

# RISCOS E BENEFÍCIOS DE PLANTAS TRANSGÊNICAS RESISTENTES A HERBICIDAS: O CASO DA SOJA RR DA MONSANTO

*John B. Kleba<sup>1</sup>*

## RESUMO

Este artigo apresenta uma introdução geral dos aspectos concernentes aos riscos e benefícios, para o Brasil, da soja modificada geneticamente pela Monsanto (soja RR), e de seu herbicida complementar Roundup. Como pano de fundo situam-se incertezas científicas com relação à avaliação de riscos, bem como controvérsias de caráter político sobre a regulamentação adequada para vegetais geneticamente modificados. Parte-se de uma breve contextualização da biossegurança, da situação internacional das plantas transgênicas e da técnica de criação de plantas resistentes a herbicidas. A seguir a soja RR é apresentada como nova concepção de tratamento de ervas daninhas. A análise de riscos e benefícios inclui as polêmicas sobre a quantidade aplicada e qualidade do herbicida Roundup, em seus impactos para agricultores, consumidores e para o meio ambiente. A seguir são tratados aspectos específicos de biossegurança, de modelos de avaliação de risco conflitantes, e das disputas entre indústria e organizações da sociedade civil, a serem mediadas pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança.

**Palavras-chave:** regulamentação em biossegurança, soja Roundup Ready, riscos e benefícios de vegetais geneticamente modificados, técnica de resistência a herbicidas.

## RISKS AND BENEFITS OF TRANSGENIC PLANTS RESISTENT TO HERBICIDES: THE CASE OF MONSANTO RR SOYBEAN

### ABSTRACT

The US-Company Monsanto recently applied for a non-regulated status for genetically engineered Roundup Ready soybean (RR) in Brazil. This article portrays the role of the RR soybean in connection with the global agricultural market for herbicide resistant crops. Furthermore, potential benefits and hazards for the Brazilian agriculture, resulting from the introduction of RR, are examined. In particular, ecological and health risks caused by RR and its complementary herbicide Roundup are discussed with regard to

---

<sup>1</sup> John B. Kleba, doutorado em Sociologia, membro do Instituto de Pesquisas da Ciência e da Técnica - Institut für Wissenschafts - und Technikforschung - da Universidade de Bielefeld, República Federal Alemã. Email: jbkleba@uni-bremen.de, endereço: Möckernstr.22, 28201 Bremen, Alemanha.

the conflicting appeals from both industry and non-governmental organisations, which have controversial opinions on the scope and appraisal of the risks caused by genetically modified plants (GMP). Moreover, the Brazilian National Technical Commission on Biosafety CTNBio has to deal with the scientific uncertainty in the evaluation of the risks caused by GMP as well as political disagreement about the most suitable approach in assessing these risks.

**Keywords:** biosafety regulation, Roundup Ready soybean, risks and benefits of genetically modified plants, herbicide resistant crops.

A soja *Round up Ready* (RR) da Monsanto é a primeira planta transgênica a ser aprovada para alimentação humana e animal e para cultivo no Brasil. A soja RR foi modificada por técnicas de ADN recombinante (ADNr)<sup>2</sup> pela inserção de um gene da bactéria *Agrobacterium sp.*, que a torna insensível ao glifosate, ingrediente ativo do herbicida Roundup<sup>3</sup>.

A aprovação da soja RR pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) em setembro de 1998 foi acompanhada de protestos de organizações da Sociedade Civil em torno de um “Manifesto à Nação”<sup>4</sup> e por uma reação crítica da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)<sup>5</sup>, refletindo as controvérsias com relação aos riscos e benefícios desta nova tecnologia dentro do Brasil, como já vem acontecendo há tempos na Europa.

Além disto, uma liminar concedida pela 11ª Vara da Justiça Federal de São Paulo ao Instituto de Defesa do Consumidor (IDEC) de São Paulo também em setembro de 1998, impediu a comercialização da soja RR até recentemente, alegando a falta de estudo de impacto ambiental (EIA e RIMA) e de normas para a comercialização de organismos geneticamente modificados a serem

---

<sup>2</sup> (ADN = ácido desoxirribonucléico) O mesmo que manipulada através de engenharia genética. Utilizaremos o conceito de transgênicos pela sua conotação mais coloquial.

<sup>3</sup> Roundup é o nome comercial mais conhecido que usaremos aqui de modo genérico para os herbicidas à base de glifosate da Monsanto. Nos EUA é também vendido sob os nomes de Rodeo, Accord, Vision, etc.

<sup>4</sup> O Manifesto foi apresentado à CTNBio e à imprensa em 28 de julho de 1998 como reação ao pedido de aprovação da soja RR para comercialização. Neste Manifesto estão representados o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, o Instituto de Defesa do Consumidor (40 mil sócios) de São Paulo, Greenpeace, a Assessoria de projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA), do Rio de Janeiro, além da Associação Brasileira de Reforma Agrária (ABRA) e a Associação de Engenheiros Agrônomos da Bahia (AEABA) entre outros.

<sup>5</sup> O SBPC elabora uma série de perguntas de risco sobre a soja RR e envia à CTNBio em julho de 1998, assinada por Sérgio Henrique Ferreira, SBPC - 106/Dir, CTNBio : Ref. Proc. 1200.2402/98/60.

estipuladas pela CTNBio<sup>6</sup>. Em dezembro a liminar é revogada pela 6ª Vara da Justiça Federal, mas a segregação completa da soja transgênica passa a ser exigida, permitindo uma possível rotulagem obrigatória de produtos transgênicos, ainda a ser decidida no Brasil<sup>7</sup>.

A Monsanto Co., com sede em Saint Louis, MO., EUA, insiste em múltiplas vantagens de sua soja RR, como ótimas características ecológicas de seu herbicida Roundup e ganhos de produtividade nos EUA de 70 litros/acre nos dois primeiros anos de plantio, 1996 e 1997 (Monsanto, yield data). Os críticos percebem a ameaça de um crescente monopólio de multinacionais sobre o mercado de sementes e agroquímicos, até riscos inéditos advindos da inserção de genes de espécies afastadas em cultivos agrícolas, como a intensificação do surgimento de alergias ou de novos problemas de invasividade de ervas-daninhas.

Na formação da percepção pública sobre a engenharia genética em geral, especialmente quanto à xenotransplantações, pesquisa com animais e produção industrial de alimentos, as questões de aceitabilidade moral parecem ter mais peso que as de risco (Bauer et al., 1997, p.845). Quanto ao cultivo de plantas transgênicas, entretanto, o centro do debate público tem se concentrado nos riscos e benefícios de sua novidade tecnológica.

As aplicações da engenharia genética na agricultura são um tema extremamente complexo, envolvendo controvérsias de ordem científica: que riscos podem se tornar realidade e qual a amplitude dos impactos a serem esperados? E também envolvem controvérsias políticas: deve-se priorizar a precaução de possíveis danos da soja RR para a saúde e o meio ambiente, impondo limites à inovação tecnológica ou tornando o ritmo de suas aplicações comerciais mais lento, ou deve-se priorizar o desenvolvimento técnico-econômico? Ademais, que modelo de avaliação de risco é o mais adequado - aquele baseado em critérios qualitativos a partir de uma ampla negociação social ou aquele restrito à considerações de objetividade científica?

O desafio da política biotecnológica brasileira será responder à demandas de proteção à saúde e ao meio ambiente num contexto de incertezas científicas, à demandas de maior legitimidade no processo de tomada de decisões, bem

---

<sup>6</sup> Folha de São Paulo, „soja transgênica tem parecer favorável“, seção mundo, p.14, sexta-feira, 25 de setembro de 1998.

<sup>7</sup> Informação de Marijane Lisboa, Greenpeace, São Paulo.

como à demandas de não entrar o desenvolvimento econômico. Neste último ponto, deve-se considerar que, por um lado, o Brasil é o segundo maior exportador mundial de soja e não deve perder sua capacidade de concorrência, e por outro, ele pode desfrutar as vantagens de um mercado exclusivo para soja não transgênica na Europa, já que os EUA e a Argentina não segregam a soja transgênica da soja convencional.

## BIOSSEGURANÇA - UMA RÁPIDA CONTEXTUALIZAÇÃO

A engenharia genética quebra a barreira das espécies – teoricamente, passa a ser possível inserir ou suprimir um ou mais genes de qualquer ser vivo no genoma de qualquer outro, criando organismos de qualidades inéditas. Em 1975, na assim chamada “segunda conferência de Asylomar”, Califórnia, EUA, cientistas envolvidos em pesquisas com ADN<sub>r</sub> propuseram, diante dos primeiros sucessos de transferência de genes entre espécies, princípios de precaução para evitar a criação de organismos transgênicos com características nefastas para o homem e o ambiente. Novos patógenos e novas pragas podem ser criadas, cuja impossibilidade de controle exige conseqüentes medidas de minimização de riscos. As medidas aconselhadas em Asylomar foram o isolamento físico - o aprimoramento da segurança de laboratórios - e a contenção biológica - i.é, a preferência do trabalho com organismos incapazes de sobreviverem na natureza, de acordo com o grau de periculosidade destes<sup>8</sup>.

Visando regulamentar o trabalho e as aplicações das técnicas de ADN<sub>r</sub>, foram formulados, a seguir, diversos documentos, entre estes os do National Institute of Health<sup>9</sup>, da OECD (1986), da União Européia (UE)<sup>10</sup>, dos

---

<sup>8</sup> Uma moratória para determinados tipos de experimento especialmente perigosos foi proposta. Uma preocupação especial era os experimentos com genes cancerígenos e patógenos que pudessem vir a ser assimilados por seres humanos. Veja *Summary and provisional statements of the Asylomar Conference* aprovado pela *Assembly of Life Sciences* vinculada à *National Academy of Sciences*, EUA, em maio de 1975.

<sup>9</sup> Entre outros documentos: NIH, 1976, Federal Register 41:27901-27943.

<sup>10</sup> Para o trabalho em contenção: a norma 90/219/EWG e para os testes de campo: 90/220/EWG, ambas de 1990.

Subdiretórios das Nações Unidas - UNIDO, UNEP, OMS e FAO - e para a América Latina do Instituto Interamericano de Cooperação Agrícola (IICA)<sup>11</sup>. Uma das bases da regulamentação de organismos a serem liberados no meio ambiente (cultivos comerciais, tratamento de poluentes) passou a ser a proposta esboçada pela OECD (1986), de análise de cada caso em particular – *case by case* - e do seguimento de passos sucessivos - *step by step* - do isolamento de laboratório, passando pela casa de vegetação e por testes de campo, em pequena escala, para a liberação comercial. Um relaxamento gradativo é visado por estes guias de regulamentação, de acordo com os conhecimentos adquiridos, optando por se concentrar nas questões de risco mais relevantes.

Hoje, em boa parte dos países, estão estabelecidas instâncias de regulamentação, normas voluntárias ou leis de biossegurança. No Brasil, a CTNBio foi instalada em junho de 1996, seguindo a Lei n° 8.974 de janeiro de 1995. Essa comissão, composta por cientistas, representantes de 6 ministérios bem como da indústria, de consumidores e da saúde no trabalho, vem elaborando rapidamente normas e instruções para todas as atividades que se relacionam com organismos geneticamente modificados: pesquisa, importação, testes de campo, transporte, comercialização e descarte. Veremos mais adiante que critérios são levados em conta pela CTNBio para a avaliação da soja RR.

## PLANTAS TRANSGÊNICAS

Plantas transgênicas com fins comerciais começam a ser criadas nos anos oitenta, e testes de campo sob estritas condições de segurança se multiplicam a partir de 1986, primeiramente, com tabaco nos EUA e França. Em dez anos, alcança-se 56 diferentes plantas transgênicas testadas em campo (Tappeser, 1996). Os objetivos perseguidos incluem a resistência a insetos, a herbicidas, a vírus e a outros tipos de infecção (fungos, por exemplo), bem como resistência ao estresse abiótico e modificação de características qualitativas (OECD, 1986). No Brasil foram aprovados em quase dois anos 337 liberações planejadas no meio ambiente de vegetais geneticamente modificados, isto de fevereiro de

---

<sup>11</sup> Para testes de campo: *Guidelines for the release into the environment of genetically modified organisms*, June, 1991, Costa Rica.

1997 até dezembro de 1998. Até agosto de 1998 ainda eram menos de cem as liberações aprovadas, o que demonstra uma grande aceleração nos últimos meses da pressão para a introdução desta nova tecnologia no país. A maior parte destas liberações envolve soja e milho resistentes a herbicidas, e milho resistente a insetos.

Considerando que já havia suficiente experiência acumulada sobre o comportamento de alguns vegetais geneticamente modificados, agências reguladoras de alguns países liberam algumas plantas transgênicas para o plantio e comércio, a começar pela China que libera um tabaco resistente a vírus, em 1990, seguido pelo tomate Flav Savr<sup>12</sup> nos EUA em 1994. Em ordem de grandeza decrescente, são 7 as plantas transgênicas cultivadas em 1997: soja, milho, tabaco, algodão, canola, tomate e batata (James, 1998, p.9-12). Elas são cultivadas em somente seis países, dentre estes 64% (da área total cultivada) nos EUA, seguido pela China (14%), Argentina (11%), Canadá (10%), Austrália e México (<1%) (*ibid.*)<sup>13</sup>.

O processo de desregulamentação de produtos agrícolas transgênicos é, no entanto, acirradamente criticado, sobretudo, pela opinião pública européia. Uma de suas reivindicações é a rotulagem de produtos engenheirados, que passa a ser obrigatória na UE para a soja RR e o milho resistente a insetos da firma Novartis. Essa determinação vem depois de dois anos da aprovação da soja RR para uso alimentar e entra em vigor em 03 de setembro de 1998, com o rótulo: “produzido através de (soja ou milho) geneticamente modificado”. A rotulagem européia excetua subprodutos da soja e milho transgênicos cujo DNA e proteínas tenham sido destruídos, como no caso da lecitina e amido<sup>14</sup>. Nos EUA, a rotulagem não é obrigatória, e no Brasil está para ser decidida. Organizações de consumidores argumentam que, independentemente, dos riscos de produtos transgênicos, a informação sobre o processo de produção de

---

<sup>12</sup> Nessa variedade de tomate foi retardado o processo de amadurecimento. O Flavir Savr até hoje não foi liberado na União Européia, com exceção de purê de tomate na Inglaterra e como ingrediente na produção de alimentos na Holanda.

<sup>13</sup> Em 1988, a Monsanto passa a dominar 77% desse mercado, baseado em soja, milho, algodão e canola transgênicos (Reuters, 1998).

<sup>14</sup> A decisão da UE foi promulgada em junho de 1998, (EC N° 1139/98, OJ L 159, p.4, 3.06.98). Produtos não alimentícios como a colza e o tabaco não necessitam serem rotulados. Cabe lembrar que mais de 30 mil dos alimentos industrializados contém subprodutos de soja, do sorvete e chocolate a pizzas, salsichas e maionese.

alimentos condiz à economia de livre mercado, estabelecendo, os próprios consumidores, os critérios de sua livre escolha.

## A SOJA RR, O HERBICIDA ROUNDUP (GLIFOSATE) E A MONSANTO

A Monsanto desenvolveu a soja RR, tolerante ao seu herbicida Roundup, juntamente com a empresa Asgrow Seed, a qual acaba comprando em 1997<sup>15</sup>. O herbicida Roundup, através de seu ingrediente ativo glifosate, mata as ervas, bloqueando a enzima EPSP *synthase*<sup>16</sup> (EPSPS - encontrada em plantas e bactérias), responsável pela produção de aminoácidos aromáticos essenciais para a sobrevivência e crescimento da maior parte das plantas (Krimsky & Wrubel, 1996). Para tornar a soja resistente ao Roundup, foi inserido, em células matrizes da soja, um gene da *Agrobacterium sp.*, através de bombardeamento de microprojéteis, uma das duas técnicas mais utilizadas na produção de plantas transgênicas até o momento<sup>17</sup>. Temos, assim, uma soja que possui duplamente a expressão da enzima EPSPS, sendo uma original da soja que será desativada com a aplicação do herbicida e outra da *Agrobacterium sp.*, que não se deixará afetar pelo herbicida (Monsanto, *technology overview*). Além disso, a nova soja contém porções genéticas de petúnia (CTP), do vírus do mosaico da couve-flor (P-E35S), e da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* (NOS 3') utilizados como elementos para regular a integração e o funcionamento do gene EPSPS bacteriano no genoma da soja (Padgett *et al.*, 1995).

O agricultor, mesmo aplicando o Roundup diretamente no plantio, não afetará a soja RR, mas matará tanto gramíneas quanto ervas de folhas largas, pois esse herbicida é não-seletivo ou de amplo espectro (total-herbicida). Se o Roundup fosse aplicado, por engano, num campo de soja convencional, o cultivo seria

---

<sup>15</sup> A Monsanto acaba comprando a distribuidora de sementes Asgrow, em 1997, por US\$ 240 milhões da empresa mexicana La Moderna SA (*Gazeta Mercantil*, terça, 4.02.97, p.B-20, Agribusiness).

<sup>16</sup> 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato synthase.

<sup>17</sup> A primeira técnica usada a partir do começo da década de 80 foi o uso da *Agrobacterium tumefaciens*. Essa bactéria causa, sob condições naturais, tumores em plantas para inserir fragmentos de seu próprio DNA, com vistas à produção de proteínas para sua alimentação. Cereais bem como a soja não se permitem modificar com a utilização dessa técnica. Para estas é colocado o DNA na superfície de micropartículas que através de uma espécie de canhão (gene gun) são inseridas em alta velocidade no genoma da célula.

perdido. O Roundup está entre os herbicidas mais vendidos no mundo, perfazendo de 15% a 17% dos US\$ 9 bilhões de capital de giro total da Monsanto (Greenpeace, 1996). Como a patente americana do produto vencerá no ano 2000, a Monsanto está lançando o Roundup Ultra (neste artigo denominado simplesmente Roundup) como nova variante para assegurar sua fatia de mercado. A família de agroquímicos Roundup compreende um grande número de marcas de herbicidas baseados no glifosate. Além disso, a Monsanto está anunciando o lançamento de 300 novas variedades de soja RR para 1988 (Monsanto, yield data).

As patentes da Monsanto sobre os processos e produtos envolvidos com a EPSPS visam garantir que somente plantas de propriedade da Monsanto serão resistentes ao Roundup. Para Grain, a Monsanto propaga sua tecnologia nos EUA por meio de contratos exigindo o uso de Roundup junto com a soja RR, para evitar que outras ofertas mais baratas desse herbicida concorram com sua marca comercial (Grain, 1997). Esta é a razão pela qual a Zeneca abriu um processo contra a Monsanto, argumentando que essa empresa viola a lei antitruste e fere os direitos de agricultores e da indústria de herbicidas.

Inicialmente, a Monsanto atuava na área de sementes, indiretamente, mediante contratos com empresas deste ramo (Possas, 1994, p.98-101). Entretanto, ela tem mudado sua estratégia empresarial com a aquisição total ou parcial de várias firmas de distribuição de sementes. A Agrocere, maior empresa brasileira de sementes de milho, detendo 30% do mercado brasileiro (quarto maior produtor mundial de milho), foi adquirida pela Monsanto no final de 1997. Com essa aquisição, a Monsanto, também, ganhou acesso à sua base de germoplasma tropical e subtropical. Dentre as demais aquisições da Monsanto, desde 1996, estão a Calgene (maioria acionária de 54,6%), Asgrow, Dekalb (minoría acionária), e ainda, a fusão com a gigante Holdens's Foundation, e empresas de biotecnologia como a Agracetus, Ecogen e Delta Pine (Grain, 1997). Tudo indica que a Monsanto vem formando um gigantesco monopólio na interseção sementes e biotecnologia.



## A TÉCNICA DE RESISTÊNCIA A HERBICIDAS (TRH) - ÁREA ALTAMENTE LUCRATIVA

A resistência de cultivares a herbicidas não é algo novo. Há uma resistência natural do milho para atracine e do trigo e cevada para alguns sulfonylurea (OECD, 1986, Krimsky & Wrubel, 1996). Mas os acentuados limites da resistência natural a herbicidas passam a ser ultrapassados com a produção sistemática de cultivos transgênicos resistentes a algumas poucas marcas de herbicidas. As plantas atualmente pesquisadas para a técnica de resistência a herbicidas (TRH) são, sobretudo, as mais rentáveis, como soja, milho, algodão, arroz e trigo. Entre as empresas/herbicidas mais representativas que trabalham nesta linha estão a Monsanto (glifosate), Agrevo Hoechst/Schering (glufosinato), Calgene/Rhone-Poulenc (bromoxinil) e American Cyanamid/Pioneer Hi Breed (imadozolinone).

Tudo indica que a área atual mais lucrativa das aplicações da engenharia genética na agricultura é a TRH. Ela está em primeiro lugar entre os testes de campo com plantas geneticamente modificadas em todo o mundo, representando mais de 32% nos EUA (até julho de 1995<sup>18</sup>) (Krimsky & Wrubel, 1996, p.31-33) e 78% dos países do Terceiro Mundo (até outubro de 1995)<sup>19</sup> (Kathen, 1996, p.100). No Brasil este número perfaz 56,7% ou 191 testes de campo com resistência à herbicidas, incluindo milho, soja, cana-de-açúcar, algodão e arroz, 143 testes para resistência à insetos com milho e algodão (42.4% do total), além de 3 para resistência à vírus (tabaco e batata)<sup>20</sup>.

Considerando a área total cultivada com plantas transgênicas, a tolerância a herbicidas passa de 23%, em 1996, para 54%, em 1997, especialmente pelo impulso da soja RR, que torna-se o principal cultivo transgênico plantado em 5,1 milhões de hectares (40% da área total) (James, 1998). A soja RR é plantada,

---

<sup>18</sup> Pelo método de contagem da USDA/APHIS (*Animal and Plant Health Inspection Service*), ou seja uma planta transgênica em um ano em diversos sítios, em um único país. Foi utilizado um total de 2.500 testes de campo entre 1987 e julho de 1995 nos EUA, dos quais mais de 800 visando a resistência a herbicidas.

<sup>19</sup> De um total de 276 testes de campo. Hoje este número é expressivamente maior. Andre de Kathen se utiliza da definição da Aphis para testes de campo, mas não sabemos se foi possível uma harmonização dos dados que cita.

<sup>20</sup> Estes números seguem aqui o método de contagem da CTNBio, que define um teste de campo como uma planta transgênica em um ano em um sítio experimental, diferentemente do da APHIS. Outros métodos, contam ainda de outro modo, dificultando uma abordagem comparativa (Tappeser, 1996).

atualmente, nos EUA e na Argentina e está desregulamentada para a alimentação humana e animal na UE, Canadá e Japão, e nestes dois últimos também para o plantio (Monsanto, regulatory). No México, ela está desregulamentada para alimentação humana (*ibid.*). Cabe lembrar que Japão e UE perfazem 61% das importações mundiais de soja (Monsanto, markets & production).

Herbicida e soja são dois dos produtos mais lucrativos na agricultura mundial, em especial no Brasil. Tanto a quantidade de herbicida aplicada quanto os lucros correspondentes têm crescido significativamente nos EUA, carro-chefe da agricultura mundial, passando esses lucros, de 1984 a 1993, de US\$ 3 bilhões para mais de US\$ 3,9 bilhões (Krimsky & Wrubel, 1996). O Brasil possui o quinto maior mercado no mundo para agroquímicos, sendo que a soja aparece em segundo lugar no total de consumo de ingredientes ativos, com 15,6% do total (Campanhola *et al.*, 1996). No Brasil, a indústria de defensivos agrícolas atingiu um recorde de vendas em 1996, somando US\$ 1,76 bilhões, sendo que o maior crescimento foi o da categoria herbicidas, totalizando US\$ 874,41 milhões, 14,7% a mais que em 1995 (Gazeta Mercantil, *venda de defensivo cresce 14,7%*, 04.02.97, p.B-20, agribusiness).

A soja representa o segundo grão de maior valor de vendas nos EUA, num montante de US\$ 14,2 bilhões em 1995, e é o principal grão exportado daquele país, que responde por 48% das exportações mundiais desse produto (para 1995/1996) (Monsanto, U.S. *soybean market overview*). Em 1998, a soja RR alcançou 35% da área total plantada com soja nos EUA (Reuters, 1998). O Brasil como segundo maior produtor mundial de soja (respondendo por 20% das exportações mundiais) se torna alvo para investimentos na soja RR. No Brasil, a soja em grão assume o terceiro maior valor de produção para lavouras permanentes, em 1995 perfazendo 3,5 bilhões de reais, e assume neste mesmo ano a segunda maior área plantada, com 11,7 milhões de hectares (IBGE, Censo Agropecuário). A soja, e a seus derivados, respondem por 8% do valor das exportações brasileiras (Siegel, 1997, p.2).

As condições de sucesso da TRH são a capacidade dos cultivos suportarem dosagens suficientemente fortes para o controle das ervas daninhas bem como sua equiparação com as cultivares disponíveis com as melhores características agrônômicas (Krimsky & Wrubel, 1996). Outro condicionante é a aceitação do agricultor quanto às vantagens no custo de produção (semente adicionada ao

herbicida) relacionadas à produtividade. Espera-se que os custos de semente e herbicida sejam mais altos pela vigência das patentes e pelos custos adicionais de pesquisa e desenvolvimento. A expectativa é de que a diminuição da quantidade de herbicida aplicada compense os custos mais elevados<sup>21</sup>.

## POSSÍVEIS BENEFÍCIOS E IMPACTOS NEGATIVOS DA SOJA RR

Discute-se a seguir as vantagens e desvantagens da soja RR como inovação tecnológica, em especial a quantidade e qualidade do herbicida utilizado e seu impacto nos ecossistemas agrícolas, na biodiversidade e para os seres humanos. Como estas questões dizem respeito ao herbicida e não à soja, elas não são oficialmente levadas em conta pela regulamentação da biossegurança na maior parte dos países - incluindo Brasil e UE, pois já há uma regulamentação específica para o assunto. Uma exceção aqui é encontrada nos países escandinavos e, de certa forma, na Áustria (Schomberg, 1998).

Não faz sentido, porém, analisar os impactos da soja RR sem considerar as características do herbicida, pois a soja RR não será plantada sem a aplicação de Roundup e, sobretudo, a tecnologia RR possibilita uma interação particular entre soja e herbicida que deve ser analisada.

Para Krinsky & Wrubel (1996, p.42-46), a principal vantagem da soja RR é a possibilidade de uma redução total da quantidade de herbicida utilizado e de suas aplicações, com reduzido impacto ambiental, pois a TRH permite, pela primeira vez, o abandono sistemático das aplicações pré-emergentes (anteriores ao plantio) de herbicidas. É possível, deste modo, só aplicar o herbicida quando e onde for necessário, quando técnicas de controle complementares (mecânicas por ex.) não forem adequadas, e só à medida que ervas daninhas ameacem causar prejuízos econômicos significativos (Monsanto, *features and benefits*; Daele *et al.*, 1994a). A TRH poderia, deste modo, ser combinada ao manejo integrado de pragas (FAO, *Principles and theory of integrated pest management*). Reforçando este argumento, foi divulgado que nas safras de

---

<sup>21</sup> Segundo dados da agência Reuters, o custo básico de US\$ 25 para herbicidas, por acre de soja, diminui para US\$ 12 por acre para uma aplicação de Roundup na soja RR (Reuters, 1998). Se mais de uma aplicação for necessária, esta vantagem deixa de existir. Nos EUA, o custo da soja RR inclui a cobrança de taxas (*technology fee*) pela Monsanto sobre sua novidade tecnológica.

soja RR de 1996 e 1997, nos EUA, houve economia de 10 a 40% no montante de herbicida aplicado (James, 1998).

Deve-se considerar, no entanto, que a quantidade de herbicida dependerá do produto agrícola, do grau de infestação de ervas, do método de aplicação e, essencialmente, do comportamento dos agricultores. Sobretudo estas duas últimas questões conformam um problema crucial para países do Terceiro Mundo, onde os equipamentos de aplicação correspondem, em geral, a um nível tecnológico ultrapassado (na Indonésia, 58% dos equipamentos são inadequados), onde a falta ou falsa informação provoca enormes desperdícios de agroquímicos (no Paquistão ocorrem desperdícios de até 50%), poluindo a água e os alimentos, e afetando a saúde de trabalhadores e consumidores (FAO, *unsafe application of herbicides*). No Brasil, foram atestados casos de aplicação de herbicida superiores a dez vezes da quantia necessária (*ibid.*).

Acidentes e erros de aplicação de herbicidas não são uma exceção, mas antes a regra, pois “o uso recomendado não passa de uma ficção” diante de seus parâmetros distantes da realidade (Guivant, 1995, p.6-7). Se agricultores atualmente pulverizam mais herbicidas que o necessário, porque deixariam de fazê-lo com o Roundup? Ora a soja transgênica não será afetada, suportando sem danos quantias de Roundup de até 3.36kg./ha. (ou mais), em uma só aplicação (Monsanto, *Recommendations*)<sup>22</sup>. Se anteriormente a sensibilidade do próprio cultivo era um fator limitante para agroquímicos, a TRH passa a possibilitar o abuso do herbicida como em nenhum caso anteriormente. Além disso, as empresas do ramo têm uma influência preponderante sobre o uso de agroquímicos, por agricultores, por meio de suas campanhas de venda. Num contexto de concorrência acirrada não é sensato esperar que elas induzam ao uso mínimo destes.

Por outro lado, a redução da aplicação de herbicidas independe da TRH, já que diversos métodos de manejo (*splitting, later stage, etc.*), bem como herbicidas específicos que permitem aplicações pós-emergentes, poderiam estar ganhando espaço na agricultura.

---

<sup>22</sup> A recomendação da Monsanto é 24-48 oz/A ou 1,68kg.-3,36kg/ha de Roundup para uma primeira aplicação (Monsanto, *Recommendations*).

Outra vantagem ecológica da TRH frequentemente citada é a possibilidade do plantio direto<sup>22</sup>. Ora, o plantio direto tem vantagens econômicas e ecológicas, sobretudo diminuindo a erosão (Novos..., 1995). Mas ele já existia anteriormente aos cultivos transgênicos (*ibid.*), associado a outros métodos de controle da erosão independentemente da TRH, como o terraceamento, a rotação de culturas, etc. Ademais, não havendo uma cobertura vegetal do solo e considerando o amplo espectro do Roundup, é possível que a erosão seja aumentada pelo *clean-weeding-effect*, a limpeza perfeita de quaisquer ervas do solo, sejam estas indesejáveis ou não (Neubert & Knirsch, 1994, p.130).

Finalmente, o fato de o Roundup ser um herbicida de amplo espectro, capaz de matar mais de cem ervas selvagens que emergem junto aos cultivos (Monsanto, *weed control*), impõe-lhe um caráter ambíguo. Comparado à herbicidas específicos, apresenta maior eficiência, permitindo a diminuição da quantidade de herbicida aplicada. Diversas plantas benéficas, que não concorrem com os cultivos, também serão eliminadas, afetando em cadeia espécies de pássaros e insetos benéficos. Aliás, muitas das plantas consideradas por agricultores como ervas medicinais, alimentares ou como flores, acabam sendo tratadas na perspectiva industrial como ervas daninhas (Tappeser & Weizsäcker, 1998). Esta ameaça à biodiversidade levou à reivindicação de uma moratória de cinco anos para cultivos resistentes a herbicidas, por parte de organizações para a defesa da vida selvagem da Grã-Bretanha, entre elas a *English Nature*, para que estudos sobre efeitos ecossistêmicos possam ser concluídos (*Friends of the Earth*, 1998).

## DESENVOLVIMENTO DE RESISTÊNCIA DE ERVAS DANINHAS AO ROUNDUP

O crescimento do número de ervas daninhas insensíveis a herbicidas está diretamente relacionado com quantidade de herbicida aplicada. Até o momento já foram catalogadas 113 ervas daninhas que desenvolveram resistência a pelo menos um dos diferentes herbicidas (*FAO, Controlling Pests*). O aceleração

---

<sup>22</sup> Este substitui o preparo da terra com arados ou tratores pela aplicação de herbicida, com o subsequente depósito das sementes em pequenos sulcos e a manutenção de palha seca para proteção contra a erosão.

desse processo é um dos previsíveis impactos negativos esperados com a TRH. Isto, por duas razões. A primeira é a expectativa de que o mercado mundial de herbicidas venha a ser dominado por algumas poucas marcas, entre elas o Roundup. Ora, quanto maior a exposição a um herbicida, ou em outras palavras, quanto maior o monopólio de alguns agroquímicos, mais problemas de infestação com ervas indesejáveis devem se tornar realidade. A segunda razão reside no fato de que “nunca antes houve a possibilidade de troca de características monogênicas tão potentes, as quais estarão disponíveis quando as plantas transgênicas estarão largamente distribuídas” (Kareiva & Manasse, 1990 citado por Fontes *et al.*, 1996, p.324). Em alguns anos seriam diversas culturas transgênicas plantadas em milhões de hectares, tornando a exceção da probabilidade estatística em regra.

A Monsanto já proclamou não haver ervas resistentes para o Roundup e ignora até hoje o caso da resistência da *rye-grass*, uma das ervas daninhas mais comuns na Austrália<sup>23</sup>. Mas para Daele *et al.* (1994a, p.152), o glifosate (assim como o glufosinato da Agrevo) tem, comparativamente a outros herbicidas, pouco contribuído para o surgimento de resistência em ervas. Isto é uma vantagem também para a ecologia, já que deste modo aplicações adicionais são evitadas. Mas mesmo para herbicidas altamente efetivos como o Roundup, a perda da eficácia parece ser uma questão de tempo. O fenômeno de *cross-resistance*, i.é, ervas que quando expostas a determinado herbicida desenvolvem resistência também a outros agroquímicos para os quais não foram expostas, reforça possíveis limites do uso de herbicidas como opção tecnológica futura (Krimsky & Wrubel, 1996, p.48).

## A QUALIDADE DO HERBICIDA ROUNDUP

Outra vantagem possível da TRH seria a substituição de herbicidas consensualmente nocivos ao ambiente e à saúde humana, como atracine, alaclor, 2,4-D e cianazine, por herbicidas com melhor reputação. Infelizmente isto não acontece, pois também estão sendo desenvolvidas cultivares resistentes à atracine no Canadá e a 2,4-D na Austrália e EUA (Krimsky & Wrubel, 1996).

---

<sup>23</sup> O caso foi confirmando pela Charles Stuart University, New South Wales.

Além disso, espera-se que com a crescente resistência de ervas daninhas aos herbicidas mais utilizados, volte-se a recorrer à classe mais nociva de herbicidas<sup>24</sup>.

Com a atual expansão das vendas de Roundup, estaremos confrontados com um correspondente aumento de seus resíduos na água e nos alimentos. Isto remete à disputada estimativa da qualidade deste herbicida, ou seja, seus efeitos para o ambiente e a saúde.

A Monsanto insiste em se tratar de um dos herbicidas mais inofensivos, e com ótimas características ecológicas: não tóxico, aderente a partículas do solo (não facilmente transportável por chuvas), sendo em seguida, rapidamente, degradado por micróbios, não acumulando resíduos no solo (Monsanto, *features and benefits*). Agências de regulamentação como a EPA<sup>25</sup> (Environmental Protection Agency) dos EUA e listas da FAO/OMS não o consideram como cancerígeno, teratogênico ou mutagênico (este último apresentando nível muito baixo), baseadas em testes com animais. Para a EPA, o glifosate apresenta baixa toxicidade, causando irritações leves na pele, na via respiratória e no trato gastrointestinal, e irritações moderadas nos olhos (EPA, 1986). A bioacumulação (absorção de resíduos pelo corpo) também é baixa (EPA, 1986, Daele *et al.*, 1994a, p.68-74). Seguindo esses parâmetros, as variações dos valores residuais permitidos refletem um relaxamento<sup>26</sup>: em 1996, foi fixado o limite residual de glifosate para a soja em grão, na UE, em 20 mg/kg (como hoje nos EUA), anteriormente era 10mg/kg na Alemanha Federal, enquanto que, ainda, em 1986, nos EUA, era aconselhado um limite de 0,2 mg/kg (Weber, 1997, p.16, Daele *et al.*, 1994a, p.73).

Setores críticos à tecnologia RR recorrem a outras fontes de pesquisa, apresentando dados de danos do Roundup a insetos benéficos, peixes e pássaros, bem como dados de seus resíduos na água, em produtos alimentares (resíduos,

---

<sup>24</sup> Opinião defendida por Dr. Madsen, expert em biossegurança da Dinamarca no Workshop Safety-considerations of herbicide-resistant plants to be placed on the european market, Bruxelas, 26 de Jan., 1994.

<sup>25</sup> A aprovação de Roundup pela EPA em maio de 1995 segue a aprovação do herbicida bromoxynil para algodão transgênico.

<sup>26</sup> Tanto que com a recente aprovação no Canadá e EUA do uso de glifosate como dessecante para aplicação antes da colheita, os níveis de resíduo máximo para a soja seca e a forragem foram aumentados pelo grupo de expertos da OMS e FAO. Segundo estes estudos, o glifosato administrado para animais é rapidamente eliminado. Os mais altos resíduos são encontrados no fígado e no rim de porcos e gado (rim de gado: 1.4 mg/kg para dieta de 100 ppm de glifosate). Veja FAO, 1994.

até um ano após aplicação, foram encontrados em cenoura, cevada e alface) e em florestas (dados da Suécia, Finlândia, Canadá e EUA) (Cox, 1995). Especialmente preocupantes são os estudos da School of Public Health, Universidade da Califórnia, EUA, responsáveis por um dos monitoramentos mais acurados dos efeitos de agroquímicos à saúde humana. Como resultado de sua pesquisa realizada entre 1984 e 1990, sobre os agroquímicos que causam enfermidades na Califórnia, a exposição a glifosate está em 3º lugar para agricultores, em 1º para atividades de jardinagem e em 12º lugar como causadora de doenças crônicas (Cox, 1995). Também já foram demonstradas disrupções no aparelho reprodutivo de ratos e coelhos, a partir de um baixo consumo oral de glifosate (10 a 50 mg de doses diárias de glifosate ingeridas por quilo do animal<sup>27</sup>) (Weber, 1997, p.18). Segundo Pollyanna Lind<sup>28</sup> o Roundup deve conter 59% de ingredientes “inativos”, que podem ser expressivamente mais tóxicos que o glifosate, que são mantidos como segredo industrial, e no caso do Roundup Ultra não foram incluídos nos testes de inocuidade do herbicida. Desta forma, o Roundup é suspeito de conter o surfactante POEA e seu contaminante 1,4-dioxane, que é cancerígeno para animais (O’Brien, 1990/1991). Segundo cálculos pessimistas de Weber (1997, p.18), o consumo de 350 gramas de alimentos com 20 mg/kg de glifosate, por uma pessoa de 70 quilos, esgotaria os limites estabelecidos de ingestão máxima sem danos à saúde, de acordo com a literatura disponível<sup>29</sup>. Além disso, pela primeira vez as plantas de soja serão pulverizadas com Roundup, devendo emergir novos tipos de resíduos (metabólitos, conjugados, etc.) (Daele *et al.*, 1994a, p.120). Esses resíduos podem ser tóxicos e apesar disto, a Monsanto não apresentou dados a respeito (Sandermann, 1994, p.3).

As estimativas do Conselho Nacional de Pesquisa americano (National Research Council) de que, a cada ano, 20 mil americanos morrem de câncer por efeitos cumulativos de agroquímicos (Guivant, 1995) reforça a hipótese de que persistem lacunas na regulamentação de herbicidas em estudos da EPA e da FAO/OMS. No entanto, esses estudos servem de base internacional para a regulamentação de agroquímicos. Mas, afinal, trata-se de incompetência ou negligência de sua forma de regulamentação?

---

<sup>27</sup> Os ratos em três anos e os coelhos em seis semanas de pesquisa.

<sup>28</sup> Consulta pessoal com Pollyanna Lind, especialista em herbicidas da “Northwest coalition for alternatives to pesticides”, Email: “info@pesticide.org”.

<sup>29</sup> Para tanto, ela se fundamentou num NOEL - no observed effect level (nível de concentração onde efeitos não são mais observáveis) - de 10 mg/kg, baseada na dose mais baixa publicada (Daele *et al.*, 1994a) em vez de limites da OMS de 30 mg/kg.



O principal dilema dessa controvérsia é a complexidade do tema em questão. Um mesmo herbicida como o da marca Roundup pode ter diferentes composições<sup>30</sup> (e o Brasil conta com uma má qualidade, em geral, de agroquímicos<sup>31</sup>). A presença de resíduos químicos em alimentos e na água varia amplamente, de acordo com uma série de determinantes. A permanência de até 50% de resíduos do glifosato em diferentes tipos de solo tem sido, sistematicamente, documentada, e a variância do tempo de permanência, de alguns dias até alguns anos, tem sido um quebra-cabeça não resolvido para especialistas no assunto (Sandermann *et al.*, 1997).

Mais do que isto, a evidência de que um agroquímico cause câncer está sujeita a sérios limites metodológicos, como a observação de efeitos cumulativos de longo prazo, a transposição de resultados da pesquisa com animais para humanos e a não consideração das sinergias de diferentes produtos químicos que podem ser consumidos simultaneamente (Daele *et al.*, 1994a, Guivant, 1995). Sobre os efeitos de agroquímicos para a imunologia, neurologia, reprodução e desenvolvimento humano não há consenso científico, e nem instrumentos adequados de medição (Krimsky & Wrubel, 1996, p.43-45). Portanto, não se pode estabelecer com segurança um nível aceitável de resíduos químicos. Enfim, a complexidade da relação agroquímicos, enfermidades e impactos ecológicos é, fundamentalmente, uma área de incertezas científicas.

Isto pode ser ilustrado com a história da regulamentação dos agroquímicos, onde diversos produtos considerados como cancerígenos, posteriormente, foram declarados como inócuos e vice-versa, problema que desde os anos 70 afetou fortemente a confiança pública em agências regulamentadoras nos EUA (Jasanoff, 1990). Mesmo a prática de revisão de estudos por especialistas (*peer review*) demonstrou que quando a ciência está vinculada à política regulamentatória, há um considerável conteúdo de subjetividade em suas interpretações (*ibid.*). Um processo similar de questionamento da legitimidade das decisões da regulamentação sobre agroquímicos parece estar acontecendo hoje com os produtos transgênicos. O corretivo, sugerido por Sheila Jasanoff

---

<sup>30</sup> Em geral, a análise se restringe ao ingrediente ativo do herbicida, embora a fórmula comercial incluiu solventes, dispersores, entre outras substâncias, que podem ser expressivamente mais tóxicas que o ingrediente ativo (Greenpeace: 1996).

<sup>31</sup> Entre 1981 e 1983, 47% dos agroquímicos foram reprovados quanto à sua formulação física e 24%, quanto ao teor do princípio ativo, segundo análises do Instituto Biológico de São Paulo (Guivant, 1995:18).

para os desvios de pareceres científicos causados por preferências, é *negotiation* (negociação), i.é, um debate aberto dentro da comunidade científica, por um lado, e desta com a sociedade civil, por outro. Uma ampla negociação permitiria que se controlasse a influência de interesses particulares, já que estes passam a ser explícitos no processo de debate. O fato de a regulamentação de agroquímicos, e de organismos geneticamente modificados, se apoiarem basicamente nos dados fornecidos pelas empresas produtoras, sem um balanceamento crítico a partir de estudos de cientistas explicitamente vinculados a interesses de ambientalistas e consumidores, mostra um caráter cego para o condicionante social da produção da ciência.

Finalmente, está certo dizer como Castro (1998), da CTNBio, que a engenharia genética poderia contribuir para eliminar os agroquímicos dos cultivos agrícolas. Mas, até o momento, a sua principal aplicação é a TRH, que condiciona geneticamente a agricultura ao uso de herbicidas. Para a TRH tanto a redução quanto o abuso de aplicações de agroquímicos são cenários possíveis. O Roundup pode ter características ecológicas mais favoráveis que outros herbicidas, mas não deixa de ser tóxico, além de apresentar uma série de lacunas sobre seus efeitos à saúde e ao meio ambiente a ser esclarecida. Acidentes e mau uso de agroquímicos continuarão a acontecer, o que justifica a demanda pública por outras soluções tecnológicas que a TRH.

## ENGENHARIA GENÉTICA COMO GARANTIA DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Os benefícios de cultivos como a soja RR justificam os riscos implicados? A Monsanto e a indústria biotecnológica usam o argumento da necessidade das modernas biotecnologias<sup>32</sup> para alimentar uma população crescente no mundo - seremos 10 bilhões no ano 2030 (Monsanto, *technology overview*). O Mesmo argumento é reproduzido pelo presidente da CTNBio, que vê o papel do Brasil em alimentar a crescente população mundial como fundamental, e a engenharia genética como instrumento crucial nesta tarefa (Castro, 1998, p.171-172). No

---

<sup>32</sup> Das biotecnologias modernas, a engenharia genética é o instrumento que permite a ultrapassagem sistemática da barreira das espécies, acarretando riscos especiais, sendo, portanto, o alvo da polêmica e de regulamentações específicas no plano internacional.

entanto, os cultivos transgênicos atualmente plantados, dos quais soja, milho e canola perfazem 75% do total, visam, sobretudo, à alimentação animal<sup>33</sup>. Cultivos transgênicos como batata e tomate atingem, atualmente, apenas 2% do total, sendo que a resistência de consumidores a alimentos transgênicos desempenha um condicionante importante desses números.

Além disso, a pesquisa de resistência a pragas parasitóides, dominantes no Terceiro Mundo, está absolutamente à margem dos atuais desenvolvimentos com plantas transgênicas (Gressel, 1993). E a TRH é, essencialmente, voltada para a agricultura intensiva e moderna e não para a agricultura de menor escala ou mais tradicional, que supre ainda a maior parte dos alimentos nos países menos industrializados (Neubert & Knirsch, 1994).

Se a engenharia genética pode contribuir para a maior produção de alimentos, ela não é, no momento, um fator fundamental para tanto, pois as causas da fome crônica, que afetou em 1988-1990 uma população estimada em 790 milhões de pessoas, são, sobretudo, as carências de poder de compra e de terra para auto-subsistência, as de catástrofes ecológicas ou de ordem militar e política (Nohlen, 1994). Ao mesmo tempo, com o crescimento populacional, o aumento da produção se tornará indispensável, o que desafia a busca de combinações mais adequadas de reformas políticas e inovações técnicas, adequada às necessidades regionais<sup>34</sup> (Daele *et al.*, 1994b, p.211-213).

Outro fator limitante da contribuição da engenharia genética para o aumento da produção, pelo menos em médio prazo, é a impossibilidade de manipular uma série de características agrícolas fundamentais, como o aumento da produtividade dos cultivos, a fotossíntese, a adaptação ao habitat ou a fixação de nitrogênio, pois todas essas características requerem a expressão de muitos genes simultaneamente (OECD, 1986, p.18-20). Para a fixação de nitrogênio, através da simbiose da *Rhizobium* com leguminosas, atuam pelo menos quinze genes (*ibid.*).

---

<sup>33</sup> A soja é utilizada em 80% como farelo e 20%, como óleo, sendo que 95% do farelo serve como forragem para animais (Monsanto, *regulatory*). Cabe lembrar que um terço da produção mundial de grão é destinada à alimentação animal. Deixando ao lado as diferenças entre proteínas animais e vegetais, na transformação destas naquelas se perdem, anualmente, 21 milhões de toneladas de proteína (FAO, Hot spots of livestock-environment interactions).

<sup>34</sup> Resta saber se o modelo de uma modernização extensiva de pequenas e médias propriedades, no Terceiro Mundo, poderia ocupar o lugar do predominante sistema dual, baseado na justaposição da agricultura intensiva com a (decrecente) agricultura de subsistência.

Além disso, é preciso considerar a possibilidade de impactos negativos da TRH para agricultores e trabalhadores rurais. Para Neubert & Knirsch (1994), a TRH racionaliza a mão-de-obra agrícola, suprimindo o controle manual de ervas daninhas, o que deve causar maior êxodo rural. Preocupantes são as medidas da Monsanto que visam proibir o replantio da soja RR. Na visão da empresa, a semente colhida continuaria a ser sua propriedade e o seu replantio violaria seus direitos patentários (Grain, 1997). Isto se confirma com a análise dos pedidos de patente da Monsanto para a soja RR, que incluem o ADN codificador (EPSPS), os vetores utilizados bem como *as plantas transformadas*, suas células e seus genes (INPI, PI 9007550 A, 04/04/1991). Ora, o replantio sempre foi legal e desempenha uma importante poupança para agricultores - estima-se que 20 a 30% da soja nos EUA é atualmente replantada (Hillyer, 1998). Esta poupança é ainda mais relevante para agricultores do Terceiro Mundo, que dispõem de poucos recursos e escassas formas de compensação ou seguro diante de perdas agrícolas.

Procurando usurpar este direito de agricultores, a firma Delta and Pine Land, hoje propriedade da Monsanto, criou a chamada tecnologia “terminator”, desenhada geneticamente para suprimir a germinação de sementes, quando do amadurecimento dos cultivos no campo. O que se havia conseguido com o milho híbrido a partir dos anos 30 pode agora ser expandido para os demais cultivos. Com o *terminator*, um dos principais valores simbólicos de conceitos como natureza e vida, a fertilidade das sementes, é abolido pela tecnologia. As sementes passam a ser estéreis e os agricultores serão forçados a comprá-las para cada safra novamente. Diante do que se subentende na tecnologia “terminator”, os argumentos empresariais de contribuição para as necessidades de alimentos da humanidade perdem sua coerência e persuasão.

## RISCOS ECOLÓGICOS E DE SAÚDE DA SOJA RR - A BIOSSEGURANÇA

A CTNBio tem a tarefa de avaliar riscos de organismos geneticamente modificados (OGMs) para a saúde humana e o meio ambiente. Para o trabalho com OGMs é requerido dos interessados um certificado de qualidade em biossegurança, sendo também necessária a formação de uma Comissão interna

de biossegurança (Instrução Normativa N° 1 da CTNBio). Se um proponente pretende lançar um vegetal geneticamente modificado no Brasil, ele deverá realizar testes de campo no país, com permissão prévia da CTNBio. Esta avalia os dados sobre a segurança do vegetal em questão e exige que os testes de campo sejam realizados segundo critérios de controle estipulados pela Instrução Normativa N° 3, de dezembro de 1996<sup>35</sup>, incluindo procedimentos para evitar qualquer dispersão do material geneticamente modificado. Após uma fase de testes de campo, que não tem prazo estipulado, o proponente poderá requerer aprovação para comercialização de seu produto.

A soja RR esteve entre os dois primeiros testes de campo aprovados no Brasil, em fevereiro de 1997. Pela Monsanto ela vem sendo testada em suas fazendas experimentais de Ponta Grossa, PR e Goiatuba, GO. Os testes de campo com soja RR também são realizados no Brasil por duas empresas norteamericanas, Cargill (de propriedade da Monsanto) e Braskalb, pela ex-nacional Agrocere, e por três instituições nacionais, uma das quais privada, a Coodetec, e duas ramificações da Embrapa, o Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo) e o Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC). Até 7 de julho de 1998, foram feitos oito testes de campo com a soja RR deferidos pela CTNBio, que incluem da observação de características agrônômicas de cultivares brasileiras e americanas até a seleção de linhagens e a produção de sementes, esta última já deferida em 13 de fevereiro de 1998, um ano após a realização do primeiro teste de campo<sup>36</sup>.

Baseado em depoimentos coletados pelo autor entre os membros do CTNBio<sup>37</sup>, os critérios de avaliação de impacto ecológico priorizados para a soja RR são: 1. É possível que a característica de resistência a herbicidas inserida na soja RR seja transmitida para ancestrais ou parentais da soja ou outras plantas? Se isto ocorresse o que aconteceria? 2. É possível que a própria soja RR se torne uma erva-daninha, proliferando-se na lavoura ou em reservas

---

<sup>35</sup> Normas simplificadas para testes com vegetais geneticamente modificados, para vegetais anteriormente já aprovados pela CTNBio, foram publicadas em fevereiro de 1998 na Instrução Normativa N° 10.

<sup>36</sup> Nos EUA, onde a soja RR foi desenvolvida e, primeiramente, desregulamentada, este processo foi mais lento e demorou cinco anos. Os testes de campo, iniciados em 1989, foram desregulamentados pela USDA/APHIS, responsável ao que toca a efeitos ecológicos, em maio de 1994, pelo FDA, em setembro de 1994 e pelo EPA, no caso o Roundup, em maio de 1995.

<sup>37</sup> Os depoimentos datam de maio/junho de 1997, e são parte de uma pesquisa de doutorado a ser publicada. Veja referências do autor na nota 1.

naturais? 3. qual o impacto para organismos não-alvo tais como animais benéficos, parasitas, populações de insetos, etc.? haverá perda de biodiversidade ou efeitos negativos em ecossistemas?

O primeiro item relacionado com o escape gênico foi considerado o risco ecológico mais relevante. Há consenso entre os cientistas da CTNBio de que os riscos de hibridização da soja no Brasil são irrelevantes, já que não há parentais conhecidos nem ancestrais dessa planta no país (a soja é original do sudeste asiático). Um cruzamento via polinização é uma possibilidade remota para a soja, pois ela é autopolinizada e, se isto acontecesse, não causaria prejuízo adicional. O cenário de que bactérias absorvam e transportem o gene de resistência a herbicidas para outras plantas (transferência horizontal) é considerado pela OMS como muito pouco provável (*ibid.*), embora plausível sob o olhar de recentes pesquisas, (Sandermann *et al.*, 1997).

A possibilidade de a própria soja transgênica se tornar uma planta daninha está reduzida às áreas de aplicação do herbicida Roundup, que confere à soja uma vantagem de concorrência frente a outros vegetais (pressão de seleção). Neste caso, porém, ela pode ser eliminada por outros herbicidas. Ela é incapaz de infestar ambientes naturais, pois ali não tem chances de competir com espécies selvagens. Finalmente, a soja RR parece não ameaçar animais benéficos, se toma como base a não toxicidade do gene dos elementos reguladores inseridos e da soja, conforme as conclusões de agências regulamentadoras como a APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service), EUA. O aval dessas agências também pesa na afirmação da inocuidade da soja RR para a alimentação humana e animal, de acordo com os testes primeiramente realizados pelo FDA (Food and Drug Administration), EUA.

A aprovação da soja RR para o comércio no Brasil pela CTNBio certamente baseou-se nestes critérios (formulados aqui de forma bastante simplificada), além de levar em conta a aprovação total ou parcial da soja RR por oito países<sup>38</sup>, entre eles Japão, EUA, Grã-Bretanha e Argentina, além da UE.

Por outro lado, um movimento internacional de restrições à soja RR poderia ganhar relevância levando em conta o caráter parcial de muitas das aprovações da soja RR (na UE, o plantio não é permitido), a duradoura resistência de

---

<sup>38</sup> Dos oito países mencionados três são da União Européia: Holanda, Dinamarca e Grã-Bretanha.

consumidores europeus a alimentos transgênicos<sup>39</sup> e, sobretudo, uma série de questões de risco e dados recentes ainda não-adequadamente esclarecidos. As possíveis vantagens do Brasil com a exportação de soja não transgênica para o mercado europeu são lembradas, por exemplo, pelo Manifesto à Nação bem como numa proposta de Projeto de Lei da Senadora Marina Silva sugerindo uma moratória para testes de campo, comércio e consumo de vegetais transgênicos<sup>40</sup>. Quanto às questões de risco, há possibilidade de divergentes interpretações, mas elas são de grande seriedade na prevenção de impactos negativos ao homem e ao ambiente.

A Monsanto argumenta que a soja RR é “essencialmente idêntica à soja convencional”, com exceção da presença do gene EPSPS bacteriano (Monsanto, *yield data*). No entanto, uma série de diferenças significativas entre estes dois tipos de soja aparece em documentos entregues juntos ao requerimento para comercialização da soja RR na UE pela própria Monsanto. As diferenças incluem a proporção de ácidos graxos, de gordura e de carboidratos, e a atividade inibidora de tripsina<sup>41</sup> (para *defatted non-tasted meal*), entre outros (Weber, 1997, p.10-13). Barbara Weber conclui que, por um lado, como alguns valores comparativos apresentados não estão suficientemente cobertos pela literatura, não há prova de equivalência entre soja convencional e soja transgênica. Por outro lado, como as diferenças observadas não foram alvo de averiguação científica aprofundada, permanece uma lacuna fundamental sobre as características e efeitos da soja RR (*ibid.*, p.11s).

A idéia de uma substancial equivalência da soja RR com a soja convencional sustenta-se no paradigma reducionista da biologia molecular, para o qual o organismo é igual à soma de suas partes, e a relação entre fenótipo e genótipo é inequívoca e linear (Bonß *et al.*, 1993). Apesar de a ciência já ter acumulado

---

<sup>39</sup> Isto se confirma pelo Eurobarômetro em Biotecnologia, pesquisa conduzida com apoio da Comissão Européia em todos os países da União Européia, incluindo 16.246 entrevistados. Embora cultivos e alimentos transgênicos tenham sido associados a benefícios, há uma preponderante avaliação negativa quanto aos riscos implicados, e para o caso dos alimentos, até mesmo uma posição contrária ao apoio de seu desenvolvimento (Bauer *et al.*, 1997, p.845-847).

<sup>40</sup> Como a maior parte dos consumidores europeus preferem não consumir alimentos transgênicos e como há obrigatoriedade de rotulagem, podem ser obtido um preço melhor para a soja brasileira do que a americana ou argentina.

<sup>41</sup> Há diferença na soja RuR em relação à não-transgênica no nível de enzimas inibidoras de tripsina (*trypsin-inhibitors*), que é responsável pela atividade de degradação de proteínas na digestão, como outras proteases. As inibidoras de proteases podem afetar negativamente o crescimento ou a atividade de glândulas hormonais (Weber, 1996, p.12-13).

grande número de exemplos demonstrando que o conjunto de atributos biológicos interage de forma interdependente e não-linear, a visão reducionista dos genes continua a ser propagada (*ibid.*). A inserção de um gene, com função específica em seu organismo de origem, em um organismo estranho nem garante a expressão desta função, nem evita que uma série de efeitos não esperados possa emergir (Tappeser, 1996).

Entre as questões de risco de transgênicos pendentes está o seu possível caráter alergênico. Segundo Weber (1997, p.2-9), estes poderiam advir: a) de efeitos colaterais da modificação genética e b) um efeito alergênico da proteína inserida, neste caso a EPSPS. Nos estudos da soja RR apresentados pela Monsanto, foram utilizados o soro sanguíneo de apenas cinco alérgicos, não alcançando representatividade estatística, nem incluindo provas de soro dos países para os quais a soja RR será exportada (*ibid.*:p.4-5). Para Joe Cummins, professor emérito de genética da Universidade de Western Ontario, se a reação alérgica não for testada em um número de provas significativamente grande, pode-se não detectá-la (Cummins, 1997). Mesmo com base na pequena concentração de EPSPS na soja RR, não é possível garantir que pessoas sensíveis não sofram reações alérgicas violentas com o seu consumo (Weber, 1997). Além disso, o fato de a soja convencional já conter alergênicos (como glicinina), não justifica uma falta de precaução com a possibilidade de surgimento de novos tipos de alergia. Esta questão também foi apontada em carta da SBPC já mencionada (p.01), perguntando sobre o padrão de expressão gênica das proteínas alergênicas na soja RR, de acordo com as diferentes condições climáticas nas regiões produtoras do Brasil. Em documento de resposta encaminhado pela Monsanto<sup>42</sup> permanece entretanto obscuro se os dados se referem à estudos realizados no Brasil ou se foram meramente colhidos em outros países.

Um fator de risco adicional advém do aumento da produção de fitoestrogênio em leguminosas, causado pela aplicação de Roundup. Esta relação foi demonstrada para o feijão-comum (*phaseolus vulgaris*), dado publicado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia da Alemanha (Sandermann & Wellmann, 1988, p.285-292). Ora, o volume de fitoestrogênio induzido no feijão pelo Roundup

---

<sup>42</sup> O documento é intitulado: "Respostas às manifestações públicas encaminhadas à CTNBio relativas ao processo 01200.002402/98-60 - soja Roundup Ready: avaliação da segurança ambiental e alimentar"



corresponde àquele capaz de produzir disrupções no sistema reprodutivo em ratos (*ibid.*). Para Tappeser & Weizsäcker (1988), estas disrupções também devem ser válidas para o homem, já que o estrogênio de origem vegetal mimetiza a função de hormônios no corpo de mamíferos. Crianças e fetos podem reagir sensivelmente a maiores quantidades de fitoestrogênio, adquirindo por exemplo alergias<sup>43</sup>. Além disso, este fato é absolutamente relevante, a correlação entre fitoestrogênio e Roundup não poderia ser detectada pelos testes do FDA, onde *só foi analisada a soja sem tratamento com Roundup* (Monsanto, Regulatory, Weber, 1997).

Outro ponto polêmico originou-se com um estudo dirigido pela Monsanto, apresentado como documento para a aprovação da soja na UE, onde conclui que não foram encontradas diferenças relevantes entre soja convencional e transgênica, baseado na comparação de valores alimentares para animais com variedades tolerantes e não-tolerantes a glifosate (Hammond *et al.*, 1996, p.717, 720). Para vacas leiteiras, a percentagem de gordura do leite por unidade e a produção de leite não apresentaram diferenças significativas<sup>44</sup> (*ibid.*). Entretanto, observou-se através de reexame do estudo que, com base no cálculo entre dois últimos valores, há um teor, estatisticamente, significativo mais elevado de gordura corrigida, medido a partir do valor padrão de 3.5%, no leite de vacas alimentadas com as variedades de soja RR. Este aumento perfaz 2,5 e 2,7 kg/dia a mais do que o valor adquirido com a soja convencional (*ibid.*, p.724-725), igual a um acréscimo de 8% (por exemplo de 1,19 para 1,29 kg) de gordura de leite (Greenpeace, 1997). Ora, a amostra utilizada para o estudo da Monsanto não é estatisticamente representativa<sup>45</sup>. Como resultado, para os reguladores, como o Robert-Koch-Institut na Alemanha Federal, não há uma diferença significativa entre os dois tipos de soja, enquanto que para setores críticos, os dados encontrados são significativos e deveriam ser alvo de pesquisa estatisticamente fundada<sup>46</sup>. É a relevância de um problema científico que,

---

<sup>43</sup> Esta afirmação é divulgada por oito cientistas de renome da Grã-Bretanha, Alemanha Federal e Índia numa carta com o título *Urgent Appeal to all governments to revoke the market approval of Monsanto's RR-soybean*, Montreal, 13 October, 1997, *Third Meeting of the Open-ended Ad hoc Working Group on Biosafety of the UN-Convention on Biological Diversity*.

<sup>44</sup> O estudo utilizou três grupos de vacas, no total de 36, sendo que dois grupos foram alimentados com variedades tolerante a glifosate e o terceiro com variedade parental não tolerante.

<sup>45</sup> Ademais, a soja RR testada não foi tratada com Roundup.

<sup>46</sup> Segundo Barbara Weber, pesquisadora do Institut für angewandte Ökologie (Instituto de Ecologia Aplicada), Freiburg, Alemanha Federal, em consulta pessoal.

segundo a percepção de riscos, é sublinhada ou suprimida. É uma pesquisa considerada adequada para comprovar similaridades gerais, mas inadequada para demonstrar particularidades, condizente à estratégia defensiva da Monsanto na concepção e publicação de estudos de risco sobre seus produtos.

Dizer que de qualquer forma o teor de gordura no leite varia, segundo a raça animal e a forragem (cf. Castro, 1998, p.180) não revida o ponto em questão, pois aqui se trata dos efeitos da inserção de um gene bacteriano na soja e sua atual inadequada investigação, uma suposição plausível que, se confirmada, seria uma descoberta inédita.

Como lidar com estas incertezas? Em disputa estão dois enfoques de avaliação de riscos, que serão aqui resgatados principalmente com base nas análises das diferenças entre os países da UE, no que diz respeito à regulamentação de OGMs a serem liberados no meio ambiente, segundo Schomberg (1998) e Levidow *et al.* (1996):

1. O primeiro é o enfoque baseado na avaliação mensurável de riscos, que chamaremos de enfoque objetivo de riscos. Restringe-se ao estado atual de conhecimentos, tendendo a não considerar riscos hipotéticos. Não inclui aspectos qualitativos como parâmetro de análise. Método básico para esse caso é a relativização de riscos da engenharia genética, comparando-a com os riscos do melhoramento convencional, pois este também pode aumentar a toxicidade de alimentos ou influenciar a invasividade de ervas por meio de seqüências genéticas inseridas aleatoriamente (OECD, 1986). Já a técnica de ADN<sub>r</sub> é mais precisa: os genes inseridos são conhecidos.

2. O segundo é o enfoque baseado em incertezas e em padrões qualitativos socialmente relevantes. Considera riscos hipotéticos formulados de forma inteligente e informada, e que o estado atual de conhecimentos é uma base imprescindível, mas insuficiente para o prognóstico de efeitos ambientais da tecnologia a longo prazo. O melhoramento convencional não é comparável com os vegetais transgênicos, pois estes últimos representam combinações genéticas impossíveis de acontecerem de forma natural sendo desconhecidos a evolução e os impactos destas combinações. Efeitos absolutamente inesperados de inserções genéticas já foram documentados, tendo outra qualidade além de efeitos colaterais no melhoramento convencional. Este enfoque inclui aspectos qualitativos de análise, com base em valores sociais reconhecidos, como a necessidade de proteção da biodiversidade.

O enfoque de riscos objetivos aproxima-se, especialmente, da regulamentação dos EUA, e o enfoque baseado em incertezas, particularmente, dos países escandinavos e da Áustria. Uma variante que combina aspectos de ambos enfoques é a regulamentação da UE (Levidow *et al.*, 1996).

A vertente mais céptica com relação a riscos especiais de OGMs percebe a liberação comercial de plantas transgênicas como continuidade experimental dos efeitos da manipulação genética. Isto ocorre porque há um crescente reconhecimento de que os milhares de testes de campo, mundialmente realizados com vegetais transgênicos e freqüentemente citados como prova de sua segurança, praticamente não trouxeram dados sobre biossegurança, pois não a pesquisaram, já que foram desenhados para avaliar as características agrônômicas dos vegetais e além disso, isolaram o experimento de possíveis interações ecológicas (Risler & Mellow, 1993, Levidow *et al.*, 1996). Como reação a essas lacunas está sendo discutida, na revisão da Diretiva 220/90 da UE, uma autorização inicial de sete anos para a liberação de vegetais transgênicos com monitoramento obrigatório, a exemplo do acordo entre a Itália e a Novartis para o cultivo de milho resistente a insetos (Schomberg, 1998). Este monitoramento poderia ser dirigido por uma equipe interdisciplinar indicada por industriais, ambientalistas e instâncias de regulamentação para conferir maior legitimidade ao processo (*negotiation*) e coletar dados sobre as suspeitas de risco mais relevantes: efeitos sobre invasividade de ervas daninhas, impactos em organismos não-alvo (pássaros, insetos benéficos, etc.) e transferência do(s) gene(s) inserido(s). Neste sentido, foi exigido pela CTNBio junto à aprovação da soja RR um monitoramento dos efeitos ambientais de seu uso agrícola por cinco anos, embora a direção do monitoramento permaneça nas mãos da Monsanto, o que levanta dúvidas sobre a imparcialidade dos dados a serem levantados.

A opção mais céptica com relação à segurança dos transgênicos está representada por organizações ambientalistas, de consumidores e da agricultura orgânica, e é sustentada por uma ala mais crítica da ciência. Baseadas no enfoque de incertezas anteriormente descrito, essas organizações estão propondo moratórias gerais ou específicas para plantas transgênicas, objetivando uma verificação acurada das hipóteses de risco mais relevantes. Um problema dessa opção é que não há como estipular o tempo necessário para a suficiente garantia de segurança, já que a descoberta de qualquer risco relevante, caso aconteça,

não se deixa datar. O tempo não deixa de ser um importante condicionante no acúmulo de experiências. Porém, um retardamento da liberação de cultivos transgênicos só faria sentido com um investimento de pesquisa em biossegurança, o que até o momento não obteve a atenção devida. Limite adicional desta perspectiva precaucionária é que boa parte dos riscos ecológicos e de saúde não é possível de ser experimentada em condições de laboratório, e só será observável na vida real.

Com isto, a sociedade e a natureza passam a ser um laboratório experimental para novos produtos e seus efeitos de longo prazo (Krohn & Weyer, 1989). E se há como minimizar riscos, não há como impedir que o desenvolvimento técnico-científico experimente constantemente os efeitos de sua dinâmica inovativa (*ibid.*). Pois nem todos os produtos nocivos podem ser definidos como tais antes de sua comercialização, e alguns somente o serão mediante uso ou acumulação de efeitos prolongados. Contudo, a minimização de riscos por parte daqueles que os produzem, ou seja, sobretudo a ciência e as indústrias, passa a exigir uma responsabilidade e uma reflexão muito maiores do as que têm acontecido até o momento, porque a emergência crescente de novos riscos e incertezas no cotidiano não são algo marginal na sociedades de modernidade avançada, senão pertencem ao seu âmago, traduzindo fundamentalmente dilemas éticos e políticos (Beck, 1986). Para o exercício da democracia, permanece o desafio de orientar a dinâmica de inovações tecnológicas, espelhando a escolha de cenários desejáveis de desenvolvimento, ao invés de se seguir passivamente os padrões da liberdade de inovações da economia de mercado.

A avaliação e a tomada de decisões sobre riscos e benefícios de OGMs são pontos de controvérsia entre percepções da indústria, dos críticos, de reguladores e cientistas sobre a plausibilidade e a interpretação de riscos ambientais e de saúde, e sobre as incertezas dos impactos de longo prazo. A evolução da experiência e dos conhecimentos pode dar mais razão tanto a uns quanto a outros. Trata-se, entretanto de prevenir riscos. Se riscos hipotéticos forem tratados apenas como especulação incabível, estarão sendo consideradas as lacunas de conhecimento como não existentes. Mas o conhecimento evolui, e um enfoque baseado na precaução deve exigir que inteligentes suposições de risco, sempre que possível, sejam verificadas acuradamente.

Isto impõe uma reflexão sobre a relação entre ciência e política no processo de tomada de decisões. Desejar substituir decisões políticas quanto a

transgênicos por argumentos de objetividade científica, implicaria engano em relação ao mandato de ambas. Se a ciência é imprescindível para atualizar dados e interpretá-los, mesmo que num estimulante ambiente de incertezas e controvérsias, a política deve mediar esses conhecimentos dinâmicos com demandas sociais mais amplas sobre a desejabilidade e a necessidade de tecnologias. Sem um processo de negociação amplo e aberto, no Brasil, dentro da comunidade científica e entre esta e a sociedade civil organizada, a tomada de decisões sobre vegetais geneticamente modificados não será reconhecida como legítima na defesa dos bens públicos a serem protegidos.

## REFERÊNCIAS

- BAUER, M.; DURANT, J.; GASKELL, G. (Orgs.). Europe ambivalent on biotechnology. *Nature*, v.387, p.845-847, June 1997.
- BECK, U. **Risikogesellschaft**. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 1986.
- BONß, W.; HOHLFELD, R.; KOLLEK, R. **Wissenschaft als Kontext - Kontexte der Wissenschaft**. Hamburg: Hamburger Institut für Sozialforschung, 1993.
- CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G.; BETTIOL, W. Biotechnology and crop protection in Brazil, Embrapa/CNPMA. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON BIOTECHNOLOGY AND CROP PROTECTION - ITS POTENTIAL FOR DEVELOPING COUNTRIES, 1996, Berlin.
- CASTRO, L.A.B. de. O panorama da biossegurança no Brasil. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M.; SAKIYAMA, N.; SEDIYAMA, T.; MOREIRA, M.; PORTUGAL, R. (Eds.). **Biowork - Biossegurança, proteção de cultivares, acesso aos recursos genéticos e propriedade industrial na agropecuária**. Viçosa: UFV, 1998. Workshop realizado na Universidade Federal de Viçosa em 4 e 5 de março de 1998.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. Comunicados, n.1/44. **Diário Oficial da União**, Brasília, 8 nov. 1996. Seção 3, p.23793. e <http://www.mct.gov.br/ctnbio/ctnbio.htm>

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. Instrução Normativa, n.1, **Diário Oficial da União**, Brasília, 6 set. 1996. Seção 1, p.17694-17696.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. Instrução Normativa, n.3, Normas para a liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados, **Diário Oficial da União**, Brasília, n.221, 13 nov. 1996. Seção 1, p.23691-23694.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. Instrução Normativa, n.3, Normas para a liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados, **Diário Oficial da União**, Brasília, n.36-E, 20 fev. 1998. Seção 1, p.3-6.

COX, C. Glyphosate - Part II. Human exposure and ecological effects. **Journal of Pesticide Reform**, v.15, n.4, p.1-16, 1995.

CUMMINS, J. Gene tinkering blues. **Allergy**, v.2, n.3, fev. 1997. <http://www.geocities.com/Ahens/1527/allergy.html>

DAELE, W. van den ...[et al.]. Nutzpflanzen mit künstlicher Herbizidresistenz: Verbessert sich die Rückstandssituation? In: DAELE, W. van den ...[et al.]. **Verfahren zur Technikfolgenabschätzung des Anbaus von Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz**. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, 1994a. v.6.

DAELE, W. van den ...[et al.]. Der Beitrag des Anbaus herbizidresistenter Kulturpflanzen für die Ernährungssicherung in der Dritten Welt. In: DAELE, W. van den ...[et al.]. **Verfahren zur Technikfolgenabschätzung des Anbaus von Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz**. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, 1994b. v.16.

EPA. **Pesticide Fact Sheet: Glyphosate**. 1986. Epa-Web-Site: [www.epa.gov/epahome/data.html](http://www.epa.gov/epahome/data.html)

FAO (Roma, Itália). **Joint meeting of the FAO Panel of experts on pesticide residues in food and the environment and the WHO expert group on pesticide residues**. Rome, 1994.

FONTES, E.; SANTOS, I.K.M.; GAMA, M.I.C. A biossegurança de plantas cultivadas transgênicas, In: TEIXEIRA, P.; VALLE, S. (Orgs.). **Biossegurança - uma abordagem multidisciplinar**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1996. p.313-327.

FRIENDS OF THE EARTH. A critique of the Monsanto briefing notes "the roundup ready soybean system: sustainability and herbicide use", (part 2). **Europe Biotechnology Programme Mailout**, v.4, n.4, June, 1998. [www.foeeurope.org/programmes/biotechnology/about.html](http://www.foeeurope.org/programmes/biotechnology/about.html)

GRAIN. **Seedling**, Barcelona, v.14, n.1, mar. 1997. <http://www.grain.org/publications/mar97/mar973.htm>

GREENPEACE. **Glyphosat - das Breitband-Pflanzengift und die Folgen**. Hamburg: Greenpeace Soja-Kampagne. Dieke Bobbink, 1996. Manuscrito.

GREENPEACE. Robert-Koch-Institut und Monsanto versuchen, Nebenwirkungen von genmanipulierter Soja zu vertuschen. In: AKEN, Jan von. **Hintergrunddokumente**. 1997. <http://www.greenpeace.org/>

GRESSEL, J. Advances in achieving the needs of biotechnologically derived herbicide resistant crops. **Plant Breeding Reviews**, v.11, p.155-198, 1993.

GUIVANT, J. O Brasil como sociedade de risco: o caso dos agroquímicos nos alimentos. **Cadernos de Pesquisa**, n.3, Jan. 1995.

HAMMOND, B.G.; VICINI, J.L.; HARTNELL, G.F.; NAYLOR, M.; KNIGHT, C.; ROBINSON, E.; FUCHS, R.; PADGETTE, S. The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered

by genetic incorporation of glyphosate tolerance. **The Journal of Nutrition**, v.126, p.717-727, 1996.

HILLYER, G. Save-seed busters. **Progressive Farmer**, Jan. 1998. <http://progressivefarmer.com/>

JAMES, C. Global status and distribution of commercial transgenic crops in. **Biotechnology and Development Monitor**, n.35, p.9-12, June 1998.

JASANOFF, S. **The fifth branche-science advisers as policymakers**. Massachusetts: Harvard Press, 1990. 302p.

KATHEN, A. de. **Gentechnik in Entwicklungsländern - ein Überblick: Landwirtschaft**. (in Auftrag des Umweltbundesamtes). Bundesrepublik Deutschland: Umweltbundesamt, 1996. (Texte, 15).

KRIMSKY, S.; WRUBEL, R. **Agricultural biotechnology and the environment - Science, policy and social issues**. Urbana, Chicago: University of Illinois Press, 1996.

KROHN, W.; WEYER, J. Gesellschaft als Labor. **Soziale Welt**, n.40, p.347-349, 1989.

LEVIDOW, Les; CARR, S.; SCHOMBERG, R. von; WIELD, D. Regulating agricultural biotechnology in Europe: harmonisation difficulties, opportunities, dilemmas. **Science and Public Policy**, v.23, n.3, p.135-157, June 1996.

NEUBERT, S.; KNIRSCH, J. Der Beitrag des Anbaus herbizidresistenter Kulturpflanzen für die Ernährungssicherung in der Dritten Welt, In: DAELE, W. van den ...[et al.]. **Verfahren zur Technikfolgenabschätzung des Anbaus von Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz**. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, 1994. v.16.

NOHLEN, D. (Ed.). **Lexikon Dritte Welt**. 6.ed. Reinbeck: Rowohlt, 1994.

NOVOS tipos de soja, batata e tomate. **Gazeta Mercantil**, 13 fev. 1995.



O'BRIEN, M. Are pesticides taking away the ability of our children to learn?  
**Journal of Pesticide Reform**, v.10, n.4, p.4-8, 1990/1991.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development.  
**Recombinant DNA safety considerations**. Paris, 1986.

PADGETTE, S.R.; KOLACZ, K.; DELANNAY, X.; RE, D.; LAVALLEE, B.; TINIUS, C.; RHODES, W.; OTERO, Y.; BARRY, G.; EICHHOLTZ, D. Development, identification and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. **Crop Sciences**, v.35, n.5, p.1451-1461, Sept./Oct. 1995.

POSSAS, M.L. (Org.). **O processo de regulamentação da biotecnologia**. Brasília: IPEA, 1994. (Estudos de Política Agrícola, 16). Projeto PNUD/BRA/91/014.

REUTERS Limited. **Zeneca files Anti-Trust Suit versus Monsanto**. 1998.  
[www.ims.reuters.com](http://www.ims.reuters.com)

RISLER, J.; MELLOW, M. **Perils amidst the promise** : Ecological risks of transgenic crops in a global market. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists, 1993.

SANDERMANN, H. Biochemische Aspekte. In: DAELE, W. van den ...[et al.].  
**Nutzpflanzen mit künstlicher Herbizidresistenz**: Verbessert sich die Rückstandssituation? Verfahren zur Technikfolgenabschätzung des Anbaus von Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, 1994. v.6.

SANDERMANN, H.; ROSENBROCK, H.; ERNST, D. Horizontaler Gentransfer bei Herbizidresistenz? Der Einfluß von Genstabilität und Selektionsdruck, In: BRANDT, P. **Zukunft der Gentechnik**. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 1997.

SANDERMANN, H.; WELLMANN, E. Risikobewertung der künstlichen Herbizidresistenz, In: BUNDESMINISTERIUM FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE. **Biologische Sicherheit**. [S.l.], 1988. p.285-292.

SCHOMBERG, R. von. **An appraisal of the working in practice of directive 90/220/EEC on the deliberate release.** Luxemburgo: STOA. Directorate General for Research, Directorate B, European Parliament, 1998. (PE n° 166.953/Final Report).

SIEGEL, D. **Brazilian soybean complex.** Greenpeace. fev. 1997.

TAPPESER, B. **Gentechnologie in der Landwirtschaft, Ernährung und Umwelt.** Freiburg: Institut für Angewandte Ökologie e.V. (Öko-Institut), 1996.

TAPPESER, B.; WEIZSÄCKER, C. von. **Possible human health impacts of Monsanto's transgenic glyphosate-resistant soybeans.** Ecoropa's Biodiversity/Biotechnology/Biosafety Programm. 1998. [www.purefood.org](http://www.purefood.org)

WEBER, B. **Entgegnung auf die Stellungnahme des Bundesministeriums für Gesundheit vom 05.12.1996 zum Import gentechnisch veränderter glyphosatresistenter Sojabohnen der Firma Monsanto.** (im Auftrag von Greenpeace e.V.). Freiburg (Germany): Institut für Angewandte Ökologie e.V. (Öko-Institut), 1997.