

# Cenário internacional em biotecnologias: espaços para o Brasil?

Rogério Edivaldo Freitas<sup>1</sup>, Hildo Meirelles de Souza Filho<sup>2</sup>

## Resumo

O objetivo do trabalho foi o de avaliar o cenário internacional em biotecnologias, identificar os principais concorrentes da atual corrida biotecnológica mundial, e inferir oportunidades eventualmente disponíveis para o Brasil. Empregaram-se ferramentas de estatística descritiva, além de um esforço de revisão acerca das principais virtudes e dificuldades dos países líderes no segmento. Os resultados mostram que a posição brasileira é promissora, mas ainda é potencial, seja devido à posição de vanguarda de outras nações em termos de biotecnologias, seja em decorrência de limitações macroeconômicas ou de características estruturais típicas da trajetória brasileira.

**Palavras-chave:** biotecnologias, ciência e tecnologia, Brasil, mercados mundiais.

## Abstract

*This study tried to evaluate the international biotechnology scenario and identify the main global players in this kind of technologies and foreseen available opportunities for Brazil. Descriptive statistics analyses and literature review on the strengths and weaknesses of main countries in those technologies were employed. The results suggest that the Brazilian position is a potential yet, so because the leading position of developed countries in biotechnologies, as well as macroeconomic and typical structural constraints found in Brazil.*

**Keywords:** biotechnologies, science and technology, Brazil, global markets.

1 Economista (Universidade de São Paulo), doutor em Ciências (Universidade de São Paulo), e pós-doutor (Universidade Federal de São Carlos). Cargo atual e vinculação: técnico de Planejamento e Pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

2 Economista (Universidade Federal de Viçosa), mestre em Ciência Econômica (Universidade Estadual de Campinas) e doutor em Agricultural Economics (University of Manchester). Cargo atual e vinculação: professor da Universidade Federal de São Carlos.

## 1. Introdução

As atividades biotecnológicas compreendem um rol de tecnologias genéricas, a exemplo da tecnologia da informação. Este fato vê-se refletido na própria categorização deste grupo de tecnologias, cuja taxonomia é imperfeita e não se enquadra nas classificações setoriais estruturadas para mensurar os setores econômicos.

Ao mesmo tempo, as atividades de pesquisa que originam tais tecnologias distribuem-se por um longo período de tempo desde a ideia original até as etapas de comercialização. Os estágios compreendidos não raro totalizam até 15 anos de desenvolvimento do produto, seja no caso de variedades vegetais (CUNHA, 2007; EMBRAPA, 2007) seja para o desenvolvimento de medicamentos para uso humano (STUART, OZDEMIR e DING; 2007).

Três variáveis são importantes para o desenvolvimento científico de biotecnologias bem como para o seu emprego e aplicação comercial, e retratam a estrutura de produção dos diferentes países nestas tecnologias (MC NAMARA e BADEN-FULLER, 2007). São elas: a mão de obra do setor, a sua estrutura de financiamento, e as patentes resultantes.

Ao mesmo tempo, o marco regulatório que disciplina tais tecnologias igualmente é variável determinante em seu desenvolvimento, em cada país. Porém, inexistem bases de dados harmonizadas que tratam destas informações.

No Brasil, observa-se uma base científica relativamente bem estruturada e produtiva em ciências biológicas, agrárias e da saúde (MCT, 2010), a construção de mecanismos mais longevos de financiamento às investigações biotecnológicas (ASSAD e AUCÉLIO, 2004) e um crescimento da atenção proprietária do conhecimento gerado (DRUMMOND, 2009).

Isto posto, o trabalho está estruturado da seguinte forma. A próxima seção apresenta o objetivo do artigo. Uma discussão específica sobre recursos humanos, instrumentos de financiamento e registro de patentes em biotecnologia está posta na terceira seção do trabalho. A quarta, reporta o material e os métodos utilizados, e a seção 5 discute os resultados. Por fim, são feitas as considerações finais.

## 2. Objetivo

Este trabalho pretende analisar o cenário internacional em biotecnologias, identificar os países mais importantes neste segmento tecnológico e contextualizar a posição brasileira no desenvolvimento de recursos humanos, instrumentos de financiamento e registro de patentes.

### 3. As inovações biotecnológicas e suas variáveis-chave

Neste artigo, consideraram-se três variáveis-chave na pesquisa e desenvolvimento de biotecnologias: recursos humanos, financiamento, e proteção proprietária do conhecimento (registro de patentes). A escolha dessas variáveis fundamentou-se em trabalhos empírico-aplicados e de discussão de políticas tecnológicas associadas ao desenvolvimento das biotecnologias (STUART e SORENSON, 2003; DANZON, NICHOLSON e PEREIRA, 2005; NIOSI e REID, 2007).

A formação de recursos humanos relacionados às biotecnologias é central para o desenvolvimento das respectivas iniciativas de pesquisa & desenvolvimento (P&D). Ademais, esses profissionais são menos substituíveis que outros fatores de produção, o que confere elevada especificidade ao capital humano empregado em tais atividades.

A colaboração com grupos acadêmicos é decisiva, em especial quando são requeridos trabalhos em rede para a conversão de conhecimento em inovação. Numa acepção mais ampla, segundo Niosi e Reid (2007), o capital humano é uma variável determinante para alguns países tomarem vantagem das janelas de oportunidade que se apresentam.

No que concerne às possibilidades de financiamento às pesquisas biotecnológicas, os países desenvolvidos contam com uma plêiade de opções para o desenvolvimento e comercialização de produtos de origem biotecnológica.

Entre as opções empregadas estão recursos públicos de programas específicos em áreas de energia (JAFFE, 2000), saúde (TRAORE e ROSE, 2003), agropecuária (XIA, 2003; XIA e BUCCOLA, 2005) e meio ambiente (TRAORE e ROSE, 2003; MOORE, 2008), instrumentos típicos dos mercados financeiros (MORAIS, 2007; MC NAMARA e BADEN-FULLER, 2007), abertura de capital acionário (MANGEMATIN ET AL., 2003), e fundos privados específicos, além dos chamados investidores angels, indivíduos que apostam seus recursos face à possibilidade de lucros oriundos de uma inovação ainda em aprimoramento.

Já no que toca às patentes em biotecnologias, as mesmas tendem a ser entendidas como indicador de potencial inovativo, em especial para os setores farmacêuticos, de agroquímicos, de sementes, de processamento de alimentos e para as atividades de monitoramento e remediação ambiental, usuários principais dos resultados de pesquisas biotecnológicas.

Conquanto a ciência básica seja desenvolvida principalmente em instituições públicas de pesquisa, o desenvolvimento de produtos e serviços é notadamente conduzido pelo setor privado. Na maioria dos países ocidentais desenvolvidos, esse aprimoramento ancora-se no

sistema internacional de direitos patentários e em sua proteção. Por isso, inclusive, a proteção patentária tem se tornado um dos pontos de contenda em biotecnologias (MOSES, 2004).

Neste ponto, uma das dificuldades é que em muitos casos as legislações não permitem uma resposta definitiva sobre a possibilidade de patenteamento, sendo presentes as situações de exceção. Em temáticas ainda polêmicas, como as que envolvem células-tronco, o debate ainda não se exauriu em diversos países, reduzindo a clareza sobre as possibilidades de patenteamento.

Há evidências do rápido crescimento do número de depósitos em engenharia genética e tecnologia de DNA recombinante (FORTES e LAGE, 2006; DRUMMOND, 2009). Este resultado é um provável reflexo da corrida genômica<sup>3</sup> que ocorre hoje em escala mundial. No longo prazo, as patentes afetam a estratégia setorial das empresas que empregam as biotecnologias e, de acordo com Danzon, Nicholson e Pereira (2005), podem funcionar como preditores do tempo de consolidação de uma tecnologia.

Neste sentido, as aquisições e fusões de empresas em biotecnologia vegetal podem ser motivadas por estímulos do sistema patentário quando as firmas têm tecnologias sobrepostas. De outra parte, firmas dedicadas ao exercício de seus direitos de propriedade intelectual representam barreiras para outras firmas que tentem usar os ativos intelectuais daquelas.

Também, o sistema internacional de patentes exhibe limitações em registrar novas formas de produção da informação, sobretudo, a necessidade de estabelecer novos critérios de patenteabilidade (KINGSTON, 2001). Segundo Szarka (1999), há o agravante de que a biotecnologia é o único campo técnico em que material vivo pode ser objeto de patenteamento.

É o caso, por exemplo, do sistema de proteção de plantas nos Estados Unidos onde é possível, entre outras formas, a proteção conferida por um sistema de patentes semiconvencional, nos termos tradicionais do processo de patenteamento, e dedicado às plantas reproduzíveis assexuadamente (Plant Patent Act, 35 U.S.C. 161).

Também, surgem problemas éticos quanto ao patenteamento de células e genes humanos, sobre os quais não há acordo entre firmas de P&D, escritórios de patente e movimentos ambientalistas. Destarte, para alguns autores (FARNLEY, MOREY-NASE e STERNFELD, 2004), o sistema de patentes está tendo de se adaptar, mas ainda não está à altura do desafio de incluir determinadas inovações, como as biotecnológicas.

---

3 Uma análise do caso brasileiro está em Dal Poz, Fonseca e Silveira (2004) e ilustra a formação de redes de pesquisa no país, quando da atuação do Brasil no consórcio de projetos genoma.

## 4. Material e métodos

Neste artigo, foram utilizados dados de Beuzekom e Arundel (2009), trabalho construído no âmbito da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e que almeja concatenar informações sobre biotecnologias produzidas nos principais países envolvidos nessas atividades e pesquisas. Complementarmente, utilizaram-se também dados de OCDE (2012), de modo a abranger séries as mais atualizadas possíveis.

A partir desses dados, foram calculadas estatísticas descritivas e feitas análises acerca da trajetória de crescimento das respectivas variáveis. As estatísticas descritivas empregadas foram: média, mediana, desvio padrão, máximo,  $j_1$  (primeiro quartil, 25%),  $j_3$  (terceiro quartil, 75%), e  $D_j$  (intervalo interquartilício), que corresponde à diferença entre  $j_3$  e  $j_1$ .

É importante destacar que a ausência de uma taxonomia universal e reconhecida para agregar as atividades biotecnológicas em classificações setoriais ou de produtos cria dificuldades para a realização de comparações mais precisas entre países. Adicionalmente, as definições de firmas que operam com biotecnologias são imprecisas, fato reconhecido dentro do próprio debate científico (MILLER, 2007; ARUNDEL, BEUZEKOM, e GILLESPIE, 2007).

Esses condicionantes originam-se da complexidade e abrangência do objeto de estudo, e constituem um desafio de investigação científica per se. Ressalte-se, igualmente, que as informações de Beuzekom e Arundel (2009) e OCDE (2012) compõem as bases de dados mais atualizadas e de maior amplitude disponível para a pesquisa, sendo insumos para a discussão de políticas do setor. Ela inclui países desenvolvidos e nações tradicionalmente comparadas ao caso brasileiro, como Coréia do Sul, Índia, China, Rússia, África do Sul, e países do Leste Europeu.

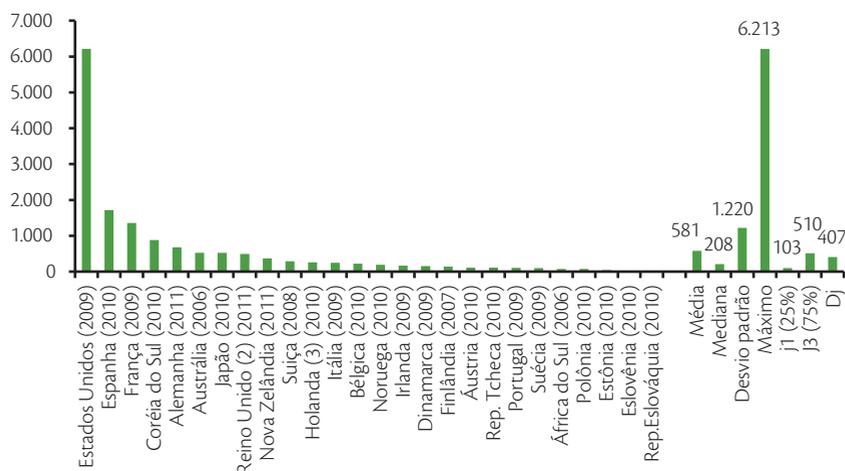
Os dados avaliados referem-se ao número de firmas do segmento, à realização e gastos de P&D em biotecnologias, ao total de empregados nas firmas do segmento, às respectivas alianças de pesquisas ou para transferência de tecnologias, e aos correspondentes investimentos de Venture Capital (VC).

## 5. Resultados: cenário internacional em biotecnologias e a posição brasileira

Neste tópico são apresentados os resultados do trabalho. Discutem-se as informações do quadro internacional em biotecnologias, e a conjuntura vigente entre as nações que empreendem a corrida biotecnológica e que representam reais competidoras para o esforço brasileiro neste segmento. Informações acerca da posição brasileira são complementarmente apresentadas.

## 5.1. Número de firmas de biotecnologias e inversão em P&D

No que reporta às firmas de biotecnologia<sup>4</sup>, conforme as informações do Gráfico 1, os países com destaque são Estados Unidos, Espanha, França, Coreia do Sul, e Alemanha, com valores acima da média do grupo para esta variável. É interessante notar a posição da Coreia do Sul, à frente de países como Alemanha, Austrália, e Japão.



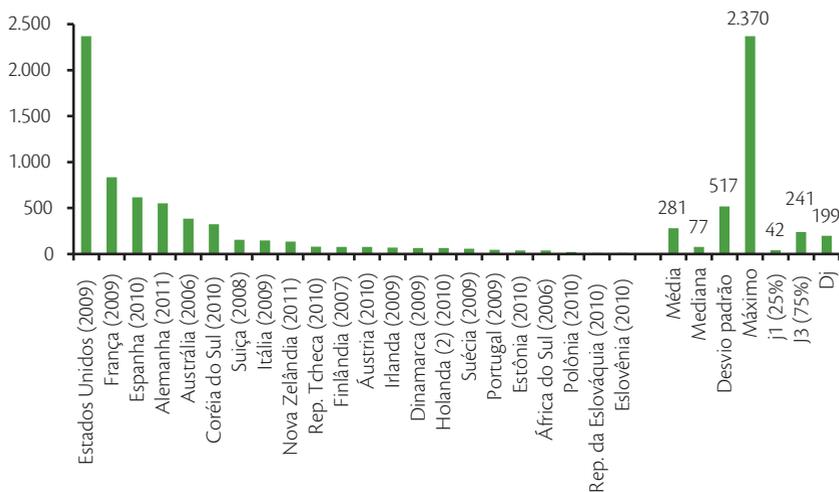
**Gráfico 1.** Número de firmas de biotecnologia

Fonte: dados trabalhados pelos autores a partir de OCDE (2012). Notas: 1. Os anos entre parênteses referem-se à data da informação para cada país; 2. Para a Holanda, dados provisórios e apenas de firmas com 10 ou mais empregados; 3. Para o Reino Unido, uma estimativa de 66% das firmas de biotecnologia (para a maior parte das quais a biotecnologia como definida pela OCDE é uma atividade predominante) responde pelas atividades de P&D.

Em uma segunda análise, no caso das firmas de biotecnologia dedicadas<sup>5</sup>, apresentadas no Gráfico 2, Estados Unidos, França, Espanha, Alemanha, Austrália e Coreia do Sul são os países que apresentam o maior número de empresas, notadamente acima do valor médio (281 empresas) do respectivo grupo de países.

4 Firma que usa a biotecnologia para produzir bens ou serviços e/ou que realiza P&D em biotecnologias (OCDE, 2012). No âmbito da OCDE as biotecnologias contemplam os seguintes códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP): A01H1/00, A01H4/00, A61K38/00, A61K39/00, A61K48/00, C02F3/34, C07G(11/00,13/00,15/00), C07K(4/00,14/00,16/00,17/00,19/00), C12M, C12N, C12P, C12Q, C12S, G01N27/327, G01N33/(53\*,54\*,55\*,57\*,68,74,76,78,88,92) (BEUZEKOM e ARUNDEL, 2009).

5 Firmas de biotecnologia cuja atividade predominante envolve a aplicação de técnicas biotecnológicas para produzir bens ou serviços e/ou para realizar P&D em biotecnologias (OCDE, 2012).



**Gráfico 2.** Número de firmas de biotecnologia dedicadas

Fonte: dados trabalhados pelos autores a partir de OCDE (2012). Notas: 1. Os anos entre parênteses referem-se à data da informação para cada país; 2. Para a Holanda, dados provisórios e apenas de firmas com 10 ou mais empregados.

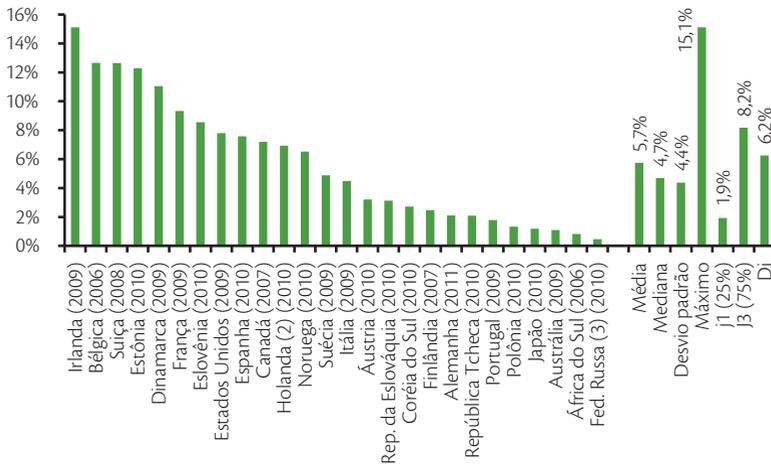
Observa-se que há um grupo de países líderes nestas tecnologias, e que representam o núcleo de maior representatividade em número de firmas do segmento, grupo este representado por Estados Unidos, Espanha, França, Coreia do Sul e Alemanha. Interessante notar que no conceito de firmas biotecnologia dedicadas, França, Espanha e Alemanha (o grupo europeu com países acima da média) contabilizaram 2.004 firmas, aproximando-se dos Estados Unidos.

Por outro lado, segundo as informações do Gráfico 3, para a variável P&D em biotecnologia como uma proporção dos gastos em P&D do setor privado<sup>6</sup>, os maiores resultados foram obtidos por Irlanda, Bélgica, Suíça, Estônia, Dinamarca, França e Eslovênia, com percentuais dentro do quartil superior de distribuição para o respectivo grupo de países.

Concomitantemente, evidenciam-se os números de Estados Unidos, Espanha, Canadá, Holanda e Noruega, registrando valores superiores à média, mas abaixo do quartil superior da distribuição dos dados.

6 Além das firmas de biotecnologia e das firmas de biotecnologia dedicadas, foram contabilizadas as firmas que fazem P&D em biotecnologia (firmas que realizam P&D em biotecnologias), e as firmas de P&D biotecnologia dedicadas (que devotam 75% ou mais de seu P&D às biotecnologias) (OCDE, 2012).

Cumpra observar que o primeiro grupo de países destacados nesta variável é composto exclusivamente por países europeus, predominantemente de pequena área geográfica, o que pode ser uma pista de projetos de inversão em trajetórias tecnológicas específicas ou especializadas. Entretanto, excetuado o caso irlandês, o conjunto dos dados é razoavelmente simétrico, o coeficiente de variação é inferior à unidade e o intervalo interquartil representa menos da metade do resultado máximo dos dados.



**Gráfico 3.** P&D em biotecnologia como proporção dos gastos em P&D do setor privado.

*Fonte: dados trabalhados pelos autores a partir de OCDE (2012). Notas: 1. Os anos entre parênteses referem-se à data da informação para cada país; 2. Para a Holanda, dados provisórios e apenas de firmas com 10 ou mais empregados; 3. Para a Federação Russa um indicador aproximado é usado, isto é, gastos de P&D por áreas prioritárias de Sistemas Vivos (Bioengenharia, Biocatálise, tecnologias de biossíntese e biossensoriamento, tecnologias veterinárias e Biomédicas, Genômica e fármaco-genética, tecnologias de células vivas).*

Ainda neste contexto, a Tabela 1 apresenta os gastos das firmas que fazem P&D em biotecnologias. Destacam-se a posição hegemônica dos Estados Unidos e, em segundo lugar, da França, com montantes aplicados superiores ao correspondente valor médio.

A presença sem igual dos Estados Unidos impacta os coeficientes de variação e as estatísticas calculadas para esta distribuição de dados. Além disso, ao aferirem-se os países com valores incluídos no último quartil, Coreia do Sul, Canadá, Suíça e Espanha não podem ser negligenciadas neste quesito.

**Tabela 1.** P&D em biotecnologia (PPP\$) em firmas que fazem P&D em biotecnologia

País	P&D em biotecnologia (milhões PPP\$) em firmas que fazem P&D em biotecnologia
Estados Unidos (2009)	22.030,0
França (2009)	2.769,3
Coréia do Sul (2010)	1.082,7
Canadá (2007)	944,5
Suíça (2008)	922,3
Espanha (2010)	794,1
Bélgica (2006)	574,0
Itália (2009)	572,4
Dinamarca (2009)	463,7
Holanda (2) (2010)	420,2
Suécia (2009)	411,3
Irlanda (2009)	301,6
Noruega (2010)	158,6
Austrália (2009)	119,3
Finlândia (2007)	115,6
Eslovênia (2010)	69,2
Rep. Tcheca (2010)	53,6
Portugal (2009)	36,9
Estônia (2010)	27,3
Rep. Eslováquia (2010)	10,9
Média	1.594
Mediana	416
Desvio padrão	4.851
Máximo	22.030
j1 (25%)	69
J3 (75%)	794
Dj	725

Fonte: dados trabalhados pelos autores a partir de OCDE (2012). Notas: 1. Os anos entre parênteses referem-se à data da informação para cada país; 2. Para a Holanda, dados provisórios e apenas de firmas com 10 ou mais empregados.

Todavia, quando consideradas apenas as empresas menores (até 50 trabalhadores), os países do Leste Europeu lideram em termos de proporção de gastos de P&D nas firmas que exercem estas funções em biotecnologias. Embora Estados Unidos, França, e Coréia do Sul liderem em montantes aplicados, este desempenho deve estar ancorado nas iniciativas de pesquisa e desenvolvimento conduzidas por grandes empresas, dotadas de um quadro de pessoal com mais de 50 trabalhadores.

**Tabela 2.** Porcentagem de gastos de P&D em biotecnologia realizado por pequenas firmas que fazem P&D em biotecnologia, firmas com menos de 50 trabalhadores

País	%	País	%
Estônia (2010)	80,0	Dinamarca (2009)	12,1
Rep. Tcheca (2010)	55,4	Estados Unidos (2009)	11,7
Rep. Eslováquia (2010)	55,2	Suíça (2) (2008)	9,0
Noruega (2010)	43,4	Holanda (3) (2010)	7,9
Espanha (2010)	41,1	Eslovênia (2010)	7,3
Portugal (2009)	40,6	Média	30,8
Polônia (2010)	39,9	Mediana	32,0
Finlândia (2007)	30,2	Desvio padrão	19,8
Itália (2009)	19,7	Máximo	80,0
Suécia (2009)	16,0	j1 (25%)	12,1
Coréia do Sul (2010)	15,0	j3 (75%)	41,5
França (2009)	13,9	Dj	29,4

Fonte: dados trabalhados pelos autores a partir de OCDE (2012). Notas: 1. Os anos entre parênteses referem-se à data da informação para cada país; 2. Para a Suíça, firmas com menos do que 100 empregados; 3. Para a Holanda, dados provisórios e apenas de firmas com 10 ou mais empregados.

Inexiste informação direta sobre o número de firmas de biotecnologia no Brasil, em função da própria dificuldade de conceituação da unidade. Porém, segundo dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec/IBGE, 2005), 819 empresas, menos de 1% do universo amostral de empresas, informaram realizar alguma atividade relacionada às biotecnologias.

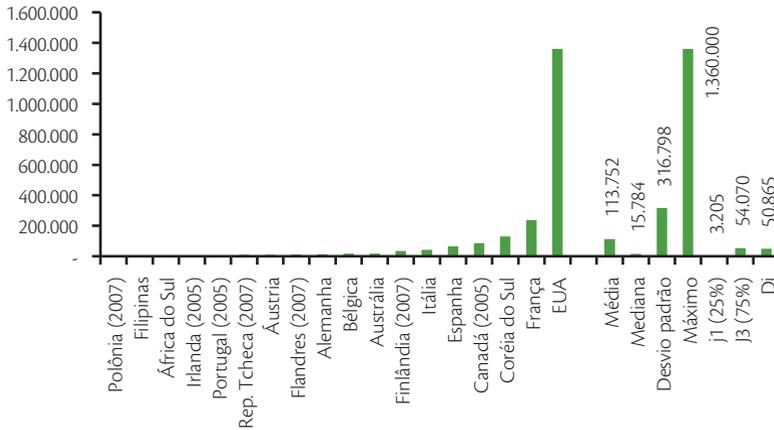
## 5.2. Mão de obra

No cenário internacional, ainda que alguns países entre os chamados Brics (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) tenham avançado em anos recentes, resta ainda uma defasagem entre as capacidades de P&D dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Segundo Lele (2003), o número de cientistas per capita nos países desenvolvidos é 10 vezes o número de cientistas per capita dos países em desenvolvimento.

Outro aspecto fundamental é que, com frequência, nos países desenvolvidos, observam-se inventores que são financiados por uma empresa industrial e que detêm uma posição acadêmica no sistema universitário, o que evidencia a importância das atividades científicas para a oferta de capital humano neste segmento (MEYER, 2000; LINSKEY, 2006).

Conforme se percebe no Gráfico 4, a seguir, o fator mão de obra nas firmas que fazem P&D em biotecnologia retrata o papel preponderante dos Estados Unidos. Nesse país, o número de

empregados em firmas que fazem P&D em biotecnologia é mais que 10 vezes superior à média do grupo de países mensurados na mesma variável.



**Gráfico 4.** Total de empregados em firmas que fazem P&D em biotecnologia

Fonte: dados trabalhados pelos autores a partir de Beuzekom e Arundel (2009).

Notas: 1. Os anos entre parênteses referem-se à data da informação para cada país. Caso ausente, o dado é de 2006. 2. Para aqueles países nos quais não havia dados de firmas que fazem P&D em biotecnologia, dados de firmas biotecnologia dedicadas foram empregados.

Além dos Estados Unidos, Coreia do Sul e França também merecem citação, com resultados superiores à média do grupamento. Canadá e Espanha pertencem igualmente ao último quartil dos dados, o que os inclui no grupo de países líderes neste critério.

Nesta, como em outras situações que envolvem as chamadas biotecnologias, os Estados Unidos exercem um peso desigual e afetam as estatísticas do segmento em termos mundiais. Para os dados do gráfico precedente, isto significa média superior à mediana, coeficiente de variação quase três vezes o valor da unidade e razão (Dj/máximo) de 0,037, traduzindo o diminuto tamanho do intervalo interquartil frente ao valor máximo da distribuição.

Para o caso brasileiro, três considerações mostram o potencial do país nessas pesquisas. Em primeiro plano, a estruturação do CNPq e, por tabela, da Plataforma Lattes, para o registro de competências nacionais em iniciativas de pesquisas (ALMEIDA, 2005). Paralelamente, o crescimento da parcela brasileira na produção científica mundial (MARQUES, 2009). E, não menos importante, o crescimento dos grupos de pesquisa com preocupação em biotecnologias (MENDONÇA e FREITAS, 2010).

Em contrapeso, evidenciam-se os resultados ainda tímidos de participação empresarial no segmento, o que se origina dos elevados riscos técnico, financeiro e econômico das investigações biotecnológicas e das condições institucionais ótimas (marcos regulatórios e condições macro e microeconômicas) requeridas para tais desenvolvimentos, ainda em construção no Brasil.

### 5.3. Patentes

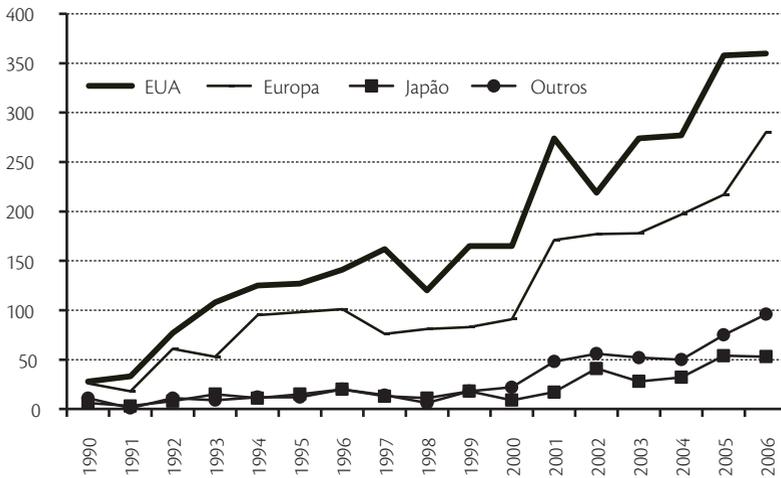
Os Estados Unidos também desempenham um papel de liderança no sistema patentário global em biotecnologias. Desde a passagem do Bayh-Dole Act, o patenteamento e o licenciamento do setor público têm crescido substantivamente naquele país, concentrando-se nas áreas médica e biológica que empregam métodos de bioengenharia (XIA, 2003).

O Bayh-Dole Act autorizou os executores de pesquisas financiadas por recursos federais a submeter patentes dos resultados de tais pesquisas e transferir licenças das mesmas, inclusive licenças exclusivas, para outras partes interessadas. Diversos estudos [MOWERY ET AL. (2001), MOWERY e SAMPAT (2005), SAMPAT (2006), e ALCÁCER, GITTELMAN e SAMPAT (2008) apud MOWERY ET AL. (2001)] ratificam a importância da citada lei, mas alertam para a relevância de condições regulatórias sistêmicas, anteriores e posteriores à mesma.

Ao mesmo tempo, o modelo europeu demonstra problemas quanto à utilização do sistema patentário local como ponte entre academia e setor privado nos mesmos moldes do modelo norte-americano. No entanto, ações práticas, como a participação no *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda* (OCDE, 2007) sinalizam para maior uso prático das biotecnologias no, ao menos em prioridades específicas como no segmento de fontes renováveis de energia.

Igualmente, é importante frisar que nem sempre as práticas de patenteamento são uniformes entre os países. A título de exemplo, confrontando-se os casos de EUA e UE tem-se que, no primeiro, a legislação está condensada em condições ou descrições comparativamente mais gerais, ao passo que, no caso europeu, as situações possíveis no patenteamento de biotecnologias são mais detalhadas e se espraiam muito mais nos respectivos documentos legais correspondentes. Meyer (2000) havia detectado este condicionante ao analisar o fluxo de relações entre citações acadêmicas e patentes depositadas nos principais órgãos internacionais.

Sob este aspecto, no Gráfico 5, a análise dos dados de número de alianças em biotecnologia para pesquisa ou transferência de tecnologia ao longo do período 1990-2006 mostra uma trajetória crescente para os dados dos Estados Unidos, exceção feita aos anos de 1998 e 2002. Além disso, a média de alianças naquele país foi de 177 por ano, 50% acima do resultado europeu, e substantivamente maior que o valor para o Japão (21 alianças/ano).



**Gráfico 5.** Alianças em biotecnologia para pesquisa ou transferência de tecnologia

Fonte: dados trabalhados pelos autores a partir de Beuzekom e Arundel (2009) [apud UNI-MERIT (2009)].

A Europa, de sua parte, mostra uma série crescente entre 1997 e 2006, e sua taxa de crescimento anual médio em alianças neste segmento foi de 26%, contra 22% dos Estados Unidos. Entretanto, é interessante observar que em nenhum momento dos anos da série o número de alianças na Europa superou o número de alianças nos Estados Unidos.

Na série como um todo, outros países (exclusão de Estados Unidos, Europa, e Japão) surgem como a terceira força, com uma média de 30 acordos de cooperação por ano, e um crescimento anual médio de 83% nesta variável, bastante acima do desempenho de crescimento anual médio japonês entre 1990 e 2006 (31%).

Nesse contexto, muitas jovens firmas biotecnológicas dos países desenvolvidos atuam como intermediárias em acordos tripartites, nos quais efetuam parcerias com instituições públicas (a montante da pesquisa) e acordos com empresas maiores já estabelecidas a jusante, nas etapas de comercialização (MEYER, 2000).

No exemplo dos EUA, o texto de Stuart e Sorenson (2003) retrata as condições de entorno encontradas nas várias regiões do país. Pelos resultados deste trabalho, a presença de mão de obra altamente qualificada e de firmas de Venture Capital (VC) são local-específicos e condicionam as taxas de nascimento e o desempenho das respectivas empresas biotecnológicas.

No Brasil, diversos estudos (FORTES e LAGE, 2006; DRUMMOND, 2009) identificaram o predomínio de depósitos patentários biotecnológicos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) C12N. Ademais, o caso brasileiro retrata diferentes estratégias de proteção intelectual dessas tecnologias, vez que a proteção patentária requerida para o mercado local junto ao Inpi é marcada por expressiva participação de universidades e instituições públicas, ao passo que os depósitos patentários feitos nos escritórios de patentes internacionais para a proteção nos maiores mercados exibem representativa participação dos capitais privados.

Tal fenômeno pode ter raiz em alguns elementos principais. O primeiro está na estratégia de patenteamento de atores multinacionais dos segmentos agroquímico e farmacêutico. O segundo diz respeito ao fato de que pesquisas desenvolvidas nas universidades, com potencial de patenteamento, muitas vezes se transformam em artigos acadêmicos por conta do próprio estímulo do sistema de financiamento das agências de fomento à pesquisa.

Há, também, possibilidade de conflitos de interpretação entre os componentes-chave do marco regulatório correspondente, como a Lei de Cultivares (Lei 9.456/1997), a MP 2.186-16 (acesso ao patrimônio genético local), e a Lei de Propriedade Industrial (9.279/1996). Igualmente, a falha ou limitação de um sistema local de transferência de tecnologia, haja vista que não basta patentear um produto/processo para que ele se torne um bem ou processo usufruído pela sociedade. E, por fim, mas similarmente importante, a segurança macroeconômica e jurídica que ainda estão sendo construídas sobre os investimentos de tão longo prazo.

Entre os países em desenvolvimento com iniciativas mais relevantes em biotecnologias, citam-se a China e a Índia; conquanto a questão da propriedade intelectual ainda seja embrionária nos dois países (PRAY, 2001). Para a maioria das nações em desenvolvimento, consoante Lele (2003), em que pese o fato de muitas multinacionais controlarem direitos de propriedade intelectual, a fragmentação dos direitos proprietários ainda é um sério problema.

Há também questões de informação assimétrica sobre patentes, altos custos de transação nas negociações, ambiente regulatório confuso e muito variável em direitos intelectuais entre as nações, sem citar custos expressivos de conversão da pesquisa em produtos comerciais (NOTTENBERG, PARDEY e WRIGHT, 2003; COHEN e PAALBERG, 2002; GRAFF e ZILBERMAN, 2001 apud LELE, 2003).

## 5.4. Financiamento

Em relação ao financiamento, no exterior, o uso de recursos financeiros para inversão em pesquisas está desenvolvido ao ponto de se observar que há um valor incremental das ações das respectivas empresas associado à aprovação de estágios de protocolos (testes clínicos e testes

em estufa ou condições de contenção, por exemplo) das pesquisas nos órgãos reguladores (MC NAMARA e BADEN-FULLER, 2007).

Segundo identificado no estudo de Stuart e Sorenson (2003), muitas vezes os custos de pesquisa e inovação levam as firmas de biotecnologia que trabalham com terapêutica para uso humano a depender criticamente da venda de quotas acionárias para levantar fundos de desenvolvimento tecnológico. Ainda assim, mesmo nos mercados desenvolvidos a indústria contribui parcialmente para a evolução da base científica por conta do caráter “quase bem público” da pesquisa científica (TASSEY, 2005).

Sob tal conjunção de forças, uma situação híbrida pode estar se configurando. Face às recentes dificuldades de financiamento público à pesquisa em países centrais, novas relações entre os setores público e privado têm se estabelecido na direção de partilhar custos, riscos e resultados das inovações. E estes custos não são desprezíveis, à proporção que cada nova droga no mercado pode custar em média US\$ 800 milhões em todo o seu processo de desenvolvimento até a comercialização (NIOSI e REID, 2007).

No Japão, as sucessivas reformas legais promovidas pelo governo constituem um processo de mudança institucional-regulatória contemplando-se, inclusive, o surgimento de instituições relativamente novas para o até então vigente modelo japonês de ciência e tecnologia (C&T), em especial as firmas de Venture Capital (VC) (LINSKEY, 2006).

No âmbito das iniciativas de VC, incluem-se:

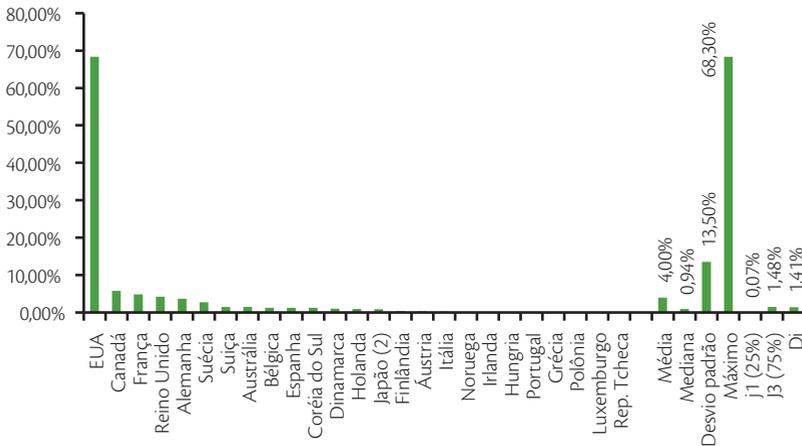
“... os investimentos no capital acionário de empresas iniciantes ou em fase de expansão, com perspectivas de alto crescimento e rentabilidade elevada, cujos proprietários aceitem compartilhar parte da propriedade da empresa.” (MORAIS, 2007, p.11)

Em relação aos investimentos de VC, apresentados no Gráfico 6, os Estados Unidos detêm 68,30% do montante de VC realizado em ciências da vida pelo conjunto de países amostrados, respondendo por mais que o dobro da parcela devida às demais nações (31,70%) que apresentaram dados para esta variável.

Apenas outros três países também exibiram percentuais de investimento acima da média do grupo nesta modalidade, a saber, Reino Unido, França, e Canadá. Suíça, Suécia e Alemanha completam o rol de nações que integram o último quartil da distribuição.

Novamente, a maciça participação dos EUA no conjunto dos países para a variável sob análise criou uma distribuição muito desigual, na qual o desvio-padrão é mais de três vezes o valor

médio, o intervalo interquartil é diminuto (1,41%) face ao valor máximo da distribuição (EUA), além de a média ser substantivamente superior à mediana.



**Gráfico 6.** Participação dos países no VC direcionado às ciências da vida, 2007

Fonte: dados trabalhados pelos autores a partir de Beuzekom e Arundel (2009). As bases originais são da Thomson Financial, PwC, EVCA, e National Venture Capital Associations, abril de 2009. Notas: 1. O VC está limitado a investimento em capital semente, a start-ups, e aos estágios iniciais de desenvolvimento e expansão de uma inovação ou produto. 2. Para o Japão os resultados são de 2006.

Se no mundo desenvolvido há tendências para o fortalecimento de pesquisas co-financiadas público-privadas, em nações como Brasil, China e Índia, os indícios sugerem que o investimento do setor público em biotecnologias é que está crescendo (LELE, 2003). No caso de China e Índia, existe a explícita preocupação de segurança alimentar e com o uso de biotecnologias agrícolas para mitigar problemas possíveis neste aspecto.

Por outro lado, ainda na questão dos investimentos atrelados a estas tecnologias, a Tabela 3 informa os gastos de P&D em biotecnologias no setor privado como uma percentagem do valor adicionado na indústria. Aqui, são dominantes as firmas que fazem P&D em biotecnologia, compondo-se o quartil superior de Dinamarca, Suíça, Bélgica, Estados Unidos, Irlanda e França. Ademais, nota-se também que os gastos médios de 0,12%, na forma de P&D em biotecnologia, são relativamente modestos frente ao valor agregado na indústria.

**Tabela 3.** Gastos de P&D em biotecnologias no setor privado como uma porcentagem do Valor Adicionado (VA) na indústria

País	%	Tipo de firma
Dinamarca (2009)	0,388%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Suíça (2008)	0,369%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Bélgica (2006)	0,258%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Estados Unidos (2009)	0,256%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Irlanda (2009)	0,244%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
França (2009)	0,220%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Suécia (2009)	0,194%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Eslovênia (2010)	0,185%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Estônia (2010)	0,145%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Coréia do Sul (2010)	0,114%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Canadá (2007)	0,109%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Finlândia (2007)	0,097%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Holanda (2) (2010)	0,095%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Áustria (2010)	0,093%	Firmas de biotecnologia dedicadas
Noruega (2010)	0,085%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Espanha (2010)	0,079%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Alemanha (2011)	0,062%	Firmas de biotecnologia dedicadas
Itália (2009)	0,049%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Japão (2010)	0,043%	Firmas de biotecnologia
Rep. Tcheca (2010)	0,029%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Portugal (2009)	0,024%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Austrália (2009)	0,020%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
Rep. Eslováquia (2010)	0,011%	Firmas que fazem P&D em biotecnologia
África do Sul (2006)	0,006%	Firmas de biotecnologia dedicadas
Fed. Russa (3) (2010)	0,005%	Firmas de P&D biotecnologia dedicadas
Polônia (2010)	0,004%	Firmas de biotecnologia
Média		0,12%
Mediana		0,09%
Desvio padrão		0,11%
Máximo		0,39%
j1 (25%)		0,03%
j3 (75%)		0,17%
Dj		0,14%

Fonte: dados trabalhados pelos autores a partir de OCDE (2012). Notas: 1. Os anos entre parênteses referem-se à data da informação para cada país; 2. Para a Holanda, dados provisórios e apenas de firmas com 10 ou mais empregados; 3. Para a Federação Russa um indicador aproximado é usado, isto é, gastos de P&D por áreas prioritárias de sistemas vivos (bioengenharia, biocatálise, tecnologias de biossíntese e biossensoriamento, tecnologias veterinárias e biomédicas, genômica e fármaco-genética, tecnologias de células vivas).

O exemplo brasileiro compreende reduzida tradição em instrumentos financeiros privados de suporte a protocolos de pesquisa de longa maturação e riscos elevados. Assim ferramentas de financiamento oriundas dos mercados acionários ou ancoradas em VC são tímidas ou localizadas.

Em contrapartida, têm sido estruturados mecanismos longevos de financiamento como no caso dos Fundos Setoriais radicados no sistema Finep-MCT. Destarte, foram estruturados 189 projetos de pesquisa no contexto do Fundo Setorial de Biotecnologia entre 2002 e 2008, além de projetos biotecnológicos desenvolvidos no âmbito dos demais Fundos Setoriais, identificando-se palavras-chave das biotecnologias no título de tais investigações de pesquisa.

O próprio Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) estruturou fundos específicos, com recursos inversíveis a empreendedores, inclusive nos segmentos da biotecnologia, o Funtec e o Criatec. No entanto, tais iniciativas são bastante recentes (2006 e 2007, respectivamente), e há ainda poucos dados para uma avaliação dos respectivos investimentos direcionados às inovações biotecnológicas.

Da mesma forma, não podem deixar de ser citados casos individuais de inversão de recursos como as iniciativas da Fundação Biominas de MG, os investimentos do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) em bioálcool, e mesmo de empresas como a Allelyx na área de eventos em bioquímica, cerveja, álcool, vinho, vinagre, microbiologia, enzimologia, engenharia genética ou de mutação, meios de cultura e meios de ensaio microbiológico.

Também não podem ser esquecidas as pesquisas biotecnológicas patrocinadas pela Petrobras em diversas parcerias com o sistema universitário local, ou mesmo no âmbito de projetos específicos das Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs), que embora sejam pontuados geograficamente e bastante heterogêneos entre si, tendem a desenvolver expertises específicas que podem se mostrar úteis em um cenário de longo prazo da pesquisa biotecnológica no país.

## 6. Considerações finais

Trabalhos anteriores (GREIS, DIBNER e BEAN, 1995; LELE, 2003; BEUZEKOM e ARUNDEL, 2009) sugeriram a prevalência dos Estados Unidos e da União Europeia nessas tecnologias, além da referência explícita de Lehrer e Asakawa (2004) aos esforços japoneses e alemães para o aproveitamento econômico de tais tecnologias.

De acordo com os resultados do trabalho, os EUA exercem uma posição de prevalência quanto às principais variáveis que se relacionam à biotecnologia moderna. Em seu Sistema Nacional de Inovação (SNI) as conexões entre universidades, agências governamentais e empresas privadas

são regidas por regras formais e informais já bem estabelecidas. Isto propicia um moto efetivo em termos de resultados, e com intensa cooperação negociada entre os agentes.

Na UE, o desenvolvimento e emprego comercial das biotecnologias são mais lentos, conquanto observem-se indícios na direção de maior utilização das biotecnologias em setores que a UE vê maior necessidade e menor risco. Em relação à UE, vários estudos sugerem que o segmento de biotecnologia está mais próximo da área de P&D do que da comercialização de produtos finais, possivelmente por conta de ambiguidades regulatórias do setor naquela região

Além dos Estados Unidos, identificaram-se países que devem ser considerados em análises acerca das biotecnologias e de suas aplicações no mundo. Quando a questão é o número de firmas envolvidas em tais tecnologias, citam-se a Coreia do Sul, a França, a Alemanha, e a Espanha. Também devem ser referidos num grupo complementar Canadá e Austrália.

Atenção especial deve ser dedicada aos pequenos países europeus, inclusive os do Leste Europeu, que se mostraram relativamente ativos quanto à realização de P&D em biotecnologias (Irlanda, Bélgica, Suíça, Dinamarca, Estônia, República Tcheca, República da Eslováquia, Noruega e Eslovênia). É possível aventar a existência de especialização de alguns países destes com maior proporção de firmas pequenas (até 50 trabalhadores) em determinadas rotas biotecnológicas, sobretudo se levar-se em conta que grandes conglomerados dos setores agroquímico e de saúde sediam-se, prioritariamente, nos Estados Unidos, França e Suíça.

Na trajetória brasileira, a expressão stop and go consagrou-se como referência aos períodos sucessivos nos quais o país vivia acelerado crescimento econômico, seguido por uma fase de estagnação e baixas taxas de expansão do produto, geralmente acompanhadas por dificuldades no setor externo e instabilidades cambial e de preços (GREMAUD, SAES e TONETO JR., 1997; FURTADO, 2007). Guardadas as devidas proporções, em muitos momentos a orientação das políticas públicas afetas às biotecnologias no Brasil viveu um dilema de caráter stop and go.

Para a realidade brasileira, a articulação de fato produtiva entre as agências governamentais, as empresas privadas e as instituições de pesquisa é ainda um processo em construção dentro do SNI local, e está um passo atrás do estágio efetivado nos países elencados. Mesmo após 18 anos de estabilização inflacionária, o país tem urgências outras nas áreas macroeconômica, social (educação e saúde), e de infraestrutura (logística, transporte, habitação, e saneamento básico), aspectos nos quais aqueles países já solucionaram seus problemas maiores.

No contexto das condições macroeconômicas históricas em que se deu o desenvolvimento do setor produtivo nacional, os sucessivos momentos de instabilidade de preços e de crescimento e de desequilíbrio externo foram limitantes severos para inversões produtivas privadas em

pesquisas cujos protocolos regulatórios são de longo prazo. Este é um impeditivo para os desenvolvimentos biotecnológicos à proporção que os relatos da literatura sinalizam para um lapso temporal de 10 anos ou mais até a obtenção do processo ou produto final.

Em biotecnologia, o Brasil tem suas atividades concentradas nas universidades e instituições públicas. A geração de patentes biotecnológicas no Brasil mostra em parte esta característica. Ademais, muitas corporações internacionais, que inovam em setores como farmacêuticos e agroquímicos, têm suas estratégias de desenvolvimento e proteção intelectual de novos produtos calcadas em seus países de origem. Assim, as utilizações de vanguarda das biotecnologias tendem a ocorrer no exterior, mesmo sob condições melhoradas para a realização de P&D biotecnológico no Brasil.

No entanto, apesar dos argumentos até aqui postos, há desenvolvimentos importantes da biotecnologia no Brasil, que podem significar apostas interessantes para o país em usufruto das oportunidades implícitas em tais tecnologias. Neste contexto, citam-se os progressos em curso na Fundação Instituto Osvaldo Cruz (Fiocruz) e no Instituto Butantã no tratamento de doenças negligenciadas pelas grandes corporações farmacêuticas e que ainda fazem parte do cotidiano brasileiro. Somente este já seria um resultado de monta para o país na corrida biotecnológica.

Dois elementos outros se mostram promissores em relação ao caso brasileiro, carecendo de posterior investigação. Com primeiro ponto, a diversidade biológica do Brasil. O país apresenta no mínimo seis biomas terrestres: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa (IBGE, 2004), além de potencial econômico não mensurado em seus recursos hídricos.

Em paralelo, é crescente a participação do Brasil no conhecimento produzido nas áreas de ciências biológicas, ciências agrárias e ciências da saúde, e começam a ganhar solidez mecanismos de longevidade nas frentes de financiamento e mão de obra em biotecnologias. Em ambos os casos, a consolidação dos fundamentos macroeconômicos gerais pode funcionar como fator paralelo de atração de recursos, inclusive capitais de risco.

Por fim, informações adicionais sobre a formação de redes de pesquisa e parcerias de cooperação entre instituições dos países desenvolvidos também podem oferecer pistas para uma melhor condução das políticas públicas brasileiras voltadas à administração de patentes ou à formação e fortalecimento de parques biotecnológicos no Brasil.

## Referências

- ALCÁCER, J.; GITTELMAN, M.; SAMPAT, B. applicant and examiner citations in US Patents: an overview and analysis. **Working Paper** 09-016, Harvard Business School. 43p. 2008.
- ALMEIDA, P.R. Da extração de pau-brasil ao seqüenciamento do genoma: a lenta emergência de uma história das ciências e da tecnologia no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, n.21, p.301-313, dez. 2005.
- ARUNDEL, A.V.; BEUZEKOM, B.V.; GILLESPIE, I. Defining biotechnology – carefully. **Trends in Biotechnology**, v.25, p.331-332, Aug. 2007.
- ASSAD, A.; AUCÉLIO, J. Biotecnologia no Brasil: recentes esforços. In: SILVEIRA, J. M. F. J.; DAL POZ, M. E.; ASSAD, A. (Orgs). **Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil**. Campinas: Unicamp, 2004. 412p.
- BEUZEKOM, B. V.; ARUNDEL, A. **OCDE Biotechnology Statistics 2009**. OCDE, 2009.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Indicadores. produção científica**. Brasília: MCT, 2010. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/>>. Acesso em: 27 ago. 2010.
- COHEN, J.; PALLBERG, R. Explaining restricted approval and availability of GM crops in developing countries. **AgBiotech Net**, v.4, p.1-6, oct. 2002.
- CUNHA, E.B. **Organismos geneticamente modificados (OGMs): obstáculos à obtenção e uso no Brasil**. 2007. 327p. Dissertação (Mestrado) – Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/ Universidade de Brasília, 2007.
- DAL POZ, M. E.; FONSECA, M. G. D.; SILVEIRA, J. M. F. J. In: SILVEIRA, J. M. F. J.; DAL POZ, M. E.; ASSAD, A. (Orgs). **Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil**. Campinas: Unicamp, 2004. 412p.
- DANZON, P., NICHOLSON, S., PEREIRA, N., 2005. Productivity in pharmaceutical-biotechnology R&D: the role of experience and alliances. **Journal of Health Economics**, v.24, p.317–339, mar. 2005.
- DRUMMOND, I. **Avaliação da atividade de patenteamento em biotecnologia no Brasil no período de 1996 a 2007**. 2009. 73p. Dissertação (Mestrado) – Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas/ Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Seminário Propriedade Intelectual e Inovação para o Desenvolvimento do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br/snt/html/propriedadeintelectual/eventos.htm>>. Acesso em: 29 mai. 2007.
- FARNLEY, S.; MOREY-NASE, P.; STERNFELD, D. Biotechnology - a challenge to the patent system. **Current Opinion in Biotechnology**, v.15, p.254-257, jun. 2004.

- FORTES, M. H. P.; LAGE, C. L. S. Depósitos nacionais de patentes em biotecnologia, subclasse C12N, no Brasil de 1998 a 2000. **Biotemas**, v.19, p.7-12, mar. de 2006.
- FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007. 351p.
- GRAAF, G.; ZILBERMAN, D. An intellectual property clearinghouse for agricultural biotechnology. **Nature Biotechnology**, v.19, p.1179-80, dec. 2001.
- GREIS, N. P.; DIBNER, M. D.; BEAN, A. S. External partnering as a response to innovation barriers and global competition in biotechnology. **Research Policy**, v.24, p.609-630, 1995.
- GREMAUD, A. P.; SAES, F. A. M.; TOLEDO JR., R. **Formação Econômica do Brasil**. São Paulo: Atlas, 1997. 247p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de biomas e de vegetação**. Rio de Janeiro: IBGE, 21 de maio de 2004. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=169](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169)> Acesso em: 17 jan. 2010.
- \_\_\_\_\_. Pesquisa de Inovação Tecnológica 2005 – **Anexo 2. Questionário da Pesquisa de Inovação Tecnológica 2005**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. 12p.
- INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **IPC Reformado OMPI – Seção C**. Disponível em: <[http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/patente/pasta\\_classificacao](http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/patente/pasta_classificacao)>. Acesso em: 21 de jan. 2010.
- JAFFE, A.B. The U.S. patent system in transition: policy innovation and the innovation process. **Research Policy**, v.29, p.531–557, apr. 2000.
- KINGSTON, W. Innovation needs patents reform. **Research Policy**, v. 30, n.3, p.403-423, mar. 2001.
- LEHRER, M.; ASAKAWA, K. Rethinking the public sector: idiosyncrasies of biotechnology commercialization as motors of national R&D reform in Germany and Japan. **Research Policy**, v.33, p.921-938, 2004.
- LELE, U. Biotechnology: opportunities and challenges for developing countries. **American Journal of Agricultural Economics**, v.85, p.1119-1125, nov. 2003.
- LINSKEY, M.J. Transformative technology and institutional transformation: Coevolution of biotechnology venture firms and the institutional framework in Japan. **Research Policy**, v.35, p.1389-1422, nov. 2006.
- MANGEMATIN, V.; LEMARIÉ, S.; BOISSIN, J. P.; CATHERINE, D.; COROLLEUR, F.; CORONINI, R.; TROMMETTER, M. Development of SMEs and heterogeneity of trajectories: the case of biotechnology in France. **Research Policy**, v.32, p.621-638, apr. 2003.
- MARQUES, F. Colaboração. Modelo em expansão. FAPs montam redes para pesquisar a dengue, desenvolver biocossméticos e aumentar a segurança nas transfusões de sangue. **Pesquisa Fapesp – Ciência e tecnologia no Brasil**, n.159, p.35, mai. 2009.

- MC NAMARA, P.; BADEN-FULLER, C. Shareholder returns and the exploration-exploitation dilemma: R&D announcements by biotechnology firms. **Research Policy**, v.36, p.548-565, may 2007.
- MENDONÇA, M. A. A.; FREITAS, R. E. Análise dos grupos de pesquisa em biotecnologias no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, v.57, p.5-18, 2010.
- MEYER, M. Does science push technology? Patents citing scientific literature. **Research Policy**, v.29, p.409-434, mar. 2000.
- MILLER, H. I. Biotech's defining moments. **Trends in Biotechnology**, v.25, p. 56-59, feb. 2007.
- MOORE, A. Biofuels are dead: long live biofuels(?) - part two. **New Biotechnology**, v.25, i.2-3, p.96-99, oct.-dec. 2008.
- MORAIS, J. M. Políticas de apoio financeiro à inovação tecnológica: avaliação dos programas MCT/Finep para empresas de pequeno porte. **Texto para Discussão do IPEA**, v.1296, p.1-81, 2007.
- MOSES, V. Biotechnology and science policy. **Current Opinion in Biotechnology**, v.15, p.237-240, jun. 2004.
- MOWERY, D. C.; NELSON, R. R.; SAMPAT, B. N.; ZIEDONIS, A. A. The growth of patenting and licensing by U.S. universities: an assessment of the effects of the Bayh-Dole act of 1980. **Research Policy**, v.30, p.99-119, 2001.
- MOWERY, D.C.; SAMPAT, B. The Bayh-Dole Act of 1980 and university-industry technology transfer: a model for other oecd governments? **Journal of Technology Transfer**, v.30, 1/2, p.115-127, 2005.
- NIOSI, J. ; REID, S. E. Biotechnology and nanotechnology: science-base enabling technologies as windows of opportunity for LDCs? **World Development**, v.35, p.426-438, mar. 2007.
- NOTTENBERG, C.; PARDEY, P.; WRIGHT, D. Accessing other people's technology for non-profit research. In: P. PARDEY & B. KOO (eds.). **Biotechnology and genetic resource policies**. Washington DC: International Foode Policy Research Institute, Brief4, 2003, p.1-4.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC AND COOPERATION DEVELOPMENT (OCDE). **The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda**. Paris: OEDC Headquarters, 2007. 322p.
- \_\_\_\_\_. **Key biotechnology indicators (last updated june 2012)**. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sti/innovationinsciencetechnologyandindustry/keybiotechnologyindicators.htm>>. Acesso: 31 ago. 2012.
- PRAY, C. E. Public-private sector linkages in research and development: biotechnology and the seed industry in Brazil, China and India. **American Journal of Agricultural Economics**, v.83, p.742-747, aug. 2001.
- SAMPAT, J. Patenting and US academic research in the 20th century: the world before and after Bayh-Dole. **Research Policy**, v.35, p.772-789, jul. 2006.

- STUART, T. E. OZDEMIR, S. Z., DING, W. W. Vertical alliance networks: The case of university-biotechnology-pharmaceutical alliance chains. **Research Policy**, v.36, p.477-498, may. 2007.
- STUART, T.; SORENSON, O. The geography of opportunity: spatial heterogeneity in founding rates and the performance of biotechnology firms. **Research Policy**, v.32, p.229-253, feb. 2003.
- SZARKA, E. Patenting in biotechnology: a review of the 20th Symposium of ECB. **Journal of Biotechnology**, v.67, p.1-11, jan. 1999.
- TASSEY, G. The disaggregated technology production function: A new model of university and corporate research. **Research Policy**, v.34, p.287-303, apr. 2005.
- UNU-MERIT. **CATI database**. Maastricht: The Netherlands, April 2009.
- TRAORE, N.; ROSE, A. Determinants of biotechnology utilization by the Canadian industry. **Research Policy**, v.32, p.1719-1735, 2003.
- XIA, Y. Financing agricultural research in the new biotechnology era. **American Journal of Agricultural Economics**, v.85, p.1259-1265, nov. 2003.
- XIA, Y.; BUCCOLA, S. University life science programs and agricultural biotechnology. **American Journal of Agricultural Economics**, v.87, p.229-243, feb. 2005.