



O DESENVOLVIMENTO DAS BIOTECNOLOGIAS E A AVALIAÇÃO DE SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS

JOSÉ MARIA F.J. DA SILVEIRA¹

RESUMO - O presente texto visa estabelecer uma análise crítica sobre a avaliação dos impactos econômicos esperados para a biotecnologia. Parte da idéia de que muitos dos exemplos utilizados para ressaltar impactos das novas biotecnologias podem ser considerados casos extremos ou particulares, não se inserindo no sistema econômico como "alternativa aos pacotes tecnológicos existentes". Para se analisar os prováveis impactos das biotecnologias é necessário considerar o papel das grandes corporações e a importância que a reestruturação econômica das empresas tem para formulação de estratégias de desenvolvimento científico e tecnológico. O texto, de forma ainda um pouco bruta, procura separar dois tipos básicos de políticas de incentivo ao desenvolvimento biotecnológico, com ênfase nos casos onde as inovações ganham caráter eminentemente público, afeito a considerações mais amplas das políticas setoriais. No caso do Brasil, em face da fragilidade da base científica da biotecnologia vegetal e do caráter intermediário de várias tecnologias postas em andamento, o texto sugere ser esta uma das áreas onde o apoio governamental se faz imprescindível, inclusive no desenvolvimento de conhecimento básico.

THE DEVELOPMENT OF BIOTECHNOLOGIES AND THEIR EVALUATION FOR ECONOMIC IMPACTS

ABSTRACT - The present study attempts to realize a critical analysis of the evaluation of economic impacts expected from biotechnology. Its point of departure is the idea that many of the examples used to point out impacts caused by the new biotechnologies may be considered either extreme or special cases, not entering in the economic system as "alternatives" to existing technological packages. To analyze the probable impacts of biotechnologies, one must consider the role of large corporations and the importance that the economic restructuring of these corporations has in the formulation of strategies of scientific and technological development. The text, still in a rather primitive form, attempts to separate basic types of policies of incentive to biotechnological development, with emphasis on those cases in which the innovations acquire an eminently public character, accustomed to broader considerations of sectorial policies. In view of the fragility of the scientific basis of vegetal biotechnology, and of the intermediary character of various technologies put into practice, the text suggests that this in one of the areas in which governmental support is indispensable, including the development of basic knowledge.

¹ Eng.^o -Agrônomo, Mestre em Economia, Professor da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Caixa Postal 6135, 13100 Campinas, SP.

INTRODUÇÃO

Vários trabalhos publicados recentemente partiram da conceituação de biotecnologia como forma de procurar delimitar seu alcance. Enfrentaram, todos eles, sérias dificuldades advindas da ampliação do alcance das inovações biotecnológicas na indústria e na agricultura (impactos na agricultura geralmente originados de atividades industriais, inclusive produção de mudas e sementes). Defrontaram-se corajosamente com as dificuldades pertinentes, à procura de hierarquizar as inovações realmente biotecnológicas vis-à-vis à existência de procedimentos rotineiros referentes a setores industriais tradicionais, processadores de matérias-primas biológicas através de organismos vivos.

A própria hierarquização das inovações, segundo sua importância econômica, perspectivas de impactos futuros, ligação maior ou menor com os avanços recentes na ciência biológica e outros ramos de apoio (dada a interdisciplinaridade do esforço científico relativo aos avanços biotecnológicos), cria a necessidade de que se tenha como fundamento a análise dos fatos anteriores, que tem pouca história e poucos elementos conclusivos a fornecer.

Discutiremos, neste trabalho, as inovações biotecnológicas nos diferentes contextos a elas concernentes, visando diminuir o número de graus de liberdade existentes na análise das variáveis em questão, quando se procura passar diretamente das potencialidades inovativas para a prospecção de seus impactos.

O trabalho está dividido em três itens. O primeiro enfatiza as dificuldades para a análise dos impactos econômicos das inovações de base biológica.

O segundo parte das observações feitas no item anterior, sobre a importância de se considerar a natureza endógena às estruturas de mercado dos desenvolvimentos tecnológicos, para detalhar questões que envolvem o papel das empresas e das políticas científica, tecnológica e, principalmente, das políticas setoriais.

O último resume algumas conclusões do trabalho.

A EMERGÊNCIA DAS "NOVAS BIOTECNOLOGIAS" E OS PROBLEMAS PARA ANÁLISE DE SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS

A ênfase dada à biotecnologia, no início dos anos 80, como tecnologia de ponta tão importante quanto às referentes ao complexo eletrônico, deve-se a dois fatores básicos:

- a) À constatação das possibilidades de usos tecnológicos dos resultados de pesquisas com recombinantes (via eng. genética, fusão de protoplastos), mutantes (via cultura de tecidos) e híbridos, inclusive, interespecíficos (via fusão de protoplastos e cultura de embriões, hidrirmonas, clonagens).
- b) À constatação da diminuição do vigor no desempenho das indústrias cuja emergência no século vinte (principalmente após a Segunda Guerra Mundial) foi devido, primordialmente, ao processo competitivo, fundado no dinamismo tecnológico.

Procuraremos estabelecer o nexo de ligação entre as duas constatações, que direciona a emergência das técnicas de base biológica, ou seja, que permite antever as trajetórias e os seus elementos principais (articulação com conhecimento científico, oportunidades tecnológicas, gargalos, mecanismos seletivos ao nível das empresas e ao nível do mercado, papel das instituições).

Com raras exceções, os trabalhos que enfatizam a emergência das tecnologias de base biológica (misturando as novas às já convencionais) dão ênfase excessiva ao que poderíamos chamar "casos extremos". Seriam os casos onde a adoção das novas biotecnologias levaria à superação inquestionável das antigas tecnologias, com impactos econômicos e até sociais (alterações no comércio internacional e no papel das nações) de bastante relevância. Extrapolar o alcance destes "casos extremos" com o raciocínio "se hoje já é assim, o que dizer do amanhã" tem sido a forma predominante de tratar a questão da biotecnologia como tecnologia de ponta.

Citemos dois exemplos bastante comuns: a) O caso da **High Syrup Fructose (HSF)** - A utilização da enzima alfa-isomerase para a produção do adoçante isoglucose a partir da frutose (menor poder calorífico, menor dependência de fontes externas de matéria-prima aos países desenvolvidos) tem sido usado como exemplo do poder das tecnologias fermentativas (relativas à produção de enzimas) em causar mudanças no comércio internacional. No caso, em abalar o já combalido mercado de açúcar, o exemplo permitiria extrapolar os perigos representados pelo domínio das "complexas fermentações" por países como o Japão.

b) O caso do uso de **inimigos naturais das pragas** e do uso de **fixadores biológicos de nitrogênio (FNB)** representa outro tipo de caso limite (ou extremo). Isto, porque, sem depender de novas tecnologias de base biológica, de conhecimentos revolucionários de biologia molecular ou de técnicas avançadas de cultura de tecidos, a adoção destas tecnologias na agricultura permite (ainda que de forma limitada) a substituição de produtos químicos, defensivos e fertilizantes. No caso da indústria de fertilizantes, este impacto seria mais significativo, na medida em que este tipo de indústria apresenta menor dinamismo tecnológico que a de defensivos e um maior

volume de capital fixo imobilizado. A projeção das múltiplas possibilidades destas tecnologias a partir dos casos de sucesso (Rhizobium para FNB em soja e alguns fungos, bactérias e vírus no controle de algumas pragas) significaria a previsão do fim de importantes segmentos da indústria química. As vantagens das tecnologias de base biológica (menos custo, não-poluição, baixo valor de investimento requerido para instalação dos projetos, revalorização da assistência técnica aos agricultores, ausência de vantagens associadas à escala de produção, autodeterminação tecnológica) seriam potencializadas pelo uso das tecnologias recombinantes, com efeitos previsíveis a longo prazo (melhoria das cepas, introdução direta nas plantas de gens fixadores de nitrogênio ou responsáveis por resistência aos patógenos).

No caso do HSF, poderíamos argumentar que há questões mais amplas afetando o mercado internacional das matérias-primas provenientes dos países de clima tropical. Há um nítido processo de reorganização destes mercados, no contexto das políticas protecionistas dos países desenvolvidos, da crescente competitividade nos mercados de commodities dos produtos originados destes países e no contexto de crise econômica da agricultura, principalmente da norte-americana. A soja brasileira vem sofrendo forte efeito de substituição, permitido pelas importações, pela CCE, de óleo de palma e pelo uso de subprodutos da indústria de laticínios na alimentação animal. Sofre também a competição de países do Terceiro Mundo que, produtores de combustíveis fósseis, passaram a incentivar a criação animal e a produção agrícola. Não há quem possa afirmar que este processo de substituição da soja nos mercados internacionais, com efeitos gravíssimos sobre a estrutura agrícola da região Sul do Brasil, tenha se dado através do uso de inovações tecnológicas de qualquer tipo. As vantagens econômicas apresentadas pela HSF sobre o açúcar de cana-de-açúcar são avaliadas a partir deste contexto.

Quanto à natureza do impacto econômico, o segundo exemplo indicaria um sentido distinto. Permitiria, a priori, prever mudanças favoráveis na configuração de pacotes tecnológicos para a agricultura de países tropicais. Além disto, a difusão do uso do controle biológico (combinado ou não com o uso de defensivos) e de FNB significaria a redução da importação de matérias-primas, bens intermediários e até de especialidades químicas por parte de países em desenvolvimento. Afetaria, por seu turno, segmentos significativos da indústria química, cujo esforço de internalização da produção de certas especialidades químicas e de bens intermediários é muito recente nestes países. Nada indica que o desenvolvimento destas tecnologias, seu aperfeiçoamento conjugado à difusão (principalmente via "learning by

doing”) tenham qualquer tipo de articulação com as trajetórias tecnológicas que governaram o padrão inovativo responsável pelo “DI” da agricultura².

O uso destes dois exemplos permite evidenciar que há um conjunto de questões relevantes que ligam a geração e a difusão de inovações de base biológica a diversos comportamentos de agentes econômicos, que tomam decisões a partir de diferentes bases de cálculo (que necessariamente levam em conta risco e incerteza). Mais do que isto, evidenciam a dificuldade de programar o impacto das inovações de base biológica a partir do presente ou a partir da projeção atemporal de suas potencialidades.

Como tornar mais fácil a realização de análises que envolvam as inovações de base biológica? Propomos tomar como referência três questões básicas, visando separá-las para permitir a ênfase correta sobre os impactos biotecnológicos. Estariam relacionadas:

- a) à reorientação das estratégias empresariais que envolvem as indústrias químicas, farmacêuticas, alguns segmentos agroindustriais e de produção de sementes e mudas;
- b) às políticas científicas e tecnológicas em conjunto com as políticas industriais e agrícolas;
- c) à discussão mais geral, que envolve a relação entre novas tecnologias e ciclos econômicos.

É significativo o movimento de reorganização das empresas envolvidas no complexo químico e farmacêutico³.

Estes movimentos não são imputáveis unicamente à emergência das **novas biotecnologias**.

Por exemplo, analisemos o segmento produtor de antibióticos. Estudado mais recentemente por Gadelha (1986), este segmento tem considerável peso na indústria farmacêutica. Neste mercado competem empresas de alto “teor tecnológico”, que

² Aí, as hipóteses futuristas caminham no sentido contrário: o da inevitabilidade do controle da difusão destas tecnologias pelas empresas diretamente por elas afetadas. As novas tecnologias de base biológica permitiriam o uso de **plasmídios suicidas** e a transferência dos genes para as plantas (sendo que o uso do monopólio dos direitos sobre as sementes garantiria a apropriação dos resultados das inovações); o próprio aperfeiçoamento dos defensivos tornaria inútil o uso do controle biológico nos casos que não os de interesse das empresas.

³ Para uma análise detalhada deste movimento nos EUA Chantal & Joly (1985, 1986), para o caso da França e países em desenvolvimento, Silveira (1986).

alcançaram níveis de cumulatividade elevados no que se refere ao lançamento de novas cepas produtoras de novos produtos em processos fermentativos complexos, ou seja, este segmento da indústria farmacêutica utiliza-se de técnicas de "screening" e de fermentação que, juntas, configuram um regime tecnológico que as permite gerar trajetórias que, ao mesmo tempo, excluem e complementam as tecnologias de síntese química. Adicionemos outro elemento importante: a pesquisa pública (e mesmo a pesquisa feita por pequenas empresas de elevado nível tecnológico) pouco pode fazer para alterar o padrão competitivo deste segmento da indústria farmacêutica.

Sinais de esgotamento do dinamismo tecnológico neste segmento (associados a problemas de resistência, maiores exigências para lançamento de produtos) determinaram estratégias adequadas às características dos produtos (alto valor unitário e produção em pequenas escalas). No final dos anos 70 ocorreram movimentos de internacionalização das empresas, visando diluição dos gastos em P & D (tomando-se como referência estes dispêndios como proporção das vendas) e a consolidação do controle do mercado das diferentes etapas porque passam os fármacos em seus ciclos de vida. Em parte, o significado tecnológico desta estratégia foi o de magnificar, através de adaptações, inovações importantes obtidas pelas firmas e cujo monopólio (via patentes e principalmente segredo quanto ao uso das cepas em processos fermentativos) as direcionou para determinadas "áreas de especialização" do mercado. Para estas empresas, gerar recombinantes e desenvolver tecnologias associadas a "complexas fermentações" representam objetivos convergentes, mas associados a um elevado grau de incerteza⁴.

O exemplo do segmento produtor de antibióticos não é significativo apenas pelo peso econômico que este representa para a indústria farmacêutica (Gadelha 1986). É relevante no sentido de que a matriz principal das inovações são as cepas produtoras de novas moléculas precursoras de síntese. É importante, pois o sucesso da inovação depende da capacitação em tecnologias fermentativas de elevado grau de complexidade. Justamente por estarem os sucessos inovativos estreitamente amarrados a processos em que apenas determinadas empresas têm capacitação, é que as inovações derivadas das "novas tecnologias de base biológica" serão condi-

⁴ É nítida a assimetria entre as capacitações em complexas fermentações e em tecnologias do DNA recombinante entre as empresas japonesas e as **Novas Empresas em Biotecnologia**, predominantemente norte-americanas. A busca de confluência nas capacitações tem motivado firmas japonesas a associarem-se às NEB's dos EUA. No caso dos EUA, a criação de centros experimentais em escala piloto, para desenvolvimento de complexas fermentações, tem sido solicitada pelas empresas. O mais recente esforço ocorreu com a criação de um centro deste tipo na Carolina do Norte.

cionadas e até mesmo limitadas pelas rotinas destas empresas. A inequívoca vantagem do uso de determinadas tecnologias não pode ser avaliada sem tomar em consideração as regras de procedimento das empresas, que incluem considerações sobre as vantagens adquiridas no tempo e as suas formas de apropriação privada.

Resumindo, a emergência de novas tecnologias de base biológica se insere no contexto da reorganização de empresas que competem em oligopólios diferenciados, onde as inovações tecnológicas cumprem papel decisivo na configuração das estruturas de mercado. Estratégias nitidamente ofensivas em direção às inovações biotecnológicas, na maioria dos casos, não explicam mudanças na organização e estruturação dos mercados. Devem, na maioria das vezes, ser incluídas no contexto mais geral das estratégias de P & D das empresas.

DESENVOLVIMENTO BIOTECNOLÓGICO, EMPRESAS E POLÍTICAS

Novas biotecnologias estão amparadas na emergência de um novo paradigma científico, responsável pela mudança de enfoque na formulação de questões relevantes ao avanço da biologia (e de mudanças na relação entre a biologia e outros ramos do conhecimento científico).

Nos países desenvolvidos (notadamente EUA, Japão, França, Grã-Bretanha e Alemanha Ocidental), a despeito da multiplicidade de relações entre universidades, institutos públicos de pesquisa e empresas, a formulação de principais questões postas ao desenvolvimento científico deriva de tentativas, ainda que embrionárias, de desenvolvimento de produtos. Estes, como vimos, são condicionados pelas estratégias competitivas das empresas. Há pois, um nível de direcionamento que, com a emergência de novas biotecnologias, passou a influir sobre a prática científica, através de múltiplos mecanismos seletivos.

A emergência de um paradigma biotecnológico, fundado no poder das tecnologias recombinantes em gerar inovações primárias, seguidas de inovações secundárias (tecnologias ligadas às fermentações, principalmente), apresenta-se para as empresas segundo diferentes graus de importância (topografia, na visão de Nelson & Winter 1982).

Todavia, a despeito das assimetrias tecnológicas e das diferentes capacitações das grandes corporações, estas geralmente atuam em vários campos possíveis de aplicação de futuras inovações de base biológica.

Parcela importante destas estrutura seus departamentos de pesquisa no senti-

do da criação de centros de pesquisa básica e aplicada de longo alcance, operando com questões próximas às propostas pelo moderno paradigma biológico, selecionando, todavia, as questões relevantes ao posterior desenvolvimento tecnológico (correndo riscos das escolhas feitas).

Contando com elevado volume de recursos para pesquisa "in house" (uma vez que apenas um produto farmacêutico ou um defensivo agrícola demora de 7 a 10 anos para ser obtido e consome US\$ 20 milhões no mínimo) e tendo centralizado seus departamentos de pesquisa, estas empresas encontram-se aptas para regular, dentro de um elevado grau de incerteza, o processo de seleção do desenvolvimento das tecnologias, inclusive de tecnologias próximas a uma base científica sofisticada.

À primeira vista, mostra-se como resolvida a equação "um gen, uma proteína, um produto novo". A idéia do desenvolvimento de "ferramentas" também é teoricamente muito atraente — é assumida explicitamente pelos cientistas (Spartaco et al. 1985).

Todavia, como vimos, a decisão de investir no desenvolvimento tecnológico de produtos com esta origem passa por considerações que levam em conta o poder seletivo do mercado e a adequação do produto às estruturas de comercialização (daí a ênfase atual nas pesquisas com sistemas de liberação de produtos na indústria de fármacos).

O número de produtos experimentalmente obtidos pelo uso destas tecnologias, sua natureza (geralmente não competindo com os produtos convencionais) diminuem o grau de incerteza envolvido nas apostas de investimento em P & D. Assim, há fortes diferenças quanto ao desenho das oportunidades tecnológicas apresentadas às estratégias das diferentes empresas.

Há outro agente relevante a considerar. Ainda que predominante nos EUA, as Novas Empresas em Biotecnologia, desenvolvidas a partir de pesquisas universitárias, cumprem um papel importante na definição das oportunidades tecnológicas. Às Novas Empresas em Biotecnologia fica o papel principal de assumir os riscos inerentes a um conjunto de atividades inovadoras que, por vezes, se inserem marginalmente nos segmentos industriais onde têm maior impacto. No curto período de meia década, observou-se um processo de multiplicação, valorização de ativos e desaparecimento de parcela considerável das NEB's.

Este desaparecimento se deu principalmente pelo fechamento das empresas de pior performance. Todavia, a maioria das NEB's bem sucedidas passaram a ser

adquiridas pelas empresas líderes, geralmente empresas diversificadas, que atuam em mercados oligopolizados competitivos. Em alguns casos, a organização das NEB's se fez a partir de participação acionária direta de vários grupos empresariais de grande porte (ex. Agrigenetics), como uma forma alternativa de investir no setor. A possibilidade de travessia destas empresas de pequenas para médias ou grandes, ocupando parcelas de um mercado novo, por elas criado a partir de pesquisas biotecnológicas, mostrou ser, no mínimo, dependente da habilidade de seus gerentes em negociar acordos do tipo "Contratos de Pesquisa com Participação Limitada".

O que temos configurado é que, mesmo para os países desenvolvidos, a empreitada de geração de novas tecnologias de base biológica envolve considerável grau de risco e incerteza. Introduzamos mais um detalhamento nesta questão. Por mais que a compra de empresas de sementes tenha evidenciado o interesse das empresas do setor farmacêutico (entrantes já na primeira metade da década de 70) e químico (entrantes recentes), — além de poucas empresas que atuam no setor agroalimentar e petroquímico — no desenvolvimento de biotecnologias vegetais, estas não podem ser consideradas campo de aplicação preferencial das empresas.

Há claras diferenças de interesse entre as empresas já envolvidas com o mercado de sementes e as empresas que entraram recentemente, pertencentes ao setor químico e que são marginais neste mercado. O grau de incerteza, representado pelas tecnologias recombinantes aplicadas aos vegetais, faz com que o desenvolvimento destas tecnologias seja visto pelas empresas como parte de um conjunto de aplicações de longo prazo. Em certos casos, o uso de técnicas de análise dos genomas (como a técnica recentemente desenvolvida, dos segmentos de restrição cromossômica) tem potencial para interferir na tecnologia convencional, mas não para superá-la em período próximo ou previsível.

Algumas empresas, fortemente apoiadas no mercado de híbridos, apesar de seu volume considerável de vendas, não têm potencial de pesquisa capaz de enfrentar o risco e a incerteza concernentes ao desenvolvimento de tecnologias específicas para certos produtos. Tratamos fundamentalmente dos mercados de sementes híbridas de sorgo, girassol e milho. Dentro de tecnologias convencionais há, ainda, fronteira para o desenvolvimento de novas espécies híbridas que permitam às empresas inovadoras criar certos monopólios não existentes na produção de variedades. Um maior direcionamento às pesquisas é dado pelo interesse das grandes corporações produtoras de defensivos em desenvolver variedades resistentes e herbicidas.

O pessimismo quanto ao sucesso das inovações de base biológica aplicadas aos

vegetais se reduz quando se considera a utilização de um extenso rol de tecnologias intermediárias, materializadas nas diversas modalidades de cultura de tecido vegetal. Isto, todavia, merece algumas ressalvas: estas tecnologias não têm um princípio generalizador; por exemplo, a aplicabilidade destas tecnologias no melhoramento genético convencional do trigo, através de cultura de anteras, exige que se consiga bons resultados para as principais linhagens comumente utilizadas, nem sempre a aplicação da tecnologia apresenta resultados generalizáveis. A cultura de tecidos é excelente para processos correntes de limpeza clonal de batata-semente ou de mudas de moranginho e de citros, todavia, a extensão a outras espécies, deste tipo de processo, não se apresenta como imprescindível.

Como introduzir a questão das políticas? Nos países desenvolvidos, a despeito das diferenças citadas em relação à integração setor público e privado, fica nítido que o papel de desenvolvimento das inovações de base biológica cabe às empresas. Em certos países é claro o interesse dos governos em desenvolver estrategicamente suas grandes corporações. A subordinação da pesquisa pública a certos acordos com determinadas empresas representa objetivo da política, ou seja, o estímulo ao desenvolvimento biotecnológico passa a influenciar as decisões de estratégia das empresas⁵. Esta visão talvez seja um pouco radical, mas coerente com o espírito protecionista das políticas que envolvem setores afins às inovações biotecnológicas.

Nos países em desenvolvimento, que internalizaram a produção de diversos produtos de base tecnológica sofisticada (de especialidades químicas a sementes híbridas), a questão é radicalmente diferente. O desenvolvimento endógeno de tecnologias praticamente inexistente, e o uso de vantagens tecnológicas para configuração de barreiras à entrada é um processo que por vezes tem menos importância do que superar o "gap" tecnológico introduzindo novos produtos no País⁶.

Nesta situação, o processo seletivo, orientador do desenvolvimento tecnológico e da pauta de questões científicas relevantes, fica praticamente a cargo das instituições públicas. A eficiência das políticas em atender às demandas e selecionar as linhas de pesquisa relevantes depende de uma série de fatores: a) da avaliação, o mais precisa possível, dos prazos que envolvem certas "famílias de inovações". O desenvolvimento de melhores cepas de *Rhizobium japonicum* ou *R. phaseoli* hoje

⁵ Como por exemplo, estimulá-las a organizar-se a partir do conceito de "cachos tecnológicos" (Alcântara et al. 1985).

⁶ Admite-se uma certa dose de ironia nesta afirmação. É que por vezes se reluta em admitir que a via de difusão de novas tecnologias pode ser obtida pela difusão de bens intermediários e equipamentos.

está relacionado ao futuro aumento de pesquisas de *gens niffs*, responsáveis pelo processo de FNB; b) da avaliação da importância do desenvolvimento tecnológico em áreas onde o mercado esteja oligopolizado e controlado por empresas de elevado grau de dinamismo tecnológico; c) da identificação correta de tecnologias que não sejam do interesse privado, principalmente de grandes empresas, mas que possam, através de sistemas de difusão eficientes, transformar a base técnica de segmentos importantes da indústria e principalmente da agricultura; d) do desenvolvimento de instrumentos de efetivação da Tecnologia Industrial Básica (TIB), principalmente no que se refere a controle de qualidade dos novos produtos e propriedade industrial.

Este último item refere-se a um ponto importante. A configuração de estruturas de mercado oligopolizadas mantém relação direta com as possibilidades existentes de apropriação, por determinadas empresas, do resultado de suas pesquisas. No caso das inovações de base biológica, nem sempre os sistemas legais, do tipo patente (e mesmo inovações jurídicas como a Lei de Proteção às Cultivares ou o Sistema de Proteção às Obtenções Vegetais, existentes nos EUA e na Europa, respectivamente), são capazes de garantir a apropriabilidade dos esforços de pesquisa. Exigências do tipo diferenciação, homogeneidade e estabilidade são, na maioria das vezes, incompatíveis com o bom funcionamento de organismos vivos manipulados. A patente sobre um processo de obtenção de recombinantes também não evita que, por meios simples, se obtenha organismos um pouco diferentes e que escapem a esta proteção.

CONCLUSÃO

Em resumo, citemos os principais aspectos tratados neste texto: a) é praticamente impossível afirmar que a biotecnologia se transformará em alternativa para constituição de uma nova base tecnológica de setores industriais de algum modo a ela afeitos; b) o que marca o desenvolvimento das inovações de base biológica é a sua inserção para em diferentes regimes tecnológicos, onde o tempo previsível para a superação de gargalos de ordem técnica não é a variável mais relevante; c) o caráter do desenvolvimento de determinadas biotecnologias é eminentemente público, ou seja, depende fundamentalmente de decisões de políticas que devem estar em consonância com estratégias mais amplas de desenvolvimento setorial. O caráter contraditório dos efeitos das inovações de base biológica é evidenciado pelo fato de que, em muitos casos, sua difusão elimina antigas estruturas de mercado bastante rentáveis. O exemplo claro está no desenvolvimento de uma vacina eficiente contra febre aftosa (pela via do DNA recombinante, através de síntese etc). Vacinas totalmente inócuas serão capazes de viabilizar estratégias eficientes de erradicação da

doença e eliminar um mercado de cerca de U\$ 250 milhões; d) a emergência das biotecnologias potencialmente revitaliza trajetórias abandonadas pela afirmação do complexo químico no pós-guerra. Todavia, sua consolidação enfrenta vários obstáculos, um deles, a dificuldade de criação de sistemas eficientes de apropriabilidade dos esforços de pesquisa. Apesar disto, um dos efeitos inegáveis da emergência das biotecnologias está na mudança do relacionamento do setor público e privado em países desenvolvidos, no que se refere às pesquisas científicas.

Resta assinalar que qualquer tipo de ligação entre biotecnologia e ciclo econômico é, no mínimo, uma precipitação. Não existem evidências que permitam antever a existência de impactos significativos nos investimentos produtivos decorrentes das inovações de base biológica. Como vimos, há uma série de evidências em contrário. A própria reorganização das grandes corporações indica que estas buscam crescentemente, investir em setores "mais leves", ou seja, de menor volume de capital fixo por unidade de produto. Mesmo que os impactos para frente ou para trás, originados das inovações biotecnológicas, fossem significativos, pouco se poderia dizer sobre a maneira como estes seriam encadeados no tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, B.; LA PIERRE, M. de; GART, M.; GROU, T.; LEMETTCE, J.S.; CIPEK, K.; ZIMMERMANN, J.B. *Les grappes technologiques et strategies industrielles*. Paris, GEST, 1985.
- CHANTAL, D. & JOLY, J.P. *Biotechnologies et semences; les grands groupes etrangers*. Toulouse, CFCE/LEREP, 1985. 208p.
- CHANTAL, D. & JOLY, J.P. *Structures et strategies de l'industrie de semences face a l'innovation biotechnologique*. Toulouse, LEREP, 1986. 147p.
- GADELHA, C.G. *Biotechnologia e os biofármacos da classe terapêutica dos antibióticos*. Campinas, UNICAMP, 1986. 106p.
- NELSON, R. & WINTER, S. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1982.
- SILVEIRA, J.M.F.J. da. *Panorama internacional da indústria de defensivos agrícolas*. Campinas, UNICAMP, 1986. 52p.
- SPARTACO, A.; AZEVEDO, J.L. de; AZEVEDO, M.O. *Novas técnicas de recombinação em microorganismos*. In: AZEVEDO, J.L. de, coord. *Genética de microorganismos*. Piracicaba, CEALQ, 1985. 167p.