

1. PREFÁCIO

Durante o século 21 a humanidade será confrontada com uma série extraordinária de desafios. Até 2030 estima-se que 8 bilhões de pessoas estarão povoando o mundo - um aumento de 2 bilhões se comparado à população atual. A fome e a pobreza no mundo devem ser enfrentadas, enquanto os sistemas que dão apoio à vida devem ser preservados. Para superar esses desafios serão necessários novos conhecimentos gerados por avanços científicos, o desenvolvimento de novas tecnologias apropriadas e a ampla disseminação desses conhecimentos e tecnologias, juntamente com a capacidade de utilizá-los em todo o mundo. Também será necessário que políticas sábias sejam implementadas através de tomadas de decisão pelos governos nacionais, estaduais e regionais de cada nação.

Os avanços científicos requerem um sistema aberto de troca de informações, onde os argumentos estão baseados em evidências verificáveis. Apesar do fato de que o primeiro objetivo da ciência é aumentar nossos conhecimentos sobre o mundo, o conhecimento criado através da ciência tem imensos benefícios práticos. Por exemplo, através da ciência nós conseguimos desenvolver um conhecimento mais completo de nosso ambiente natural, melhoramos a saúde dos homens com novos medicamentos, e descobrimos genes específicos de plantas que controlam a resistência das mesmas a doenças ou a períodos prolongados de seca.

A biotecnologia pode ser definida como a aplicação de nossos conhecimentos à biologia para alcançar necessidades práticas. Através dessa definição, a biotecnologia é tão antiga quanto plantar e fabricar queijos e vinhos. A biotecnologia de nossos dias é amplamente identificada com aplicações em medicina e agricultura com base em nossos conhecimentos dos códigos genéticos da vida. Vários termos têm sido utilizados para descrever esta forma de biotecnologia, incluindo-se nesses termos engenharia genética, transformação genética, tecnologia utilizando-se DNA (*recombinant DNA technology*), e tecnologia de modificação genética. Neste relatório, que está focalizado em plantas e produtos das plantas, o termo tecnologia de modificação genética, ou tecnologia GM será o utilizado.

A tecnologia GM começou a ser desenvolvida na década de 1970. Um dos progressos mais notáveis, além das aplicações médicas, tem sido o desenvolvimento de novas variedades de plantas transgênicas. Milhões de hectares de plantações comerciais, tais como: soja, algodão, tabaco, batatas e milho têm sido plantadas e colhidas anualmente em muitos países, inclusive nos Estados Unidos (28,7 milhões de hectares em 1999), Canada (4 m), China (0.3 m) e Argentina (6.7 m) (James 1999). Entretanto, há um debate acirrado sobre potenciais benefícios e riscos, que possam resultar do uso de tais plantações.

Muitas das decisões cruciais, que devem ser feitas na área da biotecnologia no próximo século pelas empresas privadas, governos e indivíduos afetarão o futuro da humanidade e os recursos naturais do planeta. Estas decisões devem ser baseadas na melhor informação científica para permitir a escolha de opções políticas adequadas. É

por essa razão que representantes de sete das academias de ciências do mundo têm se reunido para dar recomendações aos que desenvolvem e supervisionam a tecnologia GM e oferecer perspectivas científicas para o debate público, que acontece sobre o potencial da tecnologia GM na agricultura mundial.

É essencial melhorar a produção e a distribuição de gêneros alimentícios para alimentar e livrar da fome uma população mundial crescente, enquanto reduzimos os impactos ambientais e providenciamos empregos produtivos em áreas de baixa renda. Isso requer uma utilização responsável e adequada das descobertas científicas e novas tecnologias. Os que desenvolvem e supervisionam a tecnologia GM aplicada às plantas e microorganismos devem estar seguros que seus esforços convergem para estas necessidades.

Alimentos produzidos através da tecnologia GM podem ser mais nutritivos, estáveis quando armazenados e, em princípio, podem promover a saúde - trazendo benefícios para consumidores, seja em nações industrializadas como em nações em desenvolvimento.

Novos esforços do setor público são necessários para criar plantações de transgênicos que beneficiem agricultores pobres em nações em desenvolvimento, e que melhorem seu acesso aos alimentos através da produção de alimentos, tais como: milho, arroz, trigo, mandioca, inhame, sorgo, tanchagem e batata doce, com o emprego intensivo de mão de obra. Esforços de cooperação entre os setores privados e público são necessários para desenvolver novas sementes transgênicas, que beneficiem consumidores, especialmente nos países em desenvolvimento.

Esforços em conjunto, organizados, devem ser feitos para investigar os efeitos potenciais no meio ambiente - sejam estes positivos ou negativos - de tecnologias GM em suas aplicações específicas. Esses esforços devem ser avaliados tomando-se como referência os efeitos de tecnologias convencionais da agricultura, que estão atualmente em uso.

Sistemas reguladores de saúde pública devem ser implantados em todos os países para identificar e monitorar quaisquer efeitos potencialmente adversos, que podem surgir de plantas transgênicas, assim como para quaisquer outras novas variedades.

Empresas privadas e instituições de pesquisa devem tomar medidas para compartilhar a tecnologia GM, que atualmente se encontra sob acordos de licenças e patentes muito restritivos, com cientistas responsáveis, para aliviar a fome e melhorar a segurança alimentar em países em desenvolvimento. Adicionalmente isenções especiais deverão ser dadas aos agricultores/lavradores pobres de todo mundo para protegê-los de restrições inapropriadas na propagação das suas plantações .

3. A TECNOLOGIA GM NA AGRICULTURA

Hoje em dia existem cerca de 800 milhões de pessoas (18% da população do mundo em desenvolvimento) que não têm acesso a comida suficiente para suas necessidades (Pinstrup-Anderson e Pandya-Lorch, 2000, Pinstrup-Anderson *et al* 1999), principalmente por causa da pobreza e do desemprego. A falta de alimentos tem um papel significativo em cerca de metade das 12 milhões de mortes anuais, de crianças com menos de cinco anos em países em desenvolvimento (UNICEF, 1998). Além da falta de alimentos, as deficiências em micro nutrientes (especialmente vitamina A, iodo e ferro) é generalizada. Além do mais, mudanças nos padrões do clima global e alterações no uso da terra exacerbarão os problemas regionais de produção e a demanda por alimentos. Avanços significativos são necessários na produção de alimentos, distribuição e acesso para enfrentar essas necessidades. Alguns desses avanços virão de tecnologias não GM, porém outras virão das vantagens oferecidas pelas tecnologias GM.

Para conseguir-se o mínimo de aumento necessário na produção total dos produtos estáveis globais, isto é: milho, arroz, trigo, mandioca, inhame, sorgo, batatas e batatas doces, sem aumentar a área ora cultivada, será necessário um aumento substancial da produtividade. Aumentos em produção serão também necessários para outras plantações, tais como legumes, painço, algodão, colza, bananas e tanchagem.

É importante aumentar as colheitas nas terras que já estão sendo intensivamente cultivadas. Entretanto, aumentar a produção é somente uma parte da equação. O aumento da renda, especialmente em áreas de baixa renda, juntamente com a mais efetiva distribuição dos estoques de alimentos, são igualmente, se não mais importantes. As tecnologias GM são relevantes para ambos esses elementos na segurança alimentar .

Em países em desenvolvimento estima-se que cerca de 650 milhões de pobres vivem nas áreas rurais onde a produção local de alimentos é a mais significativa atividade econômica. Sem uma agricultura de sucesso, estas pessoas não terão nem emprego nem os recursos que necessitam para levar uma vida melhor. Lavrar a terra, e isto é particularmente verdadeiro em pequenas propriedades, é a fonte de progresso em comunidades rurais, especialmente em países menos desenvolvidos.

A domesticação das plantas para uso na agricultura foi um processo longo com profundas conseqüências na evolução de muitas espécies. Um dos resultados mais valiosos foi a criação de uma diversidade de plantas que servem aos seres humanos. Utilizando-se este estoque de variabilidade genética através da seleção e cruzamentos, a "Revolução Verde" produziu muitas das variedades que são utilizadas em todo o mundo. Este trabalho, feito em grande parte por instituições apoiadas pelo setor público, resultou nas atuais safras de alto rendimento Um bom exemplo dessa reprodução seletiva foi a introdução de genes "anão" no arroz e no trigo que junto com a aplicação de fertilizantes aumentaram de forma dramática o rendimento de safras de alimentos tradicionais no subcontinente Indiano, na China e em outras partes. Apesar dos sucessos do passado, a taxa do aumento das colheitas tem decrescido recentemente. O aumento da colheita, que na década de 70 era de aproximadamente 3%, declinou na

década de 90 para aproximadamente 1% por ano (Conway et al. 1999). Ainda persistem fortes perdas de colheitas devido a influências bióticas (e.g., pragas e doenças) e abióticas (e.g. salinidade e secas). A diversidade genética de algumas plantas também decresceu e existem espécies sem contrapartida silvestre com as quais se poderiam cruzar. Existem menos opções disponíveis do que previamente para enfrentar problemas atuais através das técnicas tradicionais de cruzamento de espécies, apesar de que reconhecidamente estas técnicas continuarão a ser importantes no futuro.

Aumentar a quantidade de terra disponível para cultivar plantações, sem ter um impacto sério no meio ambiente e nos recursos naturais é uma opção limitada. A agricultura moderna tem aumentado a produção de alimentos, mas também introduziu o uso em larga escala de pesticidas e fertilizantes, que são caros e podem afetar a saúde humana ou danificar o ecossistema. Um desafio importante enfrentado hoje em dia pela humanidade é como aumentar a produção de alimentos e o acesso a esses alimentos, o que requer o emprego intensivo da mão de obra local, sem exaurir recursos não renováveis e sem causar danos ao meio ambiente. Em outras palavras, como é que caminhamos para práticas de agricultura sustentáveis que não comprometam a saúde e o bem estar econômico das gerações atuais e futuras? Para podermos pensar em termos de agricultura sustentável, fatores responsáveis pela deterioração do solo, da água e do meio ambiente devem ser identificados e medidas corretivas/preventivas devem ser tomadas.

A pesquisa com plantas transgênicas, assim como o cruzamento convencional de plantas e a seleção feita pelos lavradores, procura seletivamente alterar, adicionar ou remover determinada característica numa planta, levando-se em consideração as oportunidades e as necessidades regionais. Ela oferece a possibilidade não somente de trazer características desejáveis de outras variedades da planta, mas também de adicionar características de outras espécies não relacionadas. Depois disso a planta transgênica torna-se uma progenitora para uso em cruzamentos tradicionais. A modificação de características qualitativas e quantitativas, tais como a composição protéica, amido, gorduras ou vitaminas, pela modificação dos caminhos metabólicos, já tem sido conseguida em algumas espécies. Estas modificações podem aumentar a qualidade nutricional dos alimentos e poderá, com algumas características, ajudar a melhorar a saúde humana enfrentando a má nutrição e a subnutrição. A tecnologia GM já demonstrou seu potencial quanto a reduzir as deficiências nutricionais e desta forma reduzir as despesas nacionais e os recursos necessários para implementar os atuais programas de suplementação protéica ou vitamínica. Estas melhorias nutricionais raramente foram conseguidas anteriormente pelos métodos tradicionais de cruzamento entre plantas.

As plantas transgênicas com características importantes, tais como a resistência contra pragas e herbicidas, são muito necessárias onde não existe resistência inerente em espécies locais. Há pesquisa avançada no desenvolvimento de resistência contra doenças causadas por vírus, bactérias e fungos; modificações na arquitetura da planta (e.g., altura) e desenvolvimento (e.g., florescimento rápido ou tardio, ou produção das

sementes); tolerância a pressões abióticas (e.g., salinidade e seca); produção de produtos químicos industriais (recursos renováveis baseados em plantas); e o uso de biomassa de plantas transgênicas para combustível.

Outros benefícios advindos das plantas transgênicas, que estão sendo estudados, incluem o aumento de flexibilidade no manejo das plantações, dependência decrescente em inseticidas químicos, correção de deficiências do solo, colheitas mais abundantes, facilidades maiores nos processos de colheita e proporções mais altas de safras disponíveis para comércio. Para o consumidor este fato deveria levar a custos decrescentes dos alimentos e maiores valores nutritivos. Uma grande proporção da agricultura do mundo em desenvolvimento está nas mãos de pequenos agricultores, cujos interesses devem ser levados em conta. As preocupações quanto à tecnologia GM vão de seu impacto potencial na saúde humana, no meio ambiente e nas inquietações provenientes da monopolização da tecnologia pelo setor privado. É essencial que essas preocupações sejam enfrentadas se quisermos colher os benefícios potenciais dessa nova tecnologia.

Concluimos que alguns passos devem ser tomados para enfrentar a necessidade urgente de encontrar práticas sustentáveis na agricultura, se as demandas da população mundial em expansão devem ser satisfeitas sem destruição do meio ambiente, nem das bases naturais de recursos. A tecnologia GM, juntamente com desenvolvimentos importantes em outras áreas, deveria ser utilizada para aumentar a produção de alimentos de primeira necessidade, para melhorar a eficácia da produção, reduzir o impacto da agricultura no meio ambiente e providenciar acesso a alimentos para agricultores de pequena escala.

4. EXEMPLOS DE TECNOLOGIA GM QUE PODERIAM BENEFICIAR A AGRICULTURA

A tecnologia GM tem sido utilizada para produzir uma variedade de plantas para alimentação, principalmente com características preferidas pelo mercado, algumas das quais têm se tornado sucessos comerciais. Os desenvolvimentos resultantes em variedades comercialmente produzidas em países como os Estados Unidos e Canadá têm se centralizado no aumento de vida em prateleira de frutas e vegetais, dando resistência contra pragas de insetos ou viroses, e produzindo tolerância a determinados herbicidas. Enquanto essas características têm trazido benefícios aos agricultores, os consumidores dificilmente notaram qualquer benefício além de, em casos limitados, um decréscimo nos preços devido a custos reduzidos e aumento da facilidade de produção (University of Illinois, 1999; Falck-Zepeda et al 1999).

Uma possível exceção é o desenvolvimento da tecnologia GM que retarda a maturação da fruta e dos vegetais, desta forma permitindo um aumento do tempo de armazenamento. Os agricultores seriam os beneficiados com esse desenvolvimento pela flexibilidade aumentada na produção e colheita. Os consumidores se beneficiariam pela disponibilidade de frutas e vegetais, tais como tomates transgênicos modificados para amolecerem mais devagar do que as variedades tradicionais, resultando em maior

tempo de prateleira e custos decrescentes de produção, melhor qualidade e preço mais baixo. É possível que agricultores, em países em desenvolvimento, possam beneficiar-se consideravelmente de colheitas com tempos maiores de amadurecimento ou amaciamento, pois este fato lhes permitiria maior flexibilidade na distribuição do que no presente. Em muitos casos, pequenos agricultores sofrem perdas substanciais devido ao amadurecimento ou amolecimento excessivo de frutas ou vegetais.

O verdadeiro potencial da tecnologia GM para enfrentar algumas dessas mais sérias dificuldades da agricultura mundial apenas recentemente começaram a ser exploradas. Os seguintes exemplos mostram o uso da tecnologia GM aplicada a alguns dos problemas específicos da agricultura, indicando o potencial para obter benefícios:

Resistência a pragas

Há claramente um benefício para os agricultores se plantas transgênicas forem desenvolvidas para que sejam resistentes a uma praga específica. Por exemplo, a papaia que é resistente ao vírus Ringspot tem sido comercializada e plantada no Havaí desde 1996 (Gonsalves 1998). Poderá haver também um benefício para o meio ambiente se o uso dos pesticidas for reduzido. Plantações transgênicas, contendo genes resistentes aos insetos do *Bacillus thuringiensis*, permitiram reduzir significativamente a quantidade de inseticida aplicado no algodão nos Estados Unidos. Uma análise, por exemplo, mostrou uma redução de 5 milhões de acres tratados (2 milhões de hectares) ou cerca de 1 milhão de quilogramas de inseticidas químicos em 1999, quando comparados ao ano de 1998 (U.S. National Research Council, 2000). Entretanto, as populações de pragas ou de organismos causadores de doenças adaptam-se rapidamente e tornam-se resistentes aos inseticidas, e não temos razão para acreditar que isso não acontecerá igualmente rapidamente com as plantas transgênicas. Além do mais, os biotipos de pragas são diferentes em várias regiões. Por exemplo, plantas resistentes, desenvolvidas para serem utilizadas nos Estados Unidos e no Canadá, poderão ser resistentes a pragas que não preocupam nos países em desenvolvimento, e isto é verdadeiro seja para plantas transgênicas como para aquelas que são desenvolvidas através de técnicas convencionais de cruzamento. Mesmo quando os mesmos genes que conferem resistência para insetos ou herbicidas podem ser úteis em diferentes regiões, estes terão de ser introduzidos em cultivares adaptados localmente. Há necessidade, portanto, de mais pesquisa com plantas transgênicas, que tenham se mostrado resistentes a pragas regionais, para verificar sua sustentabilidade em face do aumento de pressões diante de pragas ainda mais virulentas.

Colheitas mais abundantes

. Uma das tecnologias mais importantes, que deram origem à “Revolução Verde” foi o desenvolvimento de variedades de trigo semi-anão de alto rendimento. Os genes responsáveis pela redução da altura foram genes NORIN 10 do Japão, introduzidos nos

trigais ocidentais na década de 1950 (Genes insensíveis a giberelina que induzem o caráter anão). Estes genes tinham dois benefícios: eles produziam uma planta mais baixa, mais forte, que respondia ao fertilizante sem cair, e aumentava o rendimento da safra diretamente reduzindo o alongamento das células nas partes vegetativas, desta forma permitindo que a planta desenvolvesse mais suas partes reprodutivas, que são comestíveis. Estes genes têm sido recentemente isolados e foi demonstrado que agem da mesma forma quando utilizados para transformar outras espécies de plantas importantes como alimento (Peng et al 1999). Esta técnica de produzir nanismo pode agora ser potencialmente utilizada para aumentar a produtividade em quaisquer plantas onde o rendimento comercial está em suas partes reprodutivas ao invés de suas partes vegetativas.

Tolerância a pressões bióticas o e abióticas

O desenvolvimento de plantações que têm uma resistência inata ao stress biótico ou abiótico ajudaria a estabilizar a produção anual. Por exemplo, o vírus Mottle Amarelo do arroz (RYMV) devasta os arrozais da África destruindo a maioria das plantações diretamente, com um efeito secundário em quaisquer plantas que sobrevivem e que as torna mais suscetíveis às infeções por fungos. Como resultado, este vírus tem ameaçado seriamente a produção de arroz na África. Tentativas convencionais para controlar o RYMV utilizando os métodos tradicionais de cruzamento foram insuficientes para introduzir resistência das espécies selvagens ao arroz cultivado. Os pesquisadores utilizaram uma nova técnica, que é similar à “imunização genética” através da criação de plantas de arroz transgênico resistentes ao RYMV (Pinto et al 1999). As variedades transgênicas resistentes estão atualmente quase prontas para entrarem em testes nos campos para testar a efetividade de sua resistência ao RYMV. Isto poderia trazer uma solução à ameaça do perigo de perda total das plantações de arroz na região do sub-Saara da África.

Numerosos outros exemplos poderiam ser dados para ilustrar a amplitude da atual pesquisa científica incluindo plantas transgênicas, inclusive plantas transgênicas modificadas para combater o vírus redondo da papaia (Souza et al 1999), e a bactéria que traz a ferrugem na folha (Zhai et al 2000); ou como exemplo de stressabiótico, produzir ácido cítrico nas raízes e proporcionar melhor tolerância ao alumínio em solos ácidos (de la Fuente et al 1997). Estes exemplos têm claro potencial comercial, porém será essencial manter pesquisa financiada por fundos públicos em tecnologia GM para que seus amplos benefícios sejam conseguidos. Por exemplo, enquanto a tecnologia GM dá acesso a novas fontes genéticas de resistência, tem que ser estabelecido que estas fontes de resistência serão mais estáveis do que as fontes tradicionais intra-espécies

Uso de terras marginalizada

Grandes áreas de terra em todo o mundo, seja nas costas como nas áreas internas, têm sido marginalizadas por causa de salinidade e alcalinidade excessivas. Um gene de tolerância à salinidade em manguezais, identificado em *Avicennia marina*, foi clonado e transferido para outras plantas. Verificou-se que as plantas transgênicas são tolerantes a

maiores concentrações de sal. O gene *gutD* de *E.coli* também tem sido utilizado para gerar milho transgênico tolerante ao sal (Liu et al 1999). Tais genes são uma fonte em potencial para desenvolver plantas que possam ser usadas em terras marginalizadas (M.S. Swaminathan, comunicação pessoal, 2000).

Benefícios nutricionais

A deficiência de vitamina A causa cegueira, parcial ou total, em meio milhão de crianças todos os anos (Conway e Toennissen, 1999). Métodos tradicionais de cruzamento não têm permitido obter plantas que produzam safras contendo altas concentrações de vitamina A e a maioria das autoridades nacionais tem se apoiado em programas de suplementação vitamínica caros e complicados para solucionar o problema. Os pesquisadores têm introduzido três novos genes no arroz – dois do narciso silvestre e um de um micro organismo. O arroz transgênico demonstra ter uma produção aumentada de beta caroteno, precursor da vitamina A, e a semente é amarela (Ye et al 2000). Este arroz amarelo, ou dourado, poderá ser uma ferramenta útil para ajudar a tratar do problema da deficiência da vitamina A de crianças vivendo nos trópicos.

A adição de ferro nos alimentos é necessária, porque os grãos de cereais são deficientes em micro nutrientes essenciais, tais como o ferro. A deficiência de ferro causa anemia em mulheres grávidas e crianças pequenas. Cerca de 400 milhões de mulheres na idade de poder gerar crianças sofrem por causa dessa deficiência e têm maiores possibilidades de ter crianças nati mortas ou com baixo peso e de morrerem ao dar a luz. A anemia tem sido identificada como fator que contribui com mais de 20% das mortes pós-parto na Ásia e África (Conway 1999). O arroz transgênico com elevados níveis de ferro foi produzido usando-se genes envolvidos na produção de proteínas que ligam ferro e na produção de uma enzima que facilita a disponibilidade de ferro na dieta humana (Goto et al, 1999). Estas plantas contem 2 a 4 vezes mais ferro do que normalmente encontrado em arroz não-transgênico, mas a biodisponibilidade de ferro terá que ser determinada após maiores estudos.

Impacto reduzido no meio ambiente

A disponibilidade de água e seu uso eficiente têm se tornado questões globais. Os solos sujeitos à lavoura intensiva (aração), para controlar as ervas daninhas e a preparação dos canteiros para as sementeiras, mostram-se propícios à erosão, e há séria perda do conteúdo de água. Sistemas que não utilizam muito a aração da terra têm sido utilizados durante muitos anos em comunidades tradicionais. É necessário desenvolver plantações que prosperem nessas condições, inclusive com a introdução de resistência a doenças das raízes, atualmente controladas pela aração do campo e herbicidas que podem ser utilizados como substitutos da aração (Cook 2000). Aplicações em países mais adiantados mostram que a tecnologia GM oferece uma ferramenta útil para a introdução de resistência a doenças das raízes em condições onde a redução da aração seria benéfica, porém seria necessária uma cuidadosa análise da relação custo-benefício para assegurar que a máxima vantagem seja conseguida. Diferenças regionais em sistemas de

agricultura e o impacto potencial de substituir uma plantação tradicional com uma nova transgênica também teriam que ser cuidadosamente avaliados.

Outros benefícios de plantas transgênicas

A primeira geração de variedades transgênicas beneficiaram muitos agricultores com custos de produção reduzidos e safras maiores, ou ambos. Em muitos casos, eles também beneficiaram o meio ambiente pelo uso reduzido de pesticidas ou proporcionando meios de fazer crescer plantações com menos aração. Os insetos são responsáveis por enormes perdas nas plantações, nos campos e também nos produtos armazenados, em trânsito ou nos silos, porém a preocupação com os consumidores e com o impacto ambiental tem limitado o registro de muitos pesticidas químicos. Os genes de resistência a pragas dão uma oportunidade alternativa para reduzir o uso de pesticidas químicos em muitas plantações importantes. Além do mais, podem diminuir a contaminação em nossos suprimentos de alimentos por patógenos que trazem problemas para a saúde (e.g. micotoxinas), o que seria um benefício para agricultores e consumidores.

Vacinas e produtos farmacêuticos derivados de plantas transgênicas

Vacinas são disponíveis em países em desenvolvimento para muitos tipos de doenças que causam a morte ou desconforto, porém muitas vezes elas são caras para produzir e utilizar. A maioria deve ser armazenada sob refrigeração e administradas por pessoal especializado, sendo que tudo isso envolve custos. Mesmo o custo das agulhas para aplicar as vacinas é proibitivo em alguns países. Como resultado, muitas vezes as vacinas não chegam até aquelas pessoas que mais necessitam delas. Os pesquisadores estão atualmente investigando o potencial da tecnologia GM para produzir vacinas e fármacos com plantas. Isso traria acesso mais fácil, produção mais barata e um modo alternativo para gerar renda. Vacinas contra doenças infecciosas do trato gastrointestinal têm sido produzidas em plantas tais como batatas e bananas (Mason H.S. Amtzen C.J. 1995). Outro alvo apropriado seriam os cereais. Um anticorpo contra o câncer, recentemente identificado em sementes de arroz e de trigo, reconhece células cancerosas de câncer do pulmão, de mama e do cólon e, portanto, poderia ser útil no futuro, seja no diagnóstico ou na terapia (Stoger et al 2000). Estas tecnologias estão no início do seu desenvolvimento e existem óbvias preocupações com a saúde dos seres humanos e a segurança do meio ambiente. As pesquisas devem ser feitas durante sua produção, antes que tais plantas possam ser aprovadas como plantações especiais. Contudo, o desenvolvimento de plantas transgênicas para produzir agentes terapêuticos tem enorme potencial para ajudar na solução de problemas com a saúde nos países em desenvolvimento.

Cerca de um terço dos medicamentos utilizados hoje em dia são derivados das plantas, sendo a aspirina (a forma acetilada de um produto natural das plantas, o ácido salicílico) um dos exemplos mais famosos. Acredita-se que menos de 10% das plantas medicinais tenham sido identificadas e caracterizadas, e existe o potencial de utilizar-se a tecnologia GM de forma a aumentar as safras dessas substâncias medicinais, uma vez

identificadas. Por exemplo, os valiosos agentes anti-carcinogênicos vinblastina e vincristina são os únicos fármacos aprovados para o linfoma de Hodgkins. Ambos são derivados da pervinca de Madagascar, que os produz em concentrações mínimas, juntamente com outros 80-100 produtos químicos muito semelhantes. Os compostos terapêuticos são, portanto, muito caros para serem produzidos. Atualmente há uma intensa pesquisa para investigar o uso potencial da tecnologia GM para aumentar o rendimento de componentes ativos, ou permitir sua produção em outras plantas que sejam mais fáceis de cultivar do que a pervinca.

Recomendamos que a pesquisa em plantas transgênicas e seu desenvolvimento deve ser focalizada em plantas que (i) melhorem a estabilidade da produção; (ii) assegurem benefícios nutricionais ao consumidor; (iii) reduzam impactos no meio ambiente da agricultura intensiva e extensiva; e (iv) aumentem a disponibilidade de produtos farmacêuticos e vacinas; enquanto (v) forem desenvolvidos protocolos e normas que assegurem que as plantações transgênicas propostas para produtos farmacêuticos, produtos químicos industriais, etc., isto é, para substâncias não alimentícias, não se misturem com plantações transgênicas ou não-transgênicas.

5. PLANTAS TRANSGÊNICAS E A SAÚDE HUMANA

Através de técnicas clássicas de cruzamento, as plantações de plantas cultivadas hoje em dia têm se tornado significativamente diferentes de suas congêneres silvestres. Muitas dessas plantações originalmente eram menos produtivas e às vezes não adaptadas para o consumo humano. Com o passar dos anos as formas tradicionais de cruzamento de plantas e de seleção resultaram em plantas que são mais produtivas e mais nutritivas. O advento da tecnologia GM permitiu maior desenvolvimento. Até esta data, mais de 30 milhões de hectares de plantações transgênicas têm sido semeadas e colhidas, e nenhum problema com a saúde das pessoas tem sido associado especificamente com a ingestão dessas plantas transgênicas ou de seus produtos. Entretanto, inúmeras preocupações têm sido levantadas desde que surgiu a tecnologia GM no início dos anos 1970. Estas preocupações têm se focalizado na possibilidade de reações alérgicas a esses produtos, na possível introdução ou aumento de produção de componentes tóxicos, e no uso do teste de resistência aos antibióticos como marcadores no processo de transformação.

Todos os esforços devem ser envidados para evitar a introdução de alergênicos conhecidos em plantações de produtos que sirvam para a alimentação. Informações sobre potenciais alergênicos e toxinas naturais das plantas devem ser fornecidas aos pesquisadores, às indústrias, aos legisladores e ao público em geral. Devem ser desenvolvidas bases de dados que facilitem o acesso de todos interessados a essas informações.

Métodos tradicionais de criação de plantas incluem amplos cruzamentos com espécies selvagens e podem envolver um longo processo de cruzamentos, até obter-se a

remoção de genes indesejáveis na variedade comercial. Um aspecto da tecnologia GM é que envolve a introdução de um ou poucos genes bem definidos, ao invés da introdução de genomas inteiros ou partes de cromossomos, como acontece na criação tradicional de cruzamento nas plantas. Isto torna o teste para verificação de toxinas nas plantas transgênicas mais fácil do que nas plantas produzidas convencionalmente com novas características, porque é mais evidente quais são as características novas que estão na planta modificada. Por outro lado, a tecnologia GM pode introduzir genes de diversos organismos, alguns dos quais têm pouca história na cadeia alimentícia.

As decisões referentes à segurança devem ser baseadas na natureza do produto, ao invés do método com que foi modificado. É importante lembrar que muitas plantas que utilizamos para alimentação contêm toxinas e alergênicos naturais. A toxicidade ou alergenicidade potenciais para humanos devem ser sempre levadas em conta para quaisquer novas proteínas produzidas em plantas com potencial para tornarem-se alimento ou ração. Os riscos para a saúde advindos dos alimentos, e como reduzi-los, são uma questão importante para todos os países, bem aparte das preocupações com a tecnologia GM. As informações referentes a alergênicos potenciais e outras toxinas naturais das plantas devem ser colocadas à disposição dos pesquisadores, da indústria, dos legisladores e do público em geral.

Desde que surgiu a tecnologia GM, os pesquisadores têm usado os genes de resistência a antibióticos como marcadores seletivos para o processo de modificação genética. A preocupação que foi levantada é que o grande uso de tais genes em plantas poderia aumentar a resistência a antibióticos nas doenças dos homens. Kanamicina, um dos mais utilizados marcadores de resistência para transformações em plantas ainda é utilizado para tratamento de infecções em pessoas, nos seguintes casos: infecções em ossos, trato respiratório, pele, tecidos moles e infecções abdominais, infecções complicadas do trato urinário, endocardites, septicemia, e infecções causadas por enterococcus.

Os cientistas hoje em dia têm meios para remover estes genes marcadores antes que uma planta que serve para alimentação seja desenvolvida para uso comercial (Zubko et al, 2000). As empresas que desenvolvem estes produtos devem continuar a agir rapidamente para remover todos esses marcadores de plantas transgênicas e utilizar marcadores alternativos para a seleção de novas variedades. Não há evidências definitivas que estes genes, que causam resistência a antibióticos, possam fazer mal aos seres humanos, porém, devido às preocupações do público, todos os pesquisadores envolvidos no desenvolvimento de plantas transgênicas devem se preocupar com a eliminação desses marcadores.

Por fim, nenhuma evidência para cientistas ou instituições reguladoras influenciará a opinião pública a não ser que haja confiança nas instituições e nos mecanismos que regulam tais produtos.

Recomendamos que: (i) os sistemas reguladores de saúde pública devem ser instituídos em todos os países para identificar e monitorar quaisquer efeitos potencialmente adversos na saúde humana decorrentes de plantas transgênicas, ou de

quaisquer novas variedades de plantas. É importante que tais sistemas permaneçam amplamente flexíveis para incorporar os rápidos avanços do conhecimento científico. A possibilidade de efeitos adversos de longo prazo deve ser lembrada quando tais sistemas são implementados. Isto requer esforços coordenados entre as nações no intercâmbio do conhecimento, e na padronização da determinação de alguns tipos de riscos, especificamente aos relacionados à saúde humana. (ii) A informação deve estar disponível ao público com referência aos seus suprimentos de alimentos, como eles são regulamentados e sua segurança garantida.

6. PLANTAS TRANSGÊNICAS E O MEIO AMBIENTE

A agricultura moderna é intrinsecamente destrutiva do meio ambiente. É particularmente destrutiva da diversidade biológica, especialmente quando praticada com recursos ineficientes, ou quando se aplicam tecnologias que não são adaptadas às características do meio ambiente (solos, inclinações, regiões climáticas) de uma área em particular. Isto é verdade seja para a agricultura em pequena ou larga escala. A ampla aplicação de tecnologias convencionais, tais como pesticidas, fertilizantes e aração, têm resultado em severos danos ao meio ambiente em muitas partes do mundo. Portanto, os riscos ao meio ambiente das novas tecnologias GM têm que ser considerados à luz dos riscos decorrentes do uso das tecnologias convencionais ou de outras práticas e tecnologias normalmente usadas na agricultura.

Algumas práticas utilizadas na agricultura em partes do mundo em desenvolvimento mantêm a diversidade biológica. Isto é conseguido cultivando-se simultaneamente diversas variedades de uma planta e misturando-as com outras plantações secundárias, mantendo desta forma uma comunidade altamente diversificada de plantas (Toledo et al 1995; Nations & Nigh 1980; Whitmore & Turner 1992).

A maioria das preocupações com o meio ambiente e a tecnologia GM nas plantas tem derivado da possibilidade de transferência de genes para parentes próximos da planta transgênica, de possíveis efeitos indesejáveis de genes exóticos (i.e. os que visam resistência aos insetos ou tolerância a herbicidas) e dos possíveis efeitos sobre organismos não visados.

Como é feito com o desenvolvimento de qualquer nova tecnologia um enfoque cuidadoso é necessário antes do lançamento de um produto comercial. Deve ser demonstrado que o impacto potencial de uma planta transgênica foi analisado com cuidado e, se este não é neutro nem inócuo, é preferível ao impacto das tecnologias convencionais que deverá substituir. (Campbell et al 1997; May 1999; Toledo et al 1995).

Dado o uso limitado de plantas transgênicas no mundo e às condições relativamente restritas de sua situação geográfica e as condições ecológicas de sua liberação, informações concretas sobre seus efeitos no meio ambiente e na diversidade biológica

ainda são esparsas. Consequentemente não há um consenso quanto à seriedade, ou mesmo à existência de danos potenciais ao meio ambiente causados pela tecnologia GM. Há necessidade, portanto, de estudos detalhados sobre os riscos de conseqüências possíveis logo no início do desenvolvimento de todas as plantas transgênicas, assim como de um sistema de monitoração para avaliar estes riscos em testes de campo bem como na subsequente liberação das plantas.

A determinação de riscos necessita de informações básicas, inclusive a biologia das espécies, sua ecologia e a identificação de espécies aparentadas, as novas características resultantes da tecnologia GM, e dados relevantes sobre a ecologia dos locais onde a planta transgênica deverá ser liberada. Esta informação pode ser muito difícil de ser obtida em ambientes diversos. Centros de origem ou diversidade de plantas cultivadas devem receber consideração cuidadosa, porque haverá muitas plantas aparentadas selvagens para as quais as novas características poderiam ser transferidas (Ellstrand et al., 1999, Mikkelsen et al 1996; Scheffler 1993; Van Raamsdonk & Schouten 1997). Para ambientes especiais, as plantas transgênicas podem ser desenvolvidas utilizando-se tecnologias que minimizem as possibilidades de que o gene flua via pólen e seus efeitos nos parentes silvestres, através do uso de métodos relacionados a machos estéreis ou heranças maternas através do uso de transformação de cloroplastos (Daniell 1999; Daniell et al 1998; Scott & Wilkinson 1999).

Estudos de transferência do gene de plantas convencionais e transgênicas para aparentadas silvestres e outras plantas no ecossistema têm sido concentrados, até a presente data, em espécies de importância econômica, tais como trigo, colza para óleo e cevada. Virtualmente não há dados, especialmente para espécies como o milho, o que impõe a necessidade de cuidados e contínuo monitoramento de quaisquer efeitos possíveis de novas plantas transgênicas no campo (Hokanson et al 1997; Daniell et al 1998). Há também a necessidade continuada de pesquisa sobre a taxa de transferência de genes de culturas tradicionais para espécies nativas (Ellstrand et al, 1999).

Quando é feito o monitoramento em plantações de pequena escala de plantas transgênicas, as seguintes questões devem ser levadas em consideração, além de quaisquer preocupações ligadas ao meio ambiente local:

(a) A existência de uma planta transgênica com resistência para uma praga ou doença específica exacerba o surgimento de novas pragas ou doenças resistentes, e é esse problema pior do que a alternativa tradicional? (Riddick & Barbosa 1998; Hillbeck et al 1998; Birch et al 1999).

(b) Se determinados traços (e.g. tolerância ao sal, resistência a doenças, etc.) são transferidos às variedades silvestres, existe uma expansão no nicho dessas espécies que poderia resultar na supressão da diversidade biológica nas áreas circundantes?

(c) Se houver a adoção de plantas que toleram bem o stress, haveria a possibilidade de que esse fato traga um aumento considerável do uso da terra onde

anteriormente a agricultura não podia ser praticada, destruindo valiosos ecossistemas naturais ?

As avaliações de riscos deverão ser padronizadas para plantas novas em determinado meio ambiente. A maioria das nações já possui procedimentos para a aprovação e liberação de novas variedades de plantas. Apesar do fato de que estas avaliações são baseadas principalmente no desempenho agrônomico da nova variedade comparada com as variedades existentes, esse processo de aprovação poderia servir como o início ou modelo para um procedimento mais formal de determinação de risco para investigar impactos potenciais no meio ambiente das novas variedades, inclusive aquelas com transgenes .

Historicamente, tanto a pobreza quanto as modificações estruturais em áreas rurais têm resultado em deterioração grave do meio ambiente. A adoção da moderna biotecnologia não deve acelerar essa deterioração. Ao contrário, deve ser utilizada de modo a reduzir a pobreza e seus efeitos deletérios no meio ambiente.

Recomendamos que: (i) esforços coordenados sejam tomados para investigar os efeitos potenciais sobre o meio ambiente, sejam eles positivos ou negativos, de tecnologias de plantas transgênicas em suas aplicações específicas; (ii) todas as consequências sobre o meio ambiente devem ser determinadas tomando-se por base as práticas da agricultura convencional atualmente em uso nos lugares onde as plantas transgênicas foram desenvolvidas ou plantadas; e (iii) e deva ser promovida a conservação de bancos genéticos in situ e ex situ para a agricultura para que seja garantida a disponibilidade geral de variedades convencionais e transgênicas, como germoplasma para futuros cruzamentos.

7. FUNDOS PARA PESQUISA SOBRE PLANTAS TRANSGÊNICAS – O BALANÇO ENTRE O SETOR PÚBLICO E O SETOR PRIVADO

O setor público e as fundações sem caráter lucrativo forneceram no período pós-guerra recursos para a pesquisa nacional e internacional, , dando origem a safras de rendimento duplicado ou triplicado em grandes regiões da Ásia e da América Latina, juntamente com a criação de novos empregos e melhoria da nutrição no mundo em desenvolvimento. O trigo anão e o arroz e outras variedades de alto rendimento, que foram o cerne da ‘Revolução Verde’ satisfazendo as necessidades de milhões de agricultores pobres e dos consumidores.

O balanço dos recursos aplicados nesse tipo de pesquisa se deslocou significativamente durante a última década do setor público para o setor privado , com a redução da capacidade de pesquisa agrícola não comercial, que precisa ser revertida. Ainda existe, todavia, substancial capacidade de pesquisa agrícola pública nos Estados Unidos, Austrália, Europa, China, Índia, Brasil e no Grupo Consultivo Internacional para

Pesquisa Agrícola (CGIAR)). Essa instituição compreende 16 centros internacionais, dedicados a pesquisas com trigo e milho (México), arroz (Filipinas), batatas (Peru) e painço e sorgo (Índia). O apoio financeiro para o CGIAR, entretanto, está declinando em termos reais. Enquanto a pesquisa fundamental continua sendo realizada no setor público, a aplicação estratégica, em acentuado contraste à ‘Revolução Verde’, está acontecendo em grande parte no setor privado, onde grande parte da propriedade intelectual é controlada.

Nestas circunstâncias, as prioridades da pesquisa são determinadas pelas forças do mercado. As companhias produzem produtos cujos custos podem ser recuperados no mercado. Existem, também, bens que beneficiam a sociedade como um todo, ao invés dos indivíduos, e cujos custos não podem ser recuperados no mercado (os chamados bens públicos). Financiamento do setor público é necessário para esse bom trabalho. Exemplos clássicos de bens públicos são plantas melhoradas, que podem ser propagadas pelos agricultores com pouca degradação, por autopolinização (e.g. trigo e arroz) ou por multiplicação vegetativa (e.g. batatas). Se estas pesquisas de melhoramento de plantas fossem deixadas para o setor privado, seus resultados seriam sistematicamente insuficientes. Essa pesquisa de melhoramento é, portanto, típica de um bem público.

A principal razão pela qual os doadores e as fundações públicas e sem fins lucrativos apoiam à pesquisa internacional na agricultura é assegurar que a pesquisa pública de relevância seja dirigida aos pequenos agricultores, e aos meio ambientes complexos do mundo tropical e subtropical. Se essa pesquisa fosse totalmente privada, mesmo num mercado que funcione perfeitamente, as demandas dos consumidores ricos por inovações de seu interesse prejudicariam os consumidores pobres e os pequenos agricultores.

Tendo em vista os recursos limitados até agora, disponíveis para a pesquisa agrícola, os setores não comerciais (fundações públicas e entidades sem fins lucrativos) obtiveram resultados melhores do que poderiam ser esperados (e.g. arroz enriquecido com beta-caroteno e arroz resistente ao vírus mosqueado amarelo).

Recomendamos que: (i) os governos deveriam reconhecer plenamente que haverá sempre pesquisa de produtos e interesse público que requer investimento público, mesmo numa economia de mercado – é imperativo que o apoio de fundos públicos nesta área seja mantida, pelo menos ao mesmo nível, seja no CGIAR e nas Instituições Nacionais de Pesquisa; (ii) os governos, as organizações internacionais e as agências de ajuda devem reconhecer que a pesquisa em genomas de plantas é um objeto legítimo e importante para o dinheiro público, e que os resultados de tais pesquisas devem ser colocados em domínio público; (iii) formas de colaboração público-privadas inovadoras e vigorosas são urgentemente necessárias se os benefícios das tecnologias GM devem ser levadas a todos os povos do mundo; (iv) incentivos são necessários para encorajar as empresas de pesquisa privadas para que compartilhem mais com o setor público sua

capacidade para inovação; e (v) deve ser tomado cuidado para que a pesquisa não seja inibida por regimes que protegem em demasia a propriedade intelectual.

8. DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS

O desenvolvimento de sólida competência nas ciências das plantas é uma prioridade absoluta para todos os programas nacionais de pesquisa. Isto é necessário porque somente nas plantações locais é possível estudar-se o meio ambiente regional e somente iniciativas locais podem apreciar quais são as preferências culturais. É bem provável que os genes e as funções dos genes, enquanto nosso conhecimento aumenta, possam ser transferidos entre plantações e entre meio ambientes da agricultura. Entretanto, para que estes genes possam ser incorporados em variedades adaptadas, testadas, seguras e efetivas, uma competência local sustentável será necessária. Isto é igualmente verdadeiro quando os genes são transferidos por tecnologia GM ou por cruzamentos convencionais.

Os Centros Internacionais de Pesquisa (e.g. aqueles com o apoio do CGIAR) e os Centros Nacionais de Pesquisa (NRC) devem associar-se às instituições avançadas de pesquisa para aumentar seus esforços e estender as novas tecnologias GM para plantações, tais como: bananas, tanchagem, feijão, sorgo, trigo, milho, mandioca e batatas, que são fontes importantes de alimentos para muitos países. Estes centros devem também tomar a dianteira para desenvolver alianças com instituições avançadas e estratégicas do setor público e privado, de forma a assegurar a transferência de tecnologias apropriadas. Além do mais, as novas formas de tecnologia da comunicação devem ser vigorosamente apoiadas para facilitar o livre intercâmbio do conhecimento e as melhores práticas de pesquisa entre as comunidades agrícolas do mundo e seus agricultores .

Se a agricultura do mundo, e dos países em desenvolvimento em particular, deve ser beneficiada pelas inúmeras vantagens em potencial da tecnologia GM, será importante promover a capacitação no gerenciamento de risco. Para ser efetivo, os seguintes objetivos devem ser incluídos:

- (a) Desenvolver suficientes recursos científicos e humanos em cada país, para permitir-lhe a avaliação dos benefícios e dos riscos da tecnologia GM;
- (b) Fortalecer a infra-estrutura global e local;
- (c) Monitorar e avaliar em curto, médio e longo prazos os efeitos das plantas transgênicas e compartilhar dados entre todos os países envolvidos.
- (d) Desenvolver técnicas simples para distinguir rápida e precisamente plantas transgênicas e não-transgênicas, quando necessário.

Recomendamos que: (i) os governos nacionais assegurem que capacitação endógena seja assegurada para facilitar a implementação de normas e/ou regulamentos

de biosegurança; (ii) o desenvolvimento seguro, a transferência e a aplicação de biotecnologia requer que as nações desenvolvam e/ou fortaleçam políticas, estruturas, sistemas de informação, e treinamento em biotecnologia (inclusive avaliação de risco, gerenciamento de risco e procedimentos de biosegurança); (iii) as nações envolvidas no desenvolvimento, uso, liberação ou produção de plantas transgênicas devem ter os meios de avaliar e gerenciar os riscos potenciais e os benefícios; (iv) conforme determinado no recente Protocolo de Cartagena sobre Biosegurança das Nações Unidas, uma instituição internacional independente deverá manter e disseminar uma base de dados que inclua todas as novas variedades liberadas e seus desempenhos nos diferentes meios ambientes.