Brasil. A produtividade de muitas

espécies cresceu substancialmente nas últimas décadas, mas a pressão pela expansão da fronteira agrícola, com a inclusão de novas áreas ao sistema produtivo, tem sido observada. Essas áreas têm sido adicionadas ao sistema produtivo com o ônus principalmente de reservas nativas com importante biodiversidade.

Segundo Conway (1999), a maneira mais promissora para se reduzir a destruição da biodiversidade remanescente é o aumento da produtividade. Neste particular, o melhoramento genético convencional e o biotecnológico têm grande potencial de contribuição. A introdução de genes para maior eficiência fotossintética, maior eficiência na translocação e melhor distribuição dos fotoassimilados entre a produção biológica e a produção econômica poderá viabilizar um novo salto em produtividade das culturas. Essas modificações genéticas, algumas já em fase de avaliação (Quadro 1), poderão ser a melhor alternativa para aliviar a pressão de fragmentação dos ecossistemas ainda virgens. A biotecnologia, ainda incompreendida por alguns grupos ambientalistas, é sua maior aliada na preservação dos ecossistemas. Ao aliviar a pressão por novos desmatamentos, preserva-se a biodiversidade. Certamente que a preocupação dos ambientalistas é correta e a avaliação da segurança destas variedades geneticamente modificadas para o meio ambiente é essencial. Por isso mesmo, cada nova variedade de GM é avaliada em diversos ambientes durante sucessivos anos antes de serem disponibilizadas para o plantio comercial.

Biodiversidade agrícola

A biodiversidade existente no germoplasma utilizado pelos agricultores deve ser conservada. O fluxo gênico das variedades melhoradas convencionais ou transgênicas para o germoplasma crioulo tem sido alvo da atenção dos cientistas. Portanto, o fluxo gênico não é uma preocupação peculiar à era da biotecnologia. O intercâmbio de

genes entre as variedades crioulas e as melhoradas tem ocorrido desde que os melhoristas começaram a lançar suas variedades. Apesar disso, as variedades crioulas têm permanecido estáveis e suas características não têm desaparecido. Adicionalmente, como uma precaução extra, essas variedades têm sido preservadas nos bancos de germoplasma.

Com o desenvolvimento de novas ferramentas da biotecnologia, tem sido mais fácil e precisa a medição do fluxo gênico, motivo da maior controvérsia atual sobre os OGMs. A substituição das variedades crioulas pelas modernas, uma prática natural entre os agricultores, à medida que estas se tornam disponíveis, pode resultar em perda de germoplasma. No Brasil, muitos tipos de feijão estão desaparecendo dos campos dos agricultores e, conseqüentemente, do mercado, em razão da crescente preferência do consumidor por apenas feijão tipo carioca e preto. Até cerca de 30 anos atrás, os feijões roxinho, bico-de-ouro, pardo, mulatinho, dentre outros, eram amplamente cultivados. Para preservação da grande biodiversidade dos feijões cultivados, amostras têm sido coletadas e armazenadas em câmaras frias dos bancos de germoplasma.

O fluxo gênico das variedades GM para as espécies silvestres limita-se àquele que pode ocorrer na espécie ou entre espécies sexualmente compatíveis. Isto é, no caso do feijão, este fluxo gênico se limitaria apenas aos seus ancestrais *Phaseolus vulgaris* var. *mexicanus* ou *P. vulgaris* var. *aborigeneus*, ecótipos da mesma espécie do feijão cultivado *P. vulgaris* var. *vulgaris*. Essas três entidades se inter cruzam facilmente. A soja (*Glycine max*) só é sexualmente compatível com seu parente silvestre *G. soja*. A espécie *G. max* não cruza com quaisquer outros tipos silvestres de *Glycine* ou de outras espécies. Adicionalmente, para que uma variedade melhorada de feijão ou de soja cruze com os tipos silvestres com os quais ela é sexualmente compatível, há necessidade de que ambos ocorram no

mesmo *habitat* (proximidade espacial) e floresçam na mesma época (proximidade temporal).

Nenhum problema ecológico é esperado após o fluxo gênico, a não ser que o gene transferido modifique a adaptação (agressividade, invasibilidade ou capacidade de colonização) do indivíduo receptor. Estudos comparativos entre o milho cultivado e seu parente silvestre teosinto revelam que o número de genes necessários para conferir elevada capacidade competitiva é grande (Doubly, 1999). Dessa forma, a introdução de apenas um ou poucos genes, via fluxo gênico, não seria suficiente para criar uma superplanta daninha. Maiores detalhes sobre este assunto o leitor encontrará no capítulo 13.

Acreditando na importância de se desenvolver seu programa em biotecnologia, o Brasil, por meio do CNPq e de outras agências de fomento à pesquisa do governo, enviou, para treinamento, anualmente, a partir dos anos 80, grande número de cientistas para várias universidades no exterior. Com grande massa crítica adequadamente treinada, vários centros de excelência em biotecnologia se estabeleceram no País. Em 1995, foi homologada a Lei de Biossegurança, que normatiza a avaliação dos OGMs quanto à segurança para a saúde humana e animal e para o meio ambiente. Desde então, o Brasil tem realizado pesquisas com plantas geneticamente modificadas e avaliado, em condições controladas, a segurança das novas variedades GM. Em 1998, a CTNBio, após avaliar a segurança da soja tolerante ao glifostato, recomendou sua liberação para plantio comercial. Entretanto, uma liminar judicial suspendeu esse direito, até que em 2003 o governo federal regulou esta matéria por meio de uma medida provisória. Os motivos que levaram o governo a autorizar o plantio dessa soja foram a segurança da soja transgênica para o homem e para o meio ambiente, conclusão à qual a CTNBio já havia chegado anteriormente. O atraso na liberação dessa variedade GM no Brasil obrigou os

sojicultores a continuarem usando herbicidas mais tóxicos e residuais que o glifosato. Esse herbicida teve sua patente expirada há alguns anos e hoje é produzido por mais de 18 empresas no País. Portanto, o atraso no uso dessa tecnologia representou grande ônus para o meio ambiente do Brasil e para o produtor brasileiro.

Bibliografia

- Adam A. 2000. Now for the hard ones. *Nature* 408: 792-793.
- Ammann, K. 1997. Botanists to blame? *Plant Talk* 8: 4.
- Ammann, K. e Papazov, Ammann, B. 1999. Where do we come from, where do we go from here? p. 199-204. In: Ammann, K., Jacot, Y., Simonsen, V. e Kjellson, G. (eds.). 1999. *Methods for risk assessment of transgenic plants III. Ecological risks and prospects of transgenic plants, where do we go from here? A dialogue between biotech industry and science. Proceedings of the Bern International Conference, 28-31. January 1998, Berne, Switzerland.* Birkhäuser, Basel.
- Ammann, K., Jacot, Y. e Rufener, M. P. 1996. Field release of transgenic crops in Switzerland: an ecological assessment of vertical gene flow. In: Schulte, E. e Käppeli, O. (orgs.) *Schwerpunktprogramm Biotechnologie, BATS, Basel.* p.101-157. <http://www.bats.ch/data/english/k3titel.htm>
- Ammann, K., Jacot, Y., Kjellsson, G. e Simonsen, V. 1999. *Methods of risk assessment of transgenic plants, III. Ecological risks and prospects of transgenic plants, where do we go from here? A dialogue between biotech industry and science. A multifaceted conference report.* Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin. 260 p.
- Anonymous: *FAO World Food Summit, Technical Background Documents, v. 1, 1996.* p. 9.
- Anonymous: *Population division of the Department of Economic and Social Affairs of the UN Secretariat*
- “Long Range Population projections based on the 1998 revision” New York, 1999. (Versão eletrônica).
- Anonymous: *UNEP/CBD/SBSTTA/4/8.* <http://www.biodiv.org/doc/sbstta/sbstta4/english/sbstta-4-08-e.doc>
- Borém, A. 2005. *Biotecnologia e meio ambiente.* Viçosa, MG: UFV. 1. ed. 425 p.
- Borém, A. 2000. Escape gênico: os riscos do escape gênico da soja no Brasil. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento* 10:101-107.
- Borém, A. 2001. *Escape gênico e transgênicos.* Visconde do Rio Branco: Editora Suprema. 2.004 p.
- Borém, A. 2001. Avaliação dos riscos de escape gênico. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento* 18: 54-59.
- Borém, A. e Ramalho, M.A.P. 2002. *Escape gênico e impacto ambiental.* *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento* 28: 44-47.
- Borém, A., Freire, E.C., Penna, J.C.V. e Barroso, P.A.V. 2003. Considerations about cotton gene escape in Brazil: a review. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 3: 315-332.
- Buhenne-Guilmin, F. e Glowka, L. “An Introduction to the CBD” In: Krattiger, A. et al. 1994. “Widening Perspectives on Biodiversity”. IUCN, The World Conservation Union and the International Academy of the Environment.
- Bull, A. T. 1994. *University of Kent, UK, 7th IUMS Congress.*
- Burslem, D. F. R. P., Garwood, N. C. e Thomas, S. C. 2001. Tropical forest diversity – the plot thickens. *Science* 291: 606-607.
- Cohen, J. 2000. Ground zero: AIDS research in Africa. *Science* 288: 2150-2153.
- Comstock, G. 2000. <http://www.agbioworld.org/>.
- Conway, G. 1999. *The Doubly Green Revolution: Food for All in the 21st Century.* London Penguin Books.
- Crawley, M. J., Brown, S. L., Hails, R. S., Kohn, D. D. e Rees, M. 2001. *Transgenic crops in natural habitats.* *Nature* 409: 682-683.
- Crosby, A. W. 1986. *Ecological Imperialism, The Biological Expansion of Europe, 900-1900.* Cambridge University Press.
- Dennis, C. e SurrIDGE, C. 2000. *A. thaliana genome.* *Nature* 408: 791. Haywood V. Personal Communication, Workshop on Biodiversity and Biotechnology, Botanical Garden. University of Bern, March 9-11, 2000.
- Dickson, D. e Cyranoski, D. 2001. *Commercial sector scores success with whole rice genome.* *Nature* 409: 551.
- Freire, E.C., Barroso, P.A.V., Penna, J.C.V. e Borém, A. 2002. Fluxo gênico: análise do caso do algodão no Brasil. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento* 29: 104-113.
- Gianessi, L. P. e Carpenter, J. E. 2000. Case study in benefits and risks of agricultural biotechnology: roundup ready soybeans, <ftp://debate:friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/soy85.pdf>
- Girsberger, M. A. 1999. Biodiversity and the concept of farmers’ rights in international law, factual background and legal analysis. In: Th. Cottier, *Series on Global Economic Law, n. 1, p. 283-291.*
- Gura, T. 1999. New genes boost rice nutrient. *Science* 285: 994-995.
- Hector, A. et al. 1999: *Plant biodiversity and productivity experiments in European grasslands.* *Science* 286: 1123-1127.
- IRRI, 2000. Press release. <http://www.cgiar.org/>.
- James, C. 2000. www.isaaa.org
- Jayaraman, K. S. 2000. India intends to reap the full economic benefits. *Nature* 402: 342-343.
- Jennings, S. et al. 2000. To conserve rainforests, we have to help local people live sustainable. *Nature* 405: 507.
- Jensen, M. N. 2000. Silk moth deaths show perils of biocontrol. *Science* 290: 230-231
- Johnson, B. 2000. Genetically

- modified crops and other organisms: implications for agricultural sustainability and biodiversity. In: Persley, G. J e Lantin, M. M. *Agricultural Biotechnology and the Poor*. Consultative Group on International Agricultural Research. p.131-138.
- Kaiser, J. 2000. Rift over biodiversity divides ecologists. *Science* 289: 1282-1283 .
- Leisinger, K.M. 2000. Ethical challenges of agricultural biotechnology for developing countries. In: Persley, G. J e Lantin, M. M. *Agricultural Biotechnology and the Poor*. Consultative Group on International Agricultural Research. p. 173-180
- Lipton, M. 2000. Reviving the stalled momentum of global poverty reduction: what role for genetically modified plants. 1999 Sir John Crawford Memorial Lecture, CGIAR International Centres Week, CGIAR Secretariat.
- Losey, J. E., Raynor, L. S. e Carter M. E. 1999: Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214.
- Mace, G. M. 2000. It's time to work together and stop duplicating conservation efforts. *Nature* 405: 393.
- MacIlvain, C. 1999. Access issues may determine whether agri-biotech will help the world's poor. *Nature* 402: 341-345.
- Mahoney, R. J. 2000. Opportunity for agricultural biotechnology. *Science* 288: 615.
- Manteo, N. 1998. Wild Biodiversity: The Last Frontier? In: Yves, C. L. e Bedford, B. M. *Agricultural Biotechnology in International Development*. CABI Publications.
- Mepham, B. 2000. Ethics and novel food: an analytical framework. In: *First European Congress on Agriculture and Food Ethics*, Wageningen, March 4-6, 2000.
- Mikkelsen, T. R., Andersen, B. e Jorgensen, R. B. 1996: The risk of transgene spread. *Nature* 380: 31.
- Myers, N. et al. 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Naylor, R. L. et al. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024.
- Ndiritu, C. G. 2000. Kenya, Biotechnology in Africa: Why the controversy? In: Persley, G. J. e Lantin, M. M. *Agricultural Biotechnology and the Poor*. Consultative Group on International Agricultural Research. p 109-114.
- Niraj, V. 1998. *Similarities, connections and systems*. Lexington Books. 192 p.
- Normile, D. 2000. Monsanto donates its share of golden rice. *Science* 289: 843-845.
- Nuffield Council on Bioethics. 1999. *Genetically modified crops: the ethical and social issues*. 164 p.
- Pimentel, D. 2000. Biological control of invading species. *Science* 289: 869.
- Pimm, S. L. e Raven, P. 2000. Extinction by numbers. *Nature* 403: 843-845.
- Pinstrup-Andersen, P. e Cohen, M. J. 2000. Modern Biotechnology for food and agriculture: Risks and opportunities for the poor. In: Persley, G. J. e Lantin, M. M. *Agricultural Biotechnology and the Poor*. Consultative Group on International Agricultural Research. p. 159-169.
- Pinstrup-Andersen, P. e Pandya-Lorch, R. 2000. Securing and sustaining adequate world food production for the third millennium. In: *World food security and sustainability: The impact of biotechnology and industrial consolidation*. NABC Report, 11.
- Raven, P. H. Botanical Garden, Missouri, Biotechnology and Genetic Resources, US-EC Task Force on Biotechnology Research, 1992.
- Reichhardt, T. 2000. Will souped up salmon sink or swim? *Nature* 406: 10-12
- Sears M. M. University of Guelph, Canada, press release January 4, 2000, M. K. Sears D. E. Stanley-Horn H. R. Mattila March 2000: Preliminary Report on the Ecological Impact of BT Corn Pollen on the Monarch Butterfly in Ontario msears@evbhort.uoguelph.ca, prepared for the Canadian Food Inspection. Agency and Environment Canada. <ftp://debate:friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/Searsreport1.doc>.
- Sharma, M. 2000. Biotechnology research and development. In: Persley, G. J. e Lantin, M. M. *Agricultural Biotechnology and the Poor*. Consultative Group on International Agricultural Research. p. 51-57.
- Six Academies' Report on Agricultural Biotechnology. Document 08/00 <http://www.roalsoc.ac.uk/>
- Staley, J. T. 1997. Current opinion. *Biotechnology* 8: 340-345.
- Strong, D. R. e Pemberton, R. W. 2000. Biological control of invading species – Risk and reform. *Science* 288: 1969-1970.
- Sukopp, U. e Sukopp, H. 1993. Das Modell der Einführung und Einbürgerung nicht einheimischer Arten - Ein Beitrag zur Diskussion über die Freisetzung gentechnisch veränderter Arten. *Gaia* 2: 267-288.
- Syngenta International. Press release. <http://www.syngenta.com>
- Watkinson, C. R, Freckleton, R. P., Robinson, R. A. e Sutherland, W. J. 2000. Predictions of Biodiversity response to genetically modified herbicide tolerant crops. *Science* 289: 1554-1556.
- Wolfe, M. S. 2000. Crop strength through diversity. *Nature* 406: 681-682.
- Ye, X., Al-Babili, S., Klöti, A., Zhang, J., Lucca, P., Beyer, P. e Potrykus, I. 2000. Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287: 303-305.
- Youyoung, Z., Harlu, C., Jinghua, F. Yunyue, W. Yan, L., Jlanbing, C., Fan, J. X., Shisheng, Y., Lingping, H., Hei, L., T. W., Mew, P. S., Teng, Zonghua Wang & Mundt C. C. 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406: 718-722.