Biotecnologia ambiental: aplicações e oportunidades para o Brasil

▶ **Katia Regina Evaristo de Jesus**[1]

Embrapa Meio Ambiente – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

De maneira geral, a biotecnologia, que consiste na obtenção de produtos e processos industriais oriundos de ações direta ou indireta de componentes biológicos ou de partes deles, foi caracterizada, até recentemente, como um campo do conhecimento científico e tecnológico de competência específica de profissionais das áreas de microbiologia, bioquímica, genética, engenharia química, bioinformática e profissionais que atuam na interface dessas áreas. A obtenção de produtos e processos biotecnológicos é, como a pesquisa que lhes dá origem, essencialmente interdisciplinar (Figura 1). Isso dificulta a realização de P&D em empresas usuárias de biotecnologias, mesmo nas de grande porte. Assim, surgem oportunidades para empresas de base tecnológica que atuam na interface empresa – universidade.

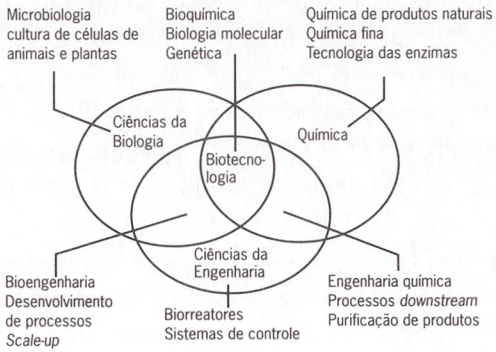

Figura 1 - Multidisciplinaridade da biotecnologia (VILLEN, 2004).

[1] Embrapa Meio Ambiente; Jaguariúna – SP; Rodovia SP 340 Km 127,5; Caixa Postal 69, CEP: 13820-000; Brasil - katiareg@cnpma.embrapa.br; Phone: +55 19 3867-8741.

Na área agrícola o atual aumento da demanda por biotecnologias deve ser analisado também como um requerimento da agricultura estruturada como agronegócio, cujo maior desafio consiste em suprir o crescente mercado interno e manter a competitividade em um mercado externo afetado pelo protecionismo e pelo excesso de ofertas. Verifica-se ainda um aumento do mercado regional na América Latina.

Diante da globalização e da abertura de mercados, algumas alterações estruturais já vêm sendo sentidas por produtores agrícolas e pelas empresas que desenvolvem tecnologias para o agronegócio. Dentre elas, a necessidade de aumento da produtividade, a melhoria da qualidade do alimento e o seu maior aproveitamento. Tudo isso somente conduzirá a um aumento de competitividade, se houver redução dos custos e todas essas tendências podem ser substituídas por uma única tendência: de aumento da demanda por biotecnologias e, com sua efetivação, a melhoria das culturas agrícolas.

Uma janela de oportunidade surge para o Brasil a partir das grandes possibilidades que emergem da agricultura alternativa baseada na produção de compostos naturais de alto valor no mercado internacional. Assim, qualquer que seja a política do governo com relação à pesquisa em biotecnologia, esta deve levar em consideração a necessidade de se melhorar os conhecimentos sobre os valiosos princípios ativos escondidos na flora brasileira e também a necessidade de se preservar aquelas espécies que, aparentemente, não têm valor no momento, mas que podem ter valor no futuro.

Uma estratégia a ser considerada é encontrar uma oportunidade para o Brasil com vistas a ampliar suas exportações. Alguns países já trilharam esse caminho e alcançaram equilíbrio satisfatório em sua balança comercial, dentre eles, podemos citar o caso do Chile, com a exportação de frutas, salmão e vinho.

Um outra oportunidade surge da utilização da biotecnologia para o meio ambiente, já que os setores ligados à utilização da biodiversidade e à biotecnologia ambiental são emergentes no cenário da biotecnologia no Brasil. No primeiro caso, pela necessidade de seleção de plantas, microrganismos e animais nativos visando a decifrar genomas e a descoberta de genes e moléculas de valor econômico. No segundo, devido à demanda de biotecnologias para tratamento e utilização de efluentes industriais e biorremediação. Os dois setores

são estratégicos para que o país estabeleça políticas de desenvolvimento sustentável. Essas políticas serão determinantes de competitividade nas próximas décadas.

A biotecnologia ambiental é uma alternativa precisa e eficaz para enfrentar os desafios cada vez maiores da degradação do meio ambiente, podendo atuar em três momentos: prevenindo, monitorando e restaurando. Nesse contexto a bioprospecção e a biorremediação representam áreas de destaque e impactos positivos para o meio ambiente. Alguns exemplos são efetivos para elucidar as técnicas relevantes para estes três momentos: a) maneira preventiva: sistemas de contenção de organismos geneticamente modificados (OGMs), aliados aos conhecimentos mais tradicionais como manejo de risco e gerenciamento de impacto; b) monitoramento: utilização de biossensores, bioindicadores e biofilmes; c) maneira regenerativa: biorremediação e biodegração.

Biodiversidade ou diversidade biológica refere-se a toda a variação biológica do planeta, ou seja, é uma medida da variação ou variabilidade existente entre as espécies. São atualmente atribuídas aos microrganismos funções importantes como controle biológico de pragas e doenças, fixação biológica de nitrogênio, biodegradação de resíduos, processos associados a transformação metabólica, além de importantes descobertas associadas a novos fármacos e enzimas. Dessa maneira, ferramentas relevantes para a identificação e descoberta de microrganismos com funções biológicas importantes têm sido exploradas: utilização de marcadores moleculares, triagem de microrganismos (*highthroughput screening*), bem como para classificação de microrganismo: eletroforese por campo pulsado, hibridizações, técnicas de análise direta de DNA (RFLP, PCR ou RT-PCR, RAPD), seqüenciamento de variedades de importância agronômica ou farmacológica. O Projeto Genoma abre a possibilidade de um melhor manejo da variedade potencializando os cultivos sobre estresses bióticos e abióticos e, ainda, aumentando a possibilidade de desenvolvimento de variedades adaptadas às mais diversas situações.

O interesse mais imediato no caso da biodiversidade vem dos setores farmacêuticos e da agroindústria. Basta lembrar que a taxa de sucesso na descoberta de princ ípios ativos farmacológicos é de 1:125 em plantas, porém é de apenas 1:10.000 quando se buscam compostos ativos via síntese química (MOREIRA FILHO, 1998).

A grande tendência para a melhor exploração da biodiversidade é o incremento em bancos de germoplasma animal (BGA). Além de ser importante para garantir estoques de doses de sêmen e embriões de diversas raças e/ou espécies de animais domesticados ameaçados de extinção, grandes possibilidades surgirão a partir do congelamento de ovócitos.

O solo é fonte de diversidade microbiana, por isso cada vez mais aumentam as pesquisas para a descoberta de novas técnicas para a classificação da biota do solo. Nesse contexto surgiu o metagenoma: esta é uma técnica biotecnológica que visa a fazer uma análise do DNA total das amostras do solo. O metagenoma é utilizado para contornar duas dificuldades: a impossibilidade de analisar toda a biodiversidade presente nas amostras de solos e a dificuldade de cultivar os microrganismos presentes no solo, somente cerca de 0,1-1,0% desses são recuperados.

Essa técnica emprega seqüências de rDNA 16S (obtidas de organismos já conhecidos) para a análise da população microbiana. Como resultado surgem as árvores filogenéticas e, dessa forma, é possível tanto conhecer a diversidade como também identificar novas espécies. A partir dos dados colhidos com o metagenoma é possível também fazer uma biblioteca genômica com DNA extraído do solo para identificação de novos compostos bioativos, produtos biossintéticos (metabolismo secundário), pertencentes a várias vias biossintéticas que são conhecidas.

Os biossensores são sensores que aliam a biologia molecular à microeletrônica. Esses sistemas utilizam organismos biológicos para a avaliação da concentração de determinada substância e predição do seu efeito no ecossistema e minimização de um risco ou impacto potencial. Para a construção da sonda o componente biológico interage com um composto químico alvo do monitoramento. Essa interação é detectada por um componente eletrônico e transmitido na forma de um sinal mensurável. Os biossensores são utilizados para a detecção da acumulação de componentes tóxicos ou que tenham efeito potencialmente negativo para o meio ambiente.

A biorremediação é um processo pelo qual os organismos vivos, plantas ou microrganismos são utilizados para remover ou reduzir as concentrações de poluentes no ambiente. Tem por finalidade o tratamento da contaminação por resíduos, efluentes industriais,

moléculas de difícil degradação e metais tóxicos. Dessa maneira, a biorremediação é a alternativa ecologicamente mais correta e eficaz para descontaminar ambientes despoluídos e apresenta custos 2/3 menores que os custos de incineração. A biorremediação consiste de uma tecnologia complexa e sua implementação ocorre em etapas que compreendem o estudo do ambiente, do tipo de contaminante, dos riscos e da legislação pertinente.

Os OGMs têm sido utilizados na biorremediação, uma vez que a manipulação genética de um mic rorganismo pode permitir o aumento da taxa de degradação por meio da inserção de genes que codificam enzimas catabólicas específicas para molécula-alvo.

O melhoramento genético utilizado para a geração de organismos transgênicos, que possuem em seu genoma caracter de alto valor agronômico, transferidos por engenharia genética, oferece uma série de vantagens. A maior delas é a possibilidade de transferência de material genético entre espécies não relacionados, aumentando o repertório de características desejáveis.

A genômica consiste na atividade de seqüenciar genomas e derivar informações teóricas a partir da análise das seqüências, utilizando ferramentas computacionais. Juntas, genômica e genômica funcional proporcionam um mapa molecular preciso de uma dada célula ou organismo, e, com isso, fornecem informações para a busca de novos alvos para estratégias de busca e descoberta em biotecnologia.

Novas abordagens de trabalho, envolvendo metodologias de bioinformática e biologia molecular, permitem a prospecção *in silico* de informações a partir de dados genômicos em bases de dados, e a análise de microrganismos sem a necessidade de isolamento e cultivo, a partir da clonagem direta de DNA de amostras ambientais. A integração de dados é crítica para a definição e sucesso de estratégias de bioprospecção. Nesse contexto, a bioinformática pode ser definida como o desenvolvimento e aplicação de algoritmos e métodos que permitem a transformação dos dados biológicos em "produtos" agregados do conhecimento ou caracterização dos sistemas biológicos.

A diversidade de aplicações que as transformações genéticas têm possibilitado desencadeia inúmeras pesquisas para a mitigação ou eliminação dos riscos inerentes à manipulação genética. Os resultados dos estudos que comprovaram a transferência genética de

maneira natural aumentaram o interesse pelo estabelecimento de sistemas capazes de degradar o material genético de microrganismos geneticamente modificados. Nos sistemas biológicos de contenção de OGMs os genes que codificam as proteínas têm por alvo as estruturas essenciais da célula, tais como a membrana celular, ribossomos etc.

Os sistemas biológicos de contenção de OGMs têm por objetivo a eliminação da população microbiana introduzida nos ecossistemas, uma vez que sua função já tenha sido completada. Existem duas abordagens para os sistemas de confinamento: a) mecanismo passivo: debilitação da linhagem tornando-a incapaz de sobreviver por muito tempo fora das condições de laboratório. Esse mecanismo apresenta a desvantagem de que a linhagem perde o seu vigor e não são eficazes para desenvolver algum tipo de tarefa no meio ambiente, onde não são capazes de competir com a biota natural; b) mecanismo ativo: o tempo de vida da linhagem é controlado por meio da indução proposital de uma proteína letal. O desempenho da linhagem é normal até que ela cometa suicídio.

Entre os temas fundamentais que são objetos de regulação, destaca-se a biossegurança, que, sobre o aspecto biotecnológico, compreende normas para reduzir os riscos de emprego das técnicas e insumos aplicados à saúde, à alimentação, aos sistemas produtivos e ao meio ambiente. Essas normas buscam resguardar os interesses públicos e privados e facilitar o comércio e a transferência de tecnologia, estabelecendo, para o meio, padrões e práticas aceitos internacionalmente. As regulamentações estabelecem práticas que tendem a diminuir a probabilidade de incidentes por minimizarem eventuais danos produzidos. Para contar com um bom controle, deve-se dispor de regulamentações baseadas na avaliação e no manejo do risco.

A utilização de novas fontes de energia como os combustíveis biológicos ou bioenergéticos produzidos a partir de plantas que usam a energia solar é uma alternativa viável para a substituição do petróleo que, além de ser um recurso finito, representa uma das maiores causas da poluição do ar e da diminuição da camada de ozônio. As condições do nosso país favorecem o uso de biocombustíveis, pois há mais energia solar disponível e também maior número de plantas com via fotossintética C4, que assimilam o dobro da energia solar que as plantas com vias fotossintéticas C3.

Com essa finalidade foi criado o pólo de biocombustíveis, cuja proposta é gerar tecnologia para aumentar a produção e a produtividade das culturas energéticas, como áreas de reflorestamento, cultivo de cana-de-açúcar e oleaginosas, além do aproveitamento de resíduos e dejetos da atividade agrícola. O biocombustível foi obtido no Brasil a partir da mamona, dendê, milho, caroço de algodão e soja e até mesmo de óleos usados em frituras. Uma das maiores vantagens do biodiesel é a ambiental.

Oportunidades para o Brasil

O aumento da interação universidade–empresa e a ampliação dos parques tecnológicos e ou incubadoras de empresas tendem a favorecer produtos ou processos com potencial mercadológico.

A preservação de microrganismos *ex situ* por meio de coleções bem estruturadas atende ao interesse da biotecnologia no âmbito nacional, mas poucas são as iniciativas nessa área. Para a ampliação desse tipo de instituição no país são necessários investimentos e a integração de diversas áreas e diversos grupos.

Com a tendência de aumento dos cultivos transgênicos, um campo que se abre é o da criação de empreendimentos capazes de realizar análises de impacto ambiental, estudos e relatórios de impacto ambiental (EIA – RIMA). Para isso a ampliação das consultorias dos mais diversos profissionais tenderia a aumentar a empregabilidade de muitos pesquisadores.

O futuro da agricultura depende do investimento em alta tecnologia, bem como na formação de recursos humanos em áreas da interface, como é o caso da bioinformática e biologia computacional, que possibilite a exploração dessa fonte de informação representada pela integração destas duas ciências: informática e biologia.

Referências bibliográficas

BORÉM, A. (Ed.). *Biotecnologia e meio ambiente*. Viçosa: UFV, 2004. 425 p.

CANHOS, V. P.; MANFIO, G. P. Recursos microbiológicos para biotecnologia. Disponível em: <http://www.criabr.org.br>. Acesso em: 2 fev. de 2005. 26 p.

MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. de (Ed.). Ecologia microbiana. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. 488 p.

MOREIRA-FILHO, C. A. A integração universidade–empresa e o desenvolvimento da moderna biotecnologia no Brasil. Brasília: IBICT: CNI, 1998. 20 p.

PIRES, C. S. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R. (Ed.). "Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas: o algodão resistente a insetos como estudo de caso". Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2003. 237 p.

VILLEN, R. A. "Biotecnologia - histórico e tendências". Disponível em: <http://www.hottopos.com/regeq10/rafael.htm>. Acesso em: 2 fev. de 2005.