

NOTAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA BIOTECNOLOGIA*

*Fernando Gaiger Silveira***

1 - Apresentação

O presente texto fundamenta-se, de um lado, na análise crítica de uma gama de trabalhos acerca do fenômeno das biotecnologias¹ e, de outro, em investigação realizada junto a instituições públicas de pesquisa agropecuária, especificamente, entrevistas com cientistas, visando à elaboração de nossa dissertação de mestrado. A partir dessas duas fontes, decidi-se discutir o desenvolvimento das biotecnologias sob a ótica das dicotomias que esse processo encerra. Soma-se a isso o fato de a conceituação das biotecnologias exibir uma heterogeneidade no que diz respeito às disciplinas científicas, aos setores de aplicação produtiva e ao tempo de existência e utilização. Cabe salientar que as biotecnologias fundamentam-se em diversas disciplinas científicas, entre as quais a bioquímica, a genética, a fisiologia, a microbiologia, sendo aplicadas nas indústrias química, farmacêutica, alimentícia e no setor energético. De outra parte, as biotecnologias carregam uma enorme ambigüidade quanto ao seu tempo de existência, sendo ao mesmo tempo antigas — até mesmo milenares —, como no caso das fermentações utilizadas na panificação e na fabricação de bebidas, e atuais, como, por exemplo, a técnica do DNA recombinante.

Por último, verifica-se, nas análises sobre as suas potencialidades, uma reversão das expectativas, observando-se, numa primeira fase, até início da década de 80, uma grande euforia, para, a partir de então, os estudos recobrirem-se de cuidados e serem, por vezes, céticos.

2 - A definição de biotecnologias

Como se afirmou, a discussão sobre o conceito de biotecnologia apresenta dificuldades, uma vez que diz respeito a um grande leque de técnicas, áreas de

* Este artigo é uma versão aproximada da exposição realizada durante a Jornada de Estudos FEE sobre Reestruturação e Crise: os desafios da indústria brasileira, no dia 29.10.92, tendo como tema "O desenvolvimento da biotecnologia e sua repercussão sobre os padrões da concorrência mundial". Agradeço a Clarisse Castilhos o convite para participar desse evento.

** Engenheiro Agrônomo da FEE e Mestrando em Sociologia da UFRGS.

¹ As publicações *Cadernos de Difusão de Tecnologia* (1986) e *Ensalos FEE* (1992) trataram especificamente do tema. Além dessas publicações, os trabalhos de Goodman, Sorje Wilkinson (1990); OCDE (1989); Silveira e Salles Filho (1988); Anciães e Cassiolato (1985); Salles Filho, Alvares e Cerantola (1985); Cassiolato (1983); Silveira e Futino (1983); Chesnais (1990); Lopez (1990); Laurent (1983); Broussole e Brulé (1989); Almeida, coord. (1990) e uma Mesa Redonda publicada na *Économie Rurale* (1989) também foram objeto de análise para o presente trabalho.

aplicação e setores produtivos envolvidos. No problema referente à fase de desenvolvimento das biotecnologias, isto é, quanto a sua **atualidade-antigüidade**, a grande maioria dos autores sentiu a necessidade de classificá-las em níveis, relacionados tanto à "idade" quanto à complexidade de cada uma das técnicas. Assim sendo, têm-se as biotecnologias estratificadas em tradicionais, intermediárias e de ponta, ou, mais simplificada, em novas e tradicionais.

A aplicação de organismos biológicos, assim como o seu aperfeiçoamento, e o uso de substâncias orgânicas — enzimas e catalizadores — nos processos produtivos é a definição mais abrangente de biotecnologia. Essa conceituação engloba desde o melhoramento genético clássico e as técnicas fermentativas gerais até a engenharia genética e de proteínas. Apreende-se, portanto, a necessidade de distinguir as diferentes "técnicas biológicas", segundo o nível de sofisticação de cada uma. No entanto essa necessidade de distingui-las demonstra como esse objeto de estudo é problemático, principalmente quanto às expectativas, pois ao lado das técnicas recentes, revolucionárias em muitos casos, têm-se experiências antigas na área.

Num primeiro nível, estariam as biotecnologias tradicionais, como as fermentações e seus produtos (bebidas, panificação, etanol), o melhoramento convencional de plantas e a fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas, especialmente a soja. A cultura de tecidos vegetais, as fermentações contínuas, a transferência de embriões, o controle biológico de pragas e doenças e a fixação de nitrogênio em outras espécies e culturas formariam o conjunto das técnicas intermediárias. O terceiro e último nível, as biotecnologias de ponta, incluiria a engenharia genética e de proteínas. Convém salientar que essa distinção apresenta um grave problema, uma vez que, à primeira vista, relaciona cada nível a potencialidades de ruptura nas trajetórias tecnológicas. No entanto tal relação não é necessariamente verdadeira, pois avanços no âmbito das biotecnologias de ponta podem significar um "remédio tecnológico" para as dificuldades enfrentadas pelo modelo de desenvolvimento industrial, fundamentado na produção e no consumo em massa padronizado. Em outros termos, biotecnologias de distintos níveis podem acarretar tanto o fortalecimento de trajetórias de tipo fordista quanto a emergência de aplicações relacionadas a uma maior flexibilidade produtiva, à diferenciação dos mercados e às mudanças na relação Homem-Natureza.

3 - Sobre as biotecnologias e suas dicotomias²

3.1 - Revolução ou evolução

Com o advento das novas biotecnologias, especificamente da tecnologia do DNA recombinante, a manipulação genética tornou-se uma realidade, permitindo a elaboração ou a engenharia de novos organismos que transformariam distintos substratos — orgânicos ou não — em produtos intermediários ou finais. Nessa direção, a produção

² A primeira dualidade, referente à questão da sua atualidade-antigüidade, fica evidente na discussão sobre o conceito de biotecnologia, realizada no item anterior.

dos nutrientes básicos à alimentação humana e animal poderia ser realizada por microorganismos modificados, no âmbito industrial, isto é, em bio-reatores. Esses novos microorganismos poderiam ser construídos com o intuito, também, de gerar novos medicamentos, principalmente através de processos fermentativos, ou princípios ativos, fundamentais nas indústrias de química fina. De outro lado, as tecnologias de fracionamento e enzimáticas possibilitariam o uso indistinto dos produtos agropecuários na extração dos nutrientes básicos — proteínas e aminoácidos, lipídios e açúcares. Tais possibilidades significariam, no setor agropecuário, a desvinculação da produção de matérias-primas agrícolas e dos alimentos — inclusive o primeiro processamento — de determinadas regiões. As regiões que atualmente são mais aptas a certas atividades em razão de suas características climáticas, edáficas e topográficas, concentrando, também, a transformação, devido ao fator locacional, perderiam sua importância, visto que essas características deixariam de ser determinantes na produção.

Logo, a desconexão crescente da produção alimentar e de matérias-primas do meio natural — solo e clima — seria uma provável consequência dos avanços da biotecnologia.

Sem dúvida, visualizava-se uma revolução no campo da produção alimentar, ilustrada por esse processo de "vulgarização" da agricultura e de seus produtos, e no setor químico com a passagem da síntese inorgânica para a produção através de fermentações.

No setor agropecuário, os avanços na biotecnologia reforçaram a discussão sobre o padrão técnico vigente, baseado na mecanização e na quimificação da produção, isto é, com o uso de variedades melhoradas com alto potencial produtivo em resposta à fertilização e à irrigação. O aprofundamento dos estudos nos campos da fixação biológica de nitrogênio, dos mecanismos de resistência (ou não) ao estresse hídrico e à toxidez e de adaptação a carências nutricionais, do controle biológico de pragas e doenças é ilustrativo de um novo caminho, que coloca em xeque o padrão atual, quicá anterior. De outra parte, as biotecnologias abrem caminhos à melhor utilização dos produtos agrícolas, assim como ao uso de uma maior variedade desses produtos para o mesmo fim, ou seja, se conseguiria extrair os nutrientes básicos de vários produtos.

Convém, no entanto, observar que esses avanços, concebidos como uma revolução das técnicas, ocorridos nas indústrias química e farmacêutica e na agropecuária resultam da maturação dos esforços realizados nas ciências biológicas durante o atual século. Logo, se tal revolução é real, tal fato deve-se à significativa evolução dos conhecimentos no âmbito das ciências da vida, especialmente a descoberta da penicilina, em 1928, o esclarecimento da função hereditária dos cromossomos, na década de 30, a descoberta da estrutura do DNA, em 1952, e os avanços no melhoramento genético vegetal, desde a década de 30.

Ao que de fato se assiste são transformações profundas na articulação entre as ciências biológica e química, ou seja, há uma necessidade de se formarem profissionais com domínio nas duas áreas. Nesse sentido, observam-se mudanças nos currículos dos profissionais de agronomia, química e biologia, com a inserção de disciplinas das outras áreas. No âmbito da pesquisa agropecuária de caráter público, objeto de nossa dissertação, observamos transformações significativas, com uma maior valorização das pesquisas laboratoriais *vis-à-vis* às de experimentação em campo.

A "revolução" no campo das técnicas e da produção está por acontecer, em função das incertezas, dentre as quais a não-apropriabilidade e aceitação, e de problemas existentes quanto à eficiência e ao custo dos processos biotecnológicos e seus

produtos. Portanto, se há uma revolução provocada pelo desenvolvimento das biotecnologias, esta concentra-se no modo de organizar a pesquisa e, também, no âmbito da academia.

3.2 - Rupturas ou continuidades

Outro debate em torno das biotecnologias refere-se aos seus impactos nos setores industriais, seus mercados e padrões técnicos. Nesse sentido, acredita-se que o desenvolvimento das biotecnologias pode ocasionar rupturas nos padrões de competição e, conseqüentemente, alterações nas estruturas de mercado. Sustentam, inclusive, que as mudanças advindas das trajetórias biotecnológicas significariam a emergência de um novo paradigma. O exemplo típico é a produção da *single cell protein* — proteína de célula única —, microorganismos secos (algas, bactérias, fermentos, fungos, etc.) cultivados em escala industrial, utilizando-se como substrato matéria inerte, especialmente derivados de petróleo. A utilização desse novo suplemento protéico na alimentação animal poderia substituir o farelo de soja e a farinha de peixe. No entanto vários fatores podem obstaculizar a generalização desse alimento protéico, entre os quais podem-se citar problemas referentes aos custos, situação verificada com os aumentos dos preços do petróleo nos anos de 1974 e 1979. No caso da alimentação humana, existem problemas tanto no que se refere aos aspectos nutricionais quanto culturais.

Outros exemplos de ruptura já foram, *grosso modo*, levantados no item anterior, como, por exemplo, a manipulação genética de plantas objetivando inserir resistência a pragas e doenças. É evidente que tal trajetória tecnológica — linha de pesquisa — ocasionaria transformações significativas nos mercados de inseticidas e defensivos. No entanto as grandes corporações do setor químico — agro e petroquímico — estão entre as indústrias que mais investem em P&D na área das biotecnologias. Fato consubstanciado na articulação realizada, na geração de variedades e híbridos, entre as indústrias agroquímica e de sementes, com inúmeras incorporações e fusões. Não se devem esquecer as ligações com as indústrias alimentares e de rações.

Nessa direção, as pesquisas em resistência das plantas aos herbicidas demonstram a preocupação e a utilização das biotecnologias numa linha de continuidade do padrão técnico agrícola atual.

Dentre as biotecnologias, visualizam-se situações tanto de continuidade como de ruptura, sem guardar uma relação com os níveis de sofisticação. A cultura de tecidos vegetais, ao possibilitar uma maior rapidez e otimização no melhoramento e a geração de novos híbridos, ou até mesmo plantas interespecíficas, ilustra um caso em que mudanças nas rotinas inovadoras vêm fortalecer os mercados de sementes e variedades. A utilização de engenharia genética para a produção de vacinas e outros produtos — insulina, hormônios de crescimento, antibióticos — é também exemplar de situações em que as biotecnologias vêm reforçar os mercados, no caso, o de fármacos.

Como situações de ruptura têm-se as pesquisas na fixação biológica do nitrogênio, com impactos nos mercados de fertilizantes, o controle biológico de pragas e doenças, assim como as pesquisas em variedades resistentes, e a produção de biopesticidas, caso dos mercados de defensivos agrícolas.

Por fim, convém sublinhar que estudos acerca da resistência ao estresse hídrico e à toxidez e da adaptação a deficiências quanto à fertilidade dos solos, com o desenvolvimento de variedades com tais características, ganham maior projeção atualmente; existindo, no entanto, condições para tais pesquisas há muito mais tempo. Estas não se desenvolveram anteriormente, uma vez que elas não faziam parte da "Revolução Verde", realizando-se, na época, a geração de cultivares que respondessem justamente ao uso de fertilizantes e irrigação que, conseqüentemente, fortalecia as indústrias de equipamentos agrícolas e química.

3.3 - Agentes econômicos

Esse tópico, como se vê, não tem uma dicotomia expressa, baseando-se nas discrepâncias intrínsecas aos próprios agentes na geração das biotecnologias em relação aos processos inovativos anteriores. Se nos ativermos à pesquisa agropecuária, podemos observar que o papel do setor público na geração, adaptação e difusão das inovações tecnológicas da "Revolução Verde" foi fundamental e, no caso das biotecnologias, afirmar que é o setor privado o principal agente na produção dessas técnicas. Portanto, verifica-se uma mudança de ator na pesquisa biológica, vegetal no caso. De outra parte, a constituição de várias empresas em biotecnologias, novas e de pequeno porte, as chamadas NEBs, é um fato a se discutir, uma vez que as indústrias química, farmacêutica e, em menor escala, alimentares, setores de aplicação das biotecnologias, se caracterizam pelo grande porte e por serem, na maioria, multinacionais e intensivas em P&D.

Dessa forma, há duas questões passíveis de análise, a saber: essas passagens das novas linhas de pesquisas fundamentais de grandes para pequenas empresas, no caso dos setores químico e farmacêutico, e do setor público para o privado, no campo da geração de tecnologias agropecuárias.

Limitando-se à pesquisa agropecuária, os agentes responsáveis pela produção das novas inovações tecnológicas — biotecnologias — são os mesmos do pacote da "Revolução Verde", como a maioria dos trabalhos indica. Acreditamos que há uma diferença na "postura" desses agentes no período da "Revolução Verde" e, hoje, com as biotecnologias. Na época da "Revolução Verde", as indústrias química (fertilizantes, defensivos e herbicidas), mecânica (tratores, equipamentos, etc.) e de sementes tinham uma estratégia mais ofensiva. O auxílio do setor público e de fundações internacionais na construção de "pacotes tecnológicos" constituídos das inovações produzidas por esses setores foi fundamental, haja vista que não existia uma complementaridade entre tais tecnologias; não se descartando, entretanto, essa postura ofensiva. Exemplificando, verifica-se que pesquisas visando gerar variedades resistentes aos estresses hídrico e nutricional não foram levadas a efeito, mas, sim, aquelas que produziram variedades que respondessem à adubação e à irrigação, tendo, também, por norte a homogeneização no desenvolvimento e no desenho das plantas, ou seja, a fim de facilitar a mecanização, as plantas devem encontrar-se em etapas do desenvolvimento e padrões de altura e de inserção dos frutos similares.

Atualmente, os agentes apresentam estratégias defensivas em função de as biotecnologias poderem acarretar problemas para eles, como sublinhado anteriormente.

3.4 - Esperanças e perspectivas ou frustrações e erros

Podem-se dividir as análises sobre as biotecnologias em duas fases. Na primeira, a principal característica era o tom esperançoso e a exaltação do caráter potencial destas na reestruturação industrial e agrícola. Após uma década, observa-se uma reversão, uma vez que poucas das suas aclamadas potencialidades tornaram-se reais, ou seja, a exceção tornou-se a regra. Frente aos fracassos ou dificuldades na consecução de processos e/ou produtos, a reafirmação de suas potencialidades não era mais sustentável.

Atualmente, ainda existem muitos trabalhos que preservam essa característica de "panacéia" das biotecnologias, dando pouca atenção às frustrações.

O caso da indústria farmacêutica, que, no momento, realiza um retorno à síntese química, apresentando maiores investimentos em P&D nessa área, é exemplar dos problemas na concretização de um padrão técnico-produtivo fundamentado nas biotecnologias, ou seja, nas fermentações e na engenharia de enzimas. De outro lado, os entraves para a manipulação genética nos organismos eucariotos — mais complexos —, especialmente nos vegetais, impedem avanços maiores na "elaboração" de plantas interespecíficas, que, por exemplo, conteriam nutrientes fundamentais dos dois cultivos-mães.

4 - Considerações finais

Nas entrevistas realizadas junto aos pesquisadores, no caso agrônomos-geneticistas, verificamos duas reações em relação à evolução das biotecnologias, quais sejam: de amor e ódio e de esperança e descrença. De outra parte, esses mesmos pesquisadores afirmavam que o desconhecimento de determinados pressupostos básicos da pesquisa biológica aplicada entre os técnicos era evidente, existindo dificuldades em razão tanto da inexperiência no manejo dos novos conhecimentos (biologia molecular) para os pesquisadores mais antigos, quanto das técnicas clássicas para os novos.

Numa de nossas entrevistas, um renomado professor e melhorista comparou a biotecnologia à religião. Tal pesquisador, a partir da análise de um cientista israelita, indica três diferenças básicas entre a religião e a ciência, objetivando mostrar-nos as razões de inserir as biotecnologias no campo religioso: a fé ilimitada, a desconsideração com os erros e fracassos passados e a relação direta entre crítica e heresia. É interessante observar que tal consideração apresenta uma grande base real, como se apreende do panorama descrito nos tópicos anteriores.

Convém observarmos também que essa crença nos horizontes abertos pelas biotecnologias, ilustrado na possibilidade de brincarmos de Deus, demonstra a semelhança de muitos dos trabalhos com a Ficção Científica.

Um fato que esse melhorista revelou é exemplar desta visão futurista predominante nas pesquisas em biotecnologias, pois estas, ao salientarem suas potencialidades e perspectivas, situam-se, na maior parte das vezes, no campo das probabilidades e não dos resultados já conquistados. Ele constata que nos simpósios de melhoramento de plantas convencional os verbos são conjugados no passado — eu fiz tais popula-

ções, tais melhoramentos que produziram o híbrido ... — e nos congressos de biotecnologia são utilizados no futuro — iremos fazer isso, aquilo ...

Acreditamos que o advento das biotecnologias se deve à maturação dos progressos ocorridos no âmbito das ciências da vida durante o atual século, estando intimamente ligado às mudanças ocorridas na relação entre o Homem e a Natureza. Os movimentos ecológicos e a maior preocupação com a qualidade dos alimentos são alguns exemplos dessas mudanças, sendo contemporâneos ao *boom* das biotecnologias.

Conforme salientamos, uma das conseqüências do desenvolvimento das biotecnologias é a reavaliação do modelo de organização da pesquisa agropecuária. Recapitulando, a pesquisa agropecuária no Brasil, realizada especialmente pelo setor público, sempre esteve numa posição de destaque, principalmente no campo da genética vegetal. A quase-simultaneidade entre as experiências nacionais e norte-americanas na produção de híbridos é exemplar, como confirma a experiência, em 1928, da estação agrícola de Veranópolis/RS na produção destes.

A constituição da EMBRAPA, conjuntamente com as políticas de crédito rural e de assistência técnica, visava à modernização de nossa agricultura, seguindo os contornos da "Revolução Verde", tendo lançado mão da infra-estrutura já existente e desenvolvendo-se graças aos conhecimentos conquistados anteriormente. Ocorre, no entanto, uma mudança na forma de organização da pesquisa, que passa a se fundamentar em centros de pesquisa por produtos, distintamente do modelo baseado em disciplinas científicas existente antes. A organização da pesquisa por produtos mostrava-se muito mais racional e funcional à geração dos pacotes-receitas tecnológicas, próprios da "Revolução Verde".

Atualmente, observa-se um esgotamento desse modelo de funcionamento da pesquisa, uma vez que foram atendidas todas as demandas tecnológicas passíveis de resposta por esse modelo. As demandas não atendidas, como as dos produtores com poucos recursos financeiros e naturais (solo, clima, topografia, etc.), e aquelas oriundas do advento das biotecnologias (novos instrumentais de pesquisa e reciclagem do corpo técnico) requerem uma nova organização da pesquisa. Nesse sentido, assiste-se hoje a um grande debate nos centros nacionais de pesquisa acerca das novas possibilidades que se desenham para a pesquisa agropecuária. É nesse contexto que se notam os primeiros sinais de retorno à forma disciplinária de organização da pesquisa, ilustrada pela maior valorização da pesquisa laboratorial e, conseqüentemente, pela diminuição da experimentação no campo, que visava testar e aperfeiçoar os "pacotes tecnológicos". As biotecnologias, nesse sentido, mostram-se catalizadoras dessas mudanças. Infelizmente, esse debate pode não se concretizar num novo desenho da pesquisa pública agropecuária em função da crise financeira do Estado brasileiro.

Bibliografia

- ALMEIDA, Anna Luiza, coord. (1990). Biotecnologia; situação atual e perspectivas: resultados preliminares. **Cadernos de Economia**, São Paulo: IPEA, n.2, dez.
- ANCIÃES, W., CASSIOLATO, J. E. (1985). **Biotecnologia: seus impactos no setor industrial**. Brasília: CNPQ.

- BROUSOLE, C., BRULÉ, G. (1989). Les biotechnologies dans l'industrie agro-alimentaire: champ d'application et impact économique. **Economie Rurale**, Paris, n.192-193, jul./oct.
- CADERNOS DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA (1986). Brasília: Departamento de Difusão de Tecnologia, v.3, n.3, set./dez.
- CASSIOLATO, J. E. (1983). O impacto da biotecnologia no setor industrial. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v.14, n.4, jul./ago.
- CHESSAIS, François (1990). La biotecnologia y la exportación de productos agrícolas de los países en desarrollo. **Comercio Exterior**, Mexico, v.40, n.3, mar.
- ÉCONOMIE RURALE (1989). Les nouvelles technologies: vers une autre révolution agricole et industrielle? Paris. n.192-193, jul./oct. (Mesa redonda)
- ENSAIOS FEE (1992). Porto Alegre, v.13, n.2.
- GOODMAN, David, SORJ, Bernardo, WILKINSON, John (1990). **Da lavoura às biotecnologias: agricultura e indústria no sistema internacional**. Rio de Janeiro: Campus.
- LAURENT, Claude (1983). Les innovations porteuses d'avenir. **Economie Rurale**, Paris, v.158, nov./déc.
- LÓPEZ, Octávio P. (1990). Retos y oportunidades de la biotecnología agroalimentaria. **Comercio Exterior**, Mexico, v.40, n.12, dic.
- OCDE (1989). **Bio technologie: effets économiques et autres répercussions**. Paris.
- SALLES FILHO, S. L. M., ALVARES, V. M. P., CERANTOLA, W. A. (1985). As promessas da biotecnologia para a América Latina: um alerta. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v.16, n.6, nov./dez.
- SILVEIRA, J. M. F. J. da, FUTINO, Ana M. A. (1983). A "revolução verde" e o melhoramento genético vegetal. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v.14, n.4, jul./ago.
- SILVEIRA, J. M. F. J. da, SALLES FILHO, S. L. M. (1988). Desenvolvimento da biotecnologia no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.26, n.3, p.317-341.
- SORJ, Bernardo, WILKINSON, John (1988). As biotecnologias, a divisão internacional do trabalho e o caso brasileiro. **Revista de Economia Política**, São Paulo: Brasiliense, v.8, n.2, abr./jun.