

PROTECÇÃO DAS CULTURAS AGRÍCOLAS

Variedades transgénicas benéficas ou perigosas ?

Ildio Moreira

1 - Prejuízos causados por Pragas, Doenças e Infestantes

No Quadro 1 mostram-se estimativas, divulgadas pela *European Crop Protection Association*, com base na obra de Oerke (1993), de prejuízos na quantidade da produção de diversas culturas causados pelas pragas, doenças e infestantes no Continente africano no período de 1988-1990 e o nível de prejuízos se não tivessem sido tomadas medidas de protecção, o que permite uma avaliação da eficácia destas e do que ainda se perde.

Quadro 1 – Prejuízos causados por pragas, doenças e infestantes em culturas no Continente africano, em 1988-1990

CULTURAS	% de prejuízos em 1988-1990 devidos a			Perdas totais %	Perdas sem medidas de protecção %	Ganhos com as medidas de protecção %
	Doenças	Pragas	Infestantes			
Arroz	15,5	17,6	22,6	55,7	83,1	27,4
Trigo	7,6	12,2	20,1	39,9	53,2	13,3
Batata	21,5	19,1	12,0	52,7	75,3	22,7
Café	21,7	12,1	12,0	45,8	74,5	28,7

Professor Catedrático Emérito do Departamento de Protecção das Plantas e de Fitoeccologia. Instituto Superior de Agronomia/UTL, 1349-017 Lisboa

Embora se deva chamar a atenção para a falibilidade destas estimativas para uma área tão vasta e diversificada como um Continente, certamente tremendamente variável nas diferentes regiões e condições culturais, elas permitem algumas ligações que se reputam importantes.

O total das perdas causadas pelos inimigos das culturas é em geral bastante superior aos 50%, o que mostra a importância dos sistemas de combate, podendo, até mesmo, ultrapassar os ¾ da produção se não forem tomadas quaisquer medidas de protecção. Os valores dos prejuízos mesmo com o combate dos inimigos mostram bem o caminho que ainda se pode percorrer para o aumento da produção e são um autêntico desafio para os técnicos responsáveis pela Protecção das culturas. De facto, como se observa na última coluna do quadro, os ganhos com as medidas de protecção, diferença entre as perdas actuais e as que se teriam sem as acções de protecção, não atingem os 30% o que se julga evidenciar que há uma margem significativa para se aumentar a produção com a melhoria das medidas de protecção.

Os progressos relativos à contenção das perdas de produção devidas aos inimigos das culturas, em 25 anos, entre 1965 e 1988-1990, apresentados no trabalho acima referenciado, em termos percentuais não parecem animadores, mas deve ter-se em conta que na maioria das culturas, o aumento das produções, durante aquele período, foi substancial, quase duplicando no café e no algodão e atingindo duas vezes e meia na cultura do arroz, embora na batata não tenha havido aumentos significativos.

Se não há normalmente dúvidas sobre a importância dos agentes patogénicos na quebra da produção e das pragas durante a cultura e no armazenamento, nem sempre se presta a devida atenção aos prejuízos causados pelas ervas daninhas, mais sub-repícios (competição pela água e nutrientes entre as plantas da flora espontânea e da cultura), que em geral equivalem aos devidos a

pragas ou a doenças, o que ilustra bem o interesse na melhoria do controle das infestantes.

Como se escreveu noutro trabalho (Moreira *et al.*, em publicação), nos sistemas tradicionais africanos, o combate às infestantes obriga, como é bem conhecido, a um esforço de mão-de-obra notável, limitante da expansão das áreas agricultadas pelas famílias de agricultores, estudado, por exemplo, por Akobundu (1991), para os países da África sub-sariana (SSA), que salientou a sua relativa ineficácia e a necessidade de incrementar o estudo de sistemas alternativos de combate às infestantes: "There is a general indifference to farmers' weed problems throughout SSA. ... This indifference is unfortunately shared by governments of countries in SSA. The fact that weeding is often considered by male farmers as women's work has not helped even the farmers to see weed control as a farming practice that merits innovative thinking. ... The median age of male farmers is over 50 years! ... They get little return for their efforts because weeding is neither done in time (possible because of other demands on their time) nor done efficiently".

O primeiro passo para melhorar o combate aos inimigos das culturas é conhecê-los. É indiscutível a importância do melhoramento do combate às infestantes, em que aspectos como a determinação do período crítico de infestação e dos níveis de prejuízo devem ser contemplados. Contudo, para algumas zonas de África, estão ainda por conhecer questões mais básicas e fundamentais, como é o caso da inventariação e caracterização ecológica das espécies adventícias das culturas.

No que respeita às infestantes, relativamente a Angola, Brito-Teixeira (1964 a 1969) divulgou, na passada década de 60, algumas prospeções, que se procuraram concatenar em trabalho de Moreira *et al.* (em publicação).

As principais pragas das culturas angolanas têm sido naturalmente abordadas, como, por exemplo, no documento de

Rodrigues (1969) e em listagens e trabalhos mais pormenorizados como os de Fonseca-Ferrão *et al.* (1971), Passos-de-Carvalho (1971), Passos-de-Carvalho & Leite-Cardoso (1972), Fonseca-Ferrão (1964), Carmona (1967) e de van Harten (1971).

De modo idêntico, para as doenças das plantas, exemplificam-se as listas e os trabalhos de Doutei-Serafim & Serafim (1969, 1982) e de Frazão-Caetano (1964) e Vizeu-Fernandes (1965).

Recorda-se que podem ser encontradas na valiosa e vasta bibliografia compilada por Lains-e-Silva (1993) sobre Agricultura, Silvicultura, Pecuária e Pescas de Angola cerca de três centenas de citações de documentos sobre inimigos das culturas os quais são certamente objecto de registos mais actuais pelos responsáveis angolanos da Protecção das Culturas.

Quanto aos meios de combate, que aqui não se podem abordar, interessa, na óptica actualmente aceite dos princípios de Protecção Integrada, conjugar as medidas preventivas e culturais com o combate mecânico, químico e quando disponível, biológico.

As plantas transgénicas resistentes a pragas ou a doenças e as resistentes a herbicidas, melhorando as possibilidades de luta química, são consideradas por muitos autores como mais uma arma poderosa a juntar àquelas, mas contestadas por muitos cientistas pelos seus riscos ambientais e alimentares.

Sem pretensão duma análise esgotante, e muito menos decisiva, apresentam-se alguns aspectos desta problemática.

Mas previamente, observe-se a actual posição mundial sobre as áreas em cultura com variedades transgénicas, referente ao ano de 2001, reproduzidas parcialmente do trabalho de Cubero-Salméron (2003):

Superfícies	Milhões de hectares
Mundial	52,6
EUA	35,7
Argentina	11,8
Canadá	3,2
China	1,5
Outros (aprox.)	1,0
Culturas	
Soja	33,3
Milho	9,8
Algodão	6,8
Colza	2,7
Batata, abóbora e papaia	<0,3
Finalidades	
Resistência a herbicidas	44,8
Resistência a insectos	12,0
Outras	<1,0

Os números "falamos" por si. Salienta-se a predominância das variedades com resistência aos herbicidas e no que respeita às culturas o peso da soja seguida com alguma distância do milho e do algodão.

Anota-se, ainda, a subida espectacular das áreas com culturas transgénicas que em 1996 ainda só abrangia 1,7 milhões de hectares e em 2001 já ultrapassava os 50 milhões.

A reduzida utilização dos OGM nos continentes africano e asiático são sobretudo resultado de dificuldades económicas ou tecnológicas ou, como parece ocorrer na Europa, de atitude de prudência ?

2 - OGM – Organismos Geneticamente Modificados

Recentemente escreveu o biólogo e conceituado ecologista Jorge Paiva (2004): "Com a "Revolução Biotecnológica" já aconteceram intoxicações e até mortes com substâncias químicas produzidas por seres transgénicos, particularmente bactérias. Não sabemos ainda o que resultará da "fuga" de genes desses seres para os seres vivos selvagens. Podem ocorrer transformações genéticas com resultados drásticos e irreversíveis nos ecossistemas naturais. No entanto, tal como aconteceu com a "Revolução Verde", minimizam-se as consequências, propagandea-se que resolverá o problema da fome e o que está já a acontecer, na realidade, é o enorme lucro económico das referidas multinacionais da alimentação".

Esta posição derrotista relativamente aos organismos transgénicos – entendidos como aqueles cujo genoma foi alterado por engenharia genética em que, como se expressam Carbonero-Zalduegui & García-Olmedo (2003), as operações fundamentais consistem em "cortar" e "coser" peças de ADN, ou seja, em que o repertório genético manipulado é da mesma ou doutra qualquer espécie e em que a introdução e transferência da modificação genética é por adição exógena (transformação) – é partilhada por numerosos cientistas que alertam para alguns riscos e dúvidas a acautelarem se aqueles forem introduzidos nas explorações agrárias.

Outra questão, repetidas vezes mencionada, é a possibilidade de perda da biodiversidade por utilização de variedades de plantas transgénicas que, embora mais produtivas mas em boas condições de fertilização e de utilização de produtos fitofarmacêuticos adequados, reduzem ou eliminem as variedades tradicionais, quiçá mais resistentes aos inimigos naturais e melhor adaptadas às condições edafo-climáticas locais.

Contrapõem às posições mais ou menos fatalistas, que alguns autores denominam “ecoambientalistas”, os técnicos das multinacionais e muitos cientistas defensores da utilização dos transgénicos com as vantagens económicas das culturas mas também ambientais, adiante especificadas, senão mesmo uma preocupação de segurança que ultrapassa a de outras técnicas, como referiram Carbonero-Zalduqui & García-Olmedo (2003): “En síntesis, a las plantas transgénicas se les están aplicando criterios de precaución que no cumplirían muchas plantas no transgénicas, ni los productos de al mal llamada agricultura biológica, ni muchos productos alimentarios habituales – como el azúcar, el té, el café, la pimienta, el perejil, o las setas llamadas comestibles – y, por supuesto, tampoco numerosos elementos de nuestra vida cotidiana, como el tabaco, el automóvil o el avión.”

Mas vejam-se alguns exemplos seguidamente apresentados de engenharia genética das plantas no domínio da Protecção das Culturas, que talvez facilitem uma tomada de posição relativamente à utilização dos OGMS.

2.1 - Plantas transgénicas resistentes a pragas

De há muito tempo que é conhecida a capacidade da bactéria do solo comum *Bacillus thuringiensis* (Bt) controlar certas pragas, muito utilizada em programas de luta biológica, bem aceite. Um dos insecticidas considerados mais compatíveis com o meio ambiente, pela sua alta especificidade e facilidade de biodegradação, é a toxina Bt que se tem aplicado em forma de cultura liofilizada, sem purificação prévia da toxina.

A obtenção de plantas transgénicas que expressam o gene que codifica esta toxina tem tido grande êxito. As primeiras culturas em que se introduziu um gene modificado da proteína Bt foram o

algodão, milho e batata; na primeira para controlo de insectos que destroem as cápsulas, na segunda para lagartas dos colmos adiante referidas e na batata para a resistência ao escaravelho (*Leptinotarsa decemlineata*).

A engenharia genética, com a introdução de genes do Bt, permitiu ainda a criação de variedades de arroz resistentes a certas pragas.

Para além das vantagens económicas, criou-se mais um método de combate às pragas, facilitando estratégias de luta integrada, pela combinação das práticas culturais adequadas e das lutas química e biológica com a resistência genética às pragas.

2.1.1 - Milho Bt

A linha de milho transgénica MON810 foi obtida por engenharia genética para resistir aos insectos por produção do seu próprio “insecticida”, pela introdução do gene cryIAb, isolado do *Bacillus thuringiensis* (Bt), na cultivar de milho Hi-II.

O gene cryIAb produz a proteína de controlo do insecto, uma delta-endotoxina. Esta proteína tem uma “história” de “safe use” demonstrada pela utilização de pulverizações de formulações microbianas Bt na agricultura e na silvicultura por mais de 30 anos, sem evidência de efeitos nefastos. Este facto combinado com a ausência da homologia da sequência de aminácidos entre a proteína CryIAB e os alérgenos conhecidos e a rápida degradação da proteína nos fluidos gástricos ácidos são suficientes para prever com razoável certeza que aquela proteína não tem efeitos alérgicos.

Actualmente várias empresas comercializam mais de 150 híbridos de milho transgénico que resistem a pragas, nomeadamente ao ataque nas lagartas dos lepidópteros, conhecidos por brocas do milho, dos géneros *Ostrinia* (pirale) e *Sesamia* que se desenvolvem no interior dos colmos.

Na África do Sul são cultivados 85 000 hectares de milho Bt.

No que se refere à salvaguarda da biodiversidade, Pomar-Sasot (2003) destaca significativos avanços em países em desenvolvimento e o desenvolvimento de projectos conjuntos entre institutos de investigação públicos, organismos internacionais e companhias privadas para melhorar espécies de interesse e variedades autóctones, mencionando como exemplo paradigmático o Centro de Investigação Agrária do Quênia (KARI) que, em colaboração com o Centro Mundial de Melhoramento do Milho e do Trigo (CIMMYT), trabalha na obtenção de variedades de milho, adaptadas às condições africanas, resistentes a insectos e que tenham também resistência à secura e ainda com capacidade de crescimento com baixa fertilização de azoto.

Um risco da utilização dos milhos Bt é a possibilidade de desenvolvimento de populações de insectos resistentes que se encontrem presentes nas populações naturais, o que aliás também se deve considerar com o uso dos insecticidas convencionais.

As Empresas recomendam que a melhor forma de evitar este risco é combinar um controlo efectivo nos campos de milho Bt com zonas de milho convencional denominadas "refúgio".

Assim as borboletas procedentes da pequena proporção de insectos resistentes que sobrevivam no campo do milho Bt, tenderão a cruzar-se com as procedentes da zona de milho convencional, sendo que as suas descendentes continuarão a ser sensíveis, e portanto controladas com futuras sementeiras de milho Bt. Recomenda-se que campos com mais de 5 hectares de milho Bt sejam ladeados ou rodeados, a menos de 750 metros, de uns 20% da área daquele milho de campos de "refúgio" (Monsanto s/d).

Quanto às vantagens para a saúde humana, curiosamente, a Monsanto argumenta ainda com a diminuição de intoxicações graves causadas, indirectamente, pelas pragas, substancialmente reduzida

com a introdução de plantas transgénicas, em sentido contrário, pois, dos perigos anunciados por Paiva, acima referidos.

Em conformidade com o ponto de vista da Empresa, os danos causados pelos insectos abrem a porta à entrada de fungos que se introduzem na planta e produzem micotoxinas (fumonisina), que produzem cancro em animais de laboratório e podem provocar danos cerebrais em equídeos, provocar edemas pulmonares nos suínos e danos renais e hepáticos a outros animais.

Na África e na China, as toxinas fumonisina e outras micotoxinas podem contribuir para as altas taxas de cancro da garganta e do fígado registados em agricultores que consomem grandes quantidades de milho altamente contaminado por aquelas toxinas.

As culturas protegidas contra os insectos, como o milho "Bt" da Monsanto, podem minimizar o dano causado pelos insectos com a consequente diminuição do crescimento de fungos e dos níveis de fumonisina nos grãos de milho, ou seja, a melhoria da qualidade do grão e das possibilidades de comercialização e da segurança da alimentação dos animais.

Efectivamente, de acordo com Hammond *et al.* (2002), ensaios de campo independentes realizados entre 1997 e 1999 em Itália, França e em 2000 nos Estados Unidos, mostraram redução de níveis de fumonisina na colheita de milho Bt de 55% a 97%.

2.1.2 - Algodão Bt

Também variedades de algodão transgénico resistente a insectos foram produzidas por transferência do gene *cry1AC*, mediada por *Agrobacterium tumefaciens*, que codifica proteína com actividade contra lagartas de lepidópteros, como *Helicoverpa*

armigera, *Pectinophora gossypiella* e *Earias insulana* (Monsanto Agricultura España, 2002b).

Na República da África do Sul o algodão ocupa aproximadamente 100 000 hectares, cultivado em cerca de 1 500 explorações comerciais e 3 600 explorações familiares, particularmente importante na região de Makhathini, onde os agricultores foram os primeiros a utilizar o algodão transgénico "Bt".

De acordo com informação da Empresa Monsanto, as aplicações fitossanitárias reduziram-se uns 50% e as colheitas aumentaram de 27 a 48%; os agricultores obtiveram um aumento de rentabilidade de 25 a 50 \$ por hectare relativamente aos agricultores que usaram outro tipo de algodão. Naquela zona, na exploração de algodão média de 1,7 hectares, numa estação normal, um agricultor livra-se de 12 dias de duras aplicações fitossanitárias, poupa uns 1 000 litros de água, caminha menos 100 km, expõe-se menos aos insecticidas e aumenta os rendimentos em aproximadamente 85 \$, graças ao algodão Bt em substituição do algodão convencional.

Bt reduz de forma substancial o número de aplicações de insecticidas necessárias, o que reduz a importância salvaguarda do meio ambiente.

2.2 - Plantas transgénicas resistentes a agentes patogénicos

De acordo com Puigdomenech (2003) as culturas com modificações genéticas que se comercializaram e em que se introduziu protecção a vírus, foram a batata, tabaco e tomate.

Nas regiões tropicais, toma importante expressão o esforço, desenvolvido pela Universidade de Cornell, para produzir plantas transgénicas de papaia resistentes ao temível vírus PRSV ("papaia ringspot virus"), que causa severos problemas no Hawaii e também em países asiáticos, como na Tailândia.

Nota-se, contudo, que actualmente, como se indicou acima, a área cultivada com transgénicos resistentes a agentes patogénicos é relativamente diminuta comparativamente à dos resistentes a herbicidas e a insectos. No já referido centro de investigação africano KARI procuram-se variedades geneticamente melhoradas de mandioca resistentes a viroses (Pomar-Sasot, 2003).

Outro exemplo importante é o do Centro Internacional de Investigação para a Agricultura de Zonas Tropicais Semáridas (ICRISAT) que obteve uma variedade de amendoim resistente ao vírus do mosaico que afecta gravemente o rendimento desta cultura, básica para a alimentação, em países asiáticos e noutros países, como da África Ocidental (Pomar-Sasot, 2003).

Uma vez mais, também se apresentam alguns receios das plantas transgénicas resistentes aos vírus, como a eventual recombinação entre os vírus invasores e o transgene conduzindo à emergência de novos vírus com hospedeiros alargados e maior virulência. Está bem documentado que a transferência de genes e recombinação de vírus pode ocorrer na Natureza e que não são restritas às plantas transgénicas. A questão é se a transferência de genes e a recombinação de vírus terão um impacto negativo no ambiente ou na produção agrícola, pelo que é necessário monitorar o uso da engenharia genética, aplicada para este efeitos, na agricultura.

2.3 - Introdução da resistência aos herbicidas em culturas

Uma outra linha de orientação seguida pelas Empresas de Biotecnologia, consiste em introduzir a resistência a herbicidas pouco selectivos, considerados pouco agressivos para o ambiente e com grande eficácia para o combate a infestantes, em variedades cultivadas para a qual esse herbicida não seja selectivo.

Assim a utilização desse determinado herbicida, que não seria normalmente possível em certa cultura não ser para ela selectivo, pode tornar-se viável em variedades transgénicas em que se introduza a resistência ao herbicida.

Mais uma vez, algumas entidades contra os transgénicos clamam que não passa de um bom negócio, pois as Empresas, além das sementes vendem o referido herbicida.

Ripostam as empresas que contribuem para a utilização de herbicidas mais inócuos para o ambiente e que podem resolver difíceis problemas.

Assim, estas culturas transgénicas facilitam a prática dos sistemas de não mobilização do solo ou de mobilização mínima, pela facilidade de combate às infestantes, com evidentes vantagens económicas e da diminuição da energia dispendida e até possivelmente da erosão com melhoria da conservação do solo; com estas práticas, relativamente à mobilização tradicional do solo podem-se respeitar mais a biodiversidade dentro do campo de cultura (Carbonero-Zalduegui & García-Olmedo, 2003).

Como relata Feijó (2001), segundo as estimativas do "National Center for Food and Agricultural Policy" dos EUA, a introdução de plantas transgénicas traduziu-se neste país na eliminação de cerca de 40 milhões de aplicações de herbicidas e insecticidas por época, resultando numa redução de cerca de 20 milhões de toneladas/época de pesticidas e melhorias de eficiência produtiva de 10 a 50%.

Um exemplo que poderá interessar em regiões tropicais é a criação do arroz CLEARFIELD™ (linhas CL121, CL141 e CFX51), pela BASF, tolerante a herbicida imidazolinona por mutagénesse da semente quimicamente induzida. Estas linhas de arroz foram desenvolvidas através duma combinação de mutagénesse acelerada e "cross-breeding" para exibir tolerância aos herbicidas.

No caso do arroz, para além do combate a numerosas infestantes de folha larga (dicotiledóneas) e estreita (gramíneas e ciperáceas) interessa controlar o arroz bravo ("red rice") que constitui um factor limitante chave na gestão da flora espontânea da cultura orizícola, o que é facilitado com as linhas transgénicas resistentes aos herbicidas de largo espectro de acção. Por outro lado, no caso da imidazolinona, esta é activa contra o enzima das plantas acetolactato sintetase, conhecido por ALS, que cataliza a primeira reacção na biossíntese de aminoácidos de cadeia ramificada, inibindo a produção de três aminoácidos essenciais (valina, leucina e isoleucina), resultando uma diminuição da síntese de proteínas e eventual morte da planta daninha. Ou seja, o herbicida actua num processo bioquímico de aminoácidos não sintetizáveis pelo organismo humano, pelo que se considera não ter efeitos maléficos para a vida animal.

Outros herbicidas em que se tem feito mais largamente trabalho de introdução da resistência aos herbicidas nas plantas cultivadas, também considerados pouco ou não tóxicos para a vida animal, são o glifosato e o glufosinato.

As culturas, com grande expressão da sua área semeada, em que foi introduzida a resistência ao glifosato e glufosinato são, respectivamente, a soja e a colza.

O glifosato inibe a enzima enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintetase (ESPS) impossibilitando a síntese de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina e fenilalanina), a partir do fosfoenolpiruvato, processo bioquímico inexistente nos animais, pelo que o glifosato lhes é muito pouco tóxico. A introdução da resistência ao glifosato, na soja e no milho, foi alcançada com a inserção de um gene que codifica uma variante do ESPS que não é inibida pelo herbicida; este gene foi obtido duma bactéria do género *Agrobacterium*, que se modificou para a sua expressão eficaz em plantas e se inseriu em cultivares com boas propriedades

agronómicas. Como salienta Oliveira (2001), para este caso do glifosato, um gene mutado de origem vegetal (aro A), apresentando insensibilidade ao herbicida, tem sido utilizado na obtenção das plantas transgénicas, com a criação de apenas uma via alternativa que permite restabelecer a síntese dos referidos aminoácidos, não havendo contudo a degradação do herbicida.

No caso do glufosinato, ou L-fosfinotricina, usou-se uma bactéria *Streptomyces hygroscopicus* que codifica a enzima fosfinotricina-N-acetil transferase que converte o herbicida num composto inactivo (Carbonero-Zalduegui & Garcia-Olmedo, 2003). O glufosinato, também pouco tóxico para os animais, é um análogo do glutamato que inibe a glutamina sintetase conduzindo, nas plantas sensíveis, à acumulação de amónia e morte da planta; o gene da fosfinotricina acetiltransferase, isolado das bactérias, é capaz de inactivar a fosfinotricina, conferindo assim tolerância ao herbicida nas plantas geneticamente modificadas (Oliveira, 2001).

Todavia, convém alertar para um potencial risco destas variedades transgénicas resistentes aos herbicidas, que pode consistir no seu cruzamento espontâneo com outras espécies afins. Claro que este risco é real no caso das espécies cultivadas serem "botanicamente" próximas de espécies da flora espontânea, como ocorre, por exemplo na região mediterrânica, com a beterraba cultivada (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) havendo espécies espontâneas muito próximas (*Beta vulgaris* subsp. *maritima* e *Beta macrocarpa*). Ao produto destes eventuais cruzamentos tem-se dominado as potenciais "superweeds", ou seja as super-infestantes ou super-daninhas.

Noutras culturas e regiões, em que na flora espontânea não existam espécies afins das das culturas, este risco será bem mais diminuto. Todavia a questão do risco de "escape" de genes de plantas transgénicas para plantas da flora espontânea, produzindo as "super-infestantes" não estará totalmente respondida.

As estratégias que vêm sendo formuladas para minimizar a possibilidade de escape de genes e recombinação incluem o uso de genes curtos não funcionais.

3 - Considerações finais

Se for verdade que *no meio é que está a virtude*, entre a posição "ecofundamentalista" de proibição total dos organismos transgénicos e a excessivamente optimista de que a "Revolução Biotecnológica" vem resolver o problema da fome, haverá que explorar as possibilidades dos organismos geneticamente modificados mas impondo todas as cautelas possíveis para a sua introdução.

São salutaros programas de estudo para a avaliação dos riscos dos OGM, de que é exemplo a avaliação que se efectuou para o milho Bt, relatado por Carbonero-Zalduegui & Garcia-Olmedo (2003):

- Análise molecular e genética do milho transgénico, com descrição detalhada das construções génicas introduzidas e determinação do lugar de inserção do novo gene e genoma e comprovação da estrutura molecular da proteína bacteriana como se expressa na planta;
- Estudo qualitativo e quantitativo da distribuição da proteína nas distintas partes do milho transgénico;
- Comprovação de que os produtos dos genes usados com carácter auxiliar na obtenção da planta transgénica não se encontram em quantidades detectáveis;
- Determinação de que os produtos dos genes introduzidos, independentemente de que se expressem ou não, não são

tóxicos para o homem e são degradáveis de forma rápida no seu aparelho digestivo;

- Demonstração de que a composição de nutrientes do milho transgénico não difere da do híbrido não transgénico de que se partiu;
- Comprovação de que o comportamento agronómico do milho transgénico não difere do não transgénico excepto na sua resistência aos insectos;
- Estudos de toxicologia ambiental, incluindo a determinação por via oral em aves da proteína bacteriana Bt, ensaio de toxicidade do pólen transgénico para as dáfrias, e de distintos tecidos do milho transgénico para invertebrados do solo como as lombrigas, e a comprovação de que a proteína Bt expressa é inócua para insectos que não sejam pragas do milho;
- Uma justificação especial de que a planta transgénica de milho é inócua para espécies de insectos ameaçados de extinção;
- Comprovação de que não há riscos da sobrevivência do milho transgénico por si mesmo ou por transferência dos seus genes para espécies selvagens próximas ou distantes.

A “biossegurança” dos milhos transgénicos é também largamente documentada no cuidadoso trabalho de Alcade (2001).

Para o algodão procedimentos análogos foram tidos em conta, detalhadamente descritos, por exemplo, em publicação de Monsanto Agricultura España (2002b), que aqui não se reportam para não alongar demasiado este texto.

Uma posição equilibrada, entre rejeitar ou enaltecer os OGM, parece ser a mais sábia como transparece nas palavras de Mota (2003):

“O clamor que se levantou em tempos recentes contra os transgénicos, como se de produtos terrivelmente venenosos se tratasse, é defendido por alguns com argumentos de potenciais e não conhecidos perigos. Mas, ao introduzir numa planta cultivada, pelo processo de cruzamento com outras plantas da mesma espécie – que pode, até, não ser comestível – alguns genes favoráveis, seja de produção, de qualidade ou de resistência, não sabemos se não pode ter vindo, do segundo progenitor, alguma característica má. E ao induzir mutações, seja por radiações ionizantes, seja por compostos químicos, também não sabemos se não induzimos simultaneamente, uma mutação indesejada. Em qualquer caso, no entanto, nenhuma variedade é lançada na lavoura sem testes que nos mostrem, não o processo por que foram obtidas, mas se contém algo inconveniente.”

E nunca é demais lembrar a vantagem, senão obrigação moral, de preservarmos a biodiversidade, eventualmente ameaçada com a introdução de variedades melhoradas, transgénicas ou não, como lembrou Oliveira (2003):

“A diversidade não é garantida se nem sequer for reconhecida. Na gestão dos recursos genéticos um dos aspectos críticos é a preservação de germoplasma caracterizado. Existem actualmente diversas formas de garantir essa preservação, seja mantendo colecções *in situ*, ou estabelecendo colecções *ex situ*, em bancos de sementes ou em criopreservação.”

Acrescenta-se ainda que, relativamente à crítica da perda da biodiversidade, o sector empresarial produtor de OGMs, propagandeia a disposição de firmar com as instituições nacionais programas de produção de variedades transgénicas com base nas variedades de interesse local.

Finalmente, referem-se as propostas para resolver a polémica sobre os benefícios e riscos do uso de plantas transgénicas de González-Candelas (2003) por se julgarem equilibradas:

- Nem os riscos nem os benefícios das plantas modificadas geneticamente (PMG) são seguros ou universais. Ambos podem variar espacial e temporalmente em cada caso. ***Impõe-se a avaliação caso a caso.***
- A nossa capacidade para prever o impacto ecológico da introdução de novas espécies, incluindo PMG, é todavia pouco precisa, e os dados empregues para avaliar os possíveis impactos ecológicos têm sérias limitações. ***Necessidade de actuar por etapas avaliadas.***
- É possível que existam benefícios e riscos adicionais ou não identificados que são contemplados nos resultados publicados. ***Análise crítica continuada.***
- A avaliação dos possíveis benefícios ambientais permitirá aos gestores e responsáveis da tomada de decisões ponderá-los em face da amplitude e irreversibilidade de qualquer modificação ecológica. ***Extensão destas análises a outros âmbitos.***
- As medidas que impedem a transferência de genes que possam ter um impacto negativo nas populações selvagens e que retardem a evolução de resistências aos transgénicos podem minimizar alguns dos possíveis riscos ecológicos e podem prolongar os benefícios associados com as PMG. ***Fomento da investigação, tanto básica como aplicada.***

Lembram-se finalmente as palavras prudentes de Chaveiro-Soares (2001) relativas à Europa, mas que se julgam pertinentes para Angola:

“Considerando que a moderna biotecnologia representa um domínio decisivo para o progresso europeu, importa responder claramente, sem ambiguidades, à questão seguinte: o enquadramento legal da actividade em apreço deve-se fundamentar na avaliação científica dos riscos para a saúde humana e para o ambiente, ou em considerações de índole ideológica ou de qualquer outra natureza não científica?” –

Não é demais insistir também, como escreveu Oliveira (2001), em que:

“A engenharia genética de plantas não é, de forma nenhuma, a solução única, sendo antes uma peça chave num programa mais vasto de melhoramento da alimentação, exploração agrícola sustentável e qualidade de vida”.

Ou ainda, com Quedas (2001), que:

“Ainda que as técnicas de criação da variabilidade disponíveis sejam, todas elas, importantes instrumentos para o melhorador, jamais se poderão substituir à variabilidade genética das próprias espécies vegetais, nomeadamente aquela que aguarda nos bancos de germoplasma por uma caracterização e avaliação condignas”.

Agradecimentos

Aos Prof. Neves Martins, do ISA, e Eng.^a Amélia Frazão, da Direcção-Geral da Protecção das Culturas, agradece-se a leitura crítica do texto original e esclarecimentos prestados.

Ao Eng. J. Costa, da Monsanto Agricultura España, agradece-se a cedência de vasta informação e bibliografia.

Referências bibliográficas

- Alcade, E. (2001) Biosegurança dos milhos Bt. Acompanhamento da variedade Compa 'CB. El maíz Compa Cb modificado genéticamente para resistencia a insectos de Syngenta. *Plantas Transgénicas na Agricultura. Que Futuro ?*, Oeiras: 126-144. Associação Portuguesa de Horticultura, Estação Agronómica Nacional.
- Akobundu, I.O. 1991. Weeds in human affairs in Sub-Saharan Africa: implication for sustainable food production. *Weed Technology*, 5: 680-690.
- Carbonero-Zalduegui, P. & García-Olmedo, F. (2003) *Las plantas en su entorno*. Instituto de España. Madrid. 66 pp.
- Cammona, M.M. (1967) Contribuição para o estudo de alguns ácaros fitófagos e de predadores, de Angola. *Agonomia Lusitana*, 29 (4): 267-288.
- Chaveiro-Soares, M. (2001) A indústria agro-alimentar e a percepção social dos riscos. *Plantas Transgénicas na Agricultura. Que Futuro ?*, Oeiras: 145-155. Associação Portuguesa de Horticultura, Estação Agronómica Nacional.
- Cubero-Salmerón, J.I. (2003) La biotecnología en la producción agraria. La *biotecnología vegetal en el futuro de la Agricultura y la Alimentación*: 47-62. Ediciones Mundi-Prensa.
- Doutel-Serafim, F.J. & Serafim, M.C. (1969) Lista das doenças de culturas de Angola. *Ser. Técnica*, 2. Instituto de Investigação Agronómica de Angola. 13 pp.
- Doutel-Serafim, F.J. & Serafim, M.C. (1982) Annotated list of plant diseases in Angola. *Garcia de Ota, Sér. Est. Agron.*, Lisboa, 9 (1-2): 321-332.
- Feijó, J.A (2001) Plantas transgénicas, saúde, ambiente e opinião pública. *Plantas Transgénicas na Agricultura. Que Futuro ?*, Oeiras: 49-68. Associação Portuguesa de Horticultura, Estação Agronómica Nacional.
- Fonseca-Ferrão, A.P., Passos-de-Carvalho, J. & Rodrigues, A.H. (1971) Manual das pragas do cafeeiro. *Publicação ocasional* n.º 2. Instituto de Investigação Agronómica de Angola. 11 pp. 246 pp.

- Frazão-Caetano, M. (1964) *Problema fitopatológico de alguns cereais em Angola*. Escola de Regentes Agrícolas de Tshivingiro. 171 pp.
- González-Candelas (2003) Incidencia medioambiental. *La biotecnología vegetal en el futuro de la Agricultura y la Alimentación*: 181-191. Ediciones Mundi-Prensa.
- Hammond et al. (2002) Reduction of fungal and fumonisins levels in Bt corn. *Mycopathologia*, 155 (1-2): 22.
- van Harten, A. (1971) Lista preliminar de hospedeiros de áfidos (*Homoptera-Aphidoidea*) em Angola. *Ser. Técnica*, 26. Instituto de Investigação Agronómica de Angola. 11 pp.
- Lains-e-Silva, H. (1993) Contribuição para uma bibliografia sobre Agricultura, Silvicultura, Pecuária e Pescas de Angola. *Comunicações. Sér. Ciências Agrárias*, 12, 217 pp.
- Monsanto (2001-2002) *Compromissos com la Comunidad. Informe sobre el Compromiso de MONSANTO*. Monsanto Imagine.
- Monsanto (s/d) *Guia Técnica para el cultivo de variedades de maíz YieldGaard, protegidas contra taladros*. Monsanto Imagine.
- Monsanto Agricultura España (2002a) Evaluación de la seguridad del maíz Roundup Ready, Evento NK603. *Cuademo Técnico* n.º 5, 50 pp.
- Monsanto Agricultura España (2002b) Seguridad del algodón Bollgard Evento 531, genéticamente protegido contra las orugas de las cápsulas. *Cuademo Técnico* n.º 4, 44 pp.
- Mota, M. (2003) OGM, Clonagem e Transgénicos. *Simpósio OGM, Clonagem e Transgénicos. Programa e Resumos*, Oeiras: 8-10. Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal.
- Moreira, I., Pinto Basto M.F. & Duarte, M. (2004) Flora das culturas agrícolas em Angola. *Revista de Ciências Agrárias*. (em publicação)
- Oerke, E.-C. 1993. *Protecting the World's Harvest - food needs, crop losses and plant protection*. University of Hannover.
- Oliveira, M.M. (2001) Via para a Engenharia Genética de Plantas e aplicações na Agricultura moderna. *Plantas Transgénicas na Agricultura. Que Futuro ?*, Oeiras: 35-48. Associação Portuguesa de Horticultura, Estação Agronómica Nacional.
- Oliveira, M.M. (2003) Clonagem e Engenharia Genética no Melhoramento das plantas. *Simpósio OGM, Clonagem e Transgénicos*.

- Programa e Resumos*. Oeiras: 11-12. Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal.
- Paiva, J. (2004) A drástica perda da biodiversidade. *Agrius. Agricultura, Ambiente e Alimentação*. Caderno do *Expresso*, 31 de Janeiro de 2004.
- Passos-de-Carvalho, J. (1971) *Introdução à Entomologia Florestal de Angola*. Universidade de Luanda. Cursos de Agronomia e de Silvicultura. 314 pp.
- Passos-de-Carvalho, M.V. & Leite-Cardoso, H. (1972) *Pragas dos citrinos de Angola*. Instituto de Investigação de Angola. 55 pp.
- Pomar-Sasot, J.M. (2003) La biotecnología en el futuro de la agricultura. *La biotecnología vegetal en el futuro de la Agricultura y la Alimentación*: 77-89. Ediciones Mundi-Prensa.
- Pulgdomenech, P. (2003) Valoración científica de la biotecnología vegetal. *La biotecnología vegetal en el futuro de la Agricultura y la Alimentación*: 29-43. Ediciones Mundi-Prensa.
- Queda, M.F.B. (2001) Enquadramento dos OGM's no melhoramento das plantas. *Plantas Transgénicas na Agricultura. Que Futuro ?, Oeiras*: 69-73. Associação Portuguesa de Horticultura, Estação Agronómica Nacional.
- Rodrigues, ⁹¹H. (1969) Recomendações para a utilização de pesticidas no combate a proeagas de algumas culturas de Angola. *Publicação Ocasional*, n.º 1. Instituto de Investigação Agronómica de Angola. 22 pp.
- Teixeira, J.B. 1964. *Lista das Plantas do Centro de Estudos da Chianga (Espontâneas, Introduzidas e/ou Cultivadas)*. Divisão de Botânica e Ecologia, Instituto de Investigação Agronómica de Angola. 6 pp.
- Teixeira, J.B. 1965a. *Flora Infestante das Culturas de Angola I – Do milho (Planalto Central)*. *VI Jornadas Silvo-Agronómicas*. Nova Lisboa. 15 pp.
- Teixeira, J.B. 1965b. *Flora Infestante das Culturas de Angola II – Do trigo (Planalto Central)*. *VI Jornadas Silvo-Agronómicas*. Nova Lisboa. 18 pp.
- Teixeira, J.B. 1965c. *Flora Infestante das Culturas de Angola III – Do café (região do Amboim)*. *IV – Do sisal (região da Ganda)* *V – Da cana*

- sacarina (regiões de Benguela e Dande) (Listas preliminares). *VI Jornadas Silvo-Agronómicas*. Nova Lisboa. 3 pp.
- Teixeira, J.B. 1966. *Lista das Plantas da Área do Colono da Ceta. Espontâneas, Introduzidas e/ou Cultivadas (Lista n.º 1)*. Instituto de Investigação Agronómica de Angola. Nova Lisboa. 4 pp.
- Teixeira, J.B. 1969. *Lista das plantas do Centro de Estudos de Salazar (Espontâneas, Introduzidas e/ou Cultivadas)*. Divisão de Botânica Agrícola e Fitogeografia. Instituto de Investigação Agronómica de Angola. Nova Lisboa. 17 pp.
- Vizeu-Fernandes (1965) *Aspectos culturais e fitopatológicos da cultura da batateira em Angola*. Escola de Regentes Agrícolas de Tchivinguuro. 77 pp.