

Relatórios Coppead é uma publicação do Instituto COPPEAD de Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Comissão de Pesquisa

Angela Rocha
Rebecca Arkader
Ricardo Leal

Gerência de Publicações

Regina Helena Meira de Castro

Editoração Eletrônica

Regina Helena Meira de Castro

Revisão e Copidesque

Maria Emília Barcellos da Silva

Referenciação e Ficha Catalográfica

Ana Rita Mendonça de Moura

Santos, Renato Ferreira Marques dos.

Sistema brasileiro de inovação em biotecnologia: um estudo preliminar / Renato Ferreira Marques dos Santos; César Gonçalves Neto. – Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, 2003.

44 p. ; 27 cm. – (Relatórios COPPEAD; 360)

ISBN 85-7508-043-1

ISSN 1518-3335

1. Inovações tecnológicas. I. Gonçalves Neto, César. II. Título. III. Série.

CDD - 658.406

Pedidos para Biblioteca

Caixa Postal 68514 – Ilha do Fundão
21941-970 – Rio de Janeiro – RJ
Telefone: 21-2598-9837
Telefax: 21-2598-9835
e-mail: biblioteca@coppead.ufrj.br
Home-page: <http://www.coppead.ufrj.br>

SISTEMA BRASILEIRO DE INOVAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA: UM ESTUDO PRELIMINAR

Renato Ferreira Marques dos Santos
Cesar Gonçalves Neto

A moderna biotecnologia vem sendo apontada como a nova onda econômica, após a onda da Internet. Em todo o mundo, os países têm trabalhado no sentido de estabelecer um sistema nacional de inovação em biotecnologia que permita otimizar recursos e gerar o maior número possível de produtos e processos derivados de uma biotecnologia nacional. Bartholomew (1997) sugere um modelo para a análise dos sistemas de inovação em biotecnologia em diferentes países, a partir de fatores comuns a qualquer nação. Baseado nesse modelo, propõe-se uma análise preliminar do sistema de inovação brasileiro para biotecnologia, procurando pontos fortes e fracos do sistema. Através de entrevistas e questionários, estabelece-se um panorama geral da situação do País, de acordo com a percepção de diversos atores envolvidos no sistema – alunos de pós-graduação, professores, agentes de fomento e regulamentação, empresários e formadores de política. Como resultado, pode-se observar que o Brasil ainda tem um caminho longo a trilhar na organização de seu sistema de inovação. A regulamentação do setor, o financiamento a empresas start up e o aspecto cultural de aversão aos negócios dos pesquisadores brasileiros aparecem como os principais obstáculos ao estabelecimento do País como uma ator significativo no cenário mundial, nesse setor; como pontos fortes, a tradição científica e o financiamento para a pesquisa de base. Ao final deste artigo, apresenta-se o esboço de uma agenda de pesquisas direcionadas à melhoria do entendimento e desenvolvimento da Biotecnologia no Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A moderna Biotecnologia é uma das áreas do conhecimento que tem recebido maior destaque nos dias atuais; as possibilidades econômicas que ela vislumbra, as questões éticas envolvidas na manipulação de organismos vivos, a maleficência – ou não – dos alimentos transgênicos e as doenças antes sem cura que, agora, aparecem com

possibilidades de tratamento, são matérias de capa de revistas e jornais por todo o mundo.

No entanto, a Biotecnologia, ao contrário de outros setores econômicos, não é uma atividade *per se*. Trata-se de um conjunto de técnicas, conhecimentos e tecnologias habilitadoras, que será utilizado produtivamente em outros setores.

Esses conhecimentos e técnicas são desenvolvidos, via de regra, na academia e nas instituições de pesquisa, enquanto a sua utilização se dá na indústria. Com isso, a difusão das novas tecnologias torna-se o fator-chave do sucesso de um país neste campo.

Esse fato faz com que um Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia bem planejado, com todos os seus atores e respectivas funções bem definidos e, principalmente, competências, gargalos e metas bem estabelecidos, seja fundamental para o sucesso de qualquer país nessa área.

Este trabalho objetiva tecer uma análise do estado atual do desenvolvimento da biotecnologia no Brasil, a partir de um modelo de análise de Sistemas Nacionais de Inovação em Biotecnologia desenvolvido por Bartholomew em 1997.

Através de entrevistas com pessoas ligadas à área, questionários aplicados ao mesmo público alvo e pesquisa bibliográfica, procedeu-se a um levantamento dos pontos fortes e das fraquezas do País nesta área.

Os principais pontos levantados neste estudo – como empecilhos ao pleno desenvolvimento da Biotecnologia nacional – são então debatidos mais profundamente, e algumas sugestões são dadas na conclusão para os formadores de política nacional, a fim de colaborar com a criação de um plano de desenvolvimento da Biotecnologia no País.

2. SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO

O conceito de Sistemas Nacionais da Inovação (SNI) está baseado na premissa de que compreender os enlaces entre os atores envolvidos na inovação é a chave para melhorar o desempenho e a utilização da tecnologia. A inovação e o progresso técnicos são o resultado de um jogo complexo dos relacionamentos entre os atores produzindo, distribuindo e aplicando vários tipos do conhecimento. O desempenho inovador de um país depende, em grande parte, de como esses atores se relacionam como elementos de um sistema coletivo da criação e do uso do conhecimento, bem como as tecnologias que empregam. Esses atores são primeiramente empresas privadas, universidades e institutos de pesquisa públicos e as pessoas que neles operam. Os enlaces podem ser articulados através da pesquisa comum, das trocas do pessoal, de co-patenteamento, de compra de equipamento e de uma variedade de outras possibilidades. Por outro lado, não há nenhuma definição consensual acerca de um sistema nacional de inovação (OECD, 1996a; OECD, 1997a) várias definições já foram propostas, como por exemplo:

- a rede das instituições públicas e nos setores privados cujas atividades e as interações iniciam, importam, modificam e difundem tecnologias novas. (Freeman, 1987)
- os elementos e os relacionamentos que interagem na produção, a difusão e o uso de novo e economicamente útil conhecimento... e são encontrados dentro ou enraizados dentro das fronteiras de um estado da nação. (Lundvall, 1992)
- um jogo das instituições cujas interações determinam o desempenho inovativo... de firmas nacionais. (Nelson, 1993)
- as instituições nacionais, as suas estruturas do incentivo e as suas competências, que determinam a taxa e o sentido da aprendizagem tecnológica (ou o volume e a composição das mudanças que geram atividades) em um país. (Patel e Pavitt, 1994)
- esse jogo de instituições distintas que contribui conjunta e individualmente para o desenvolvimento e a difusão de tecnologias novas e que fornece a estrutura dentro da qual os governos dão forma e executam a políticas para influenciar o processo da inovação. (Metcalfe, 1995).

O conceito de sistema nacional de inovação reflete também a ascensão de aproximações sistêmicas ao estudo do desenvolvimento da tecnologia, ao contrário do "modelo linear" da inovação. No modelo linear, os fluxos do conhecimento são modelados de forma simples: o iniciador da inovação é a ciência e um aumento da produção científica aumentará diretamente o número de inovações e de tecnologias. Na realidade, entretanto, as idéias para a inovação podem vir de muitas fontes e de todo o estágio da pesquisa, do desenvolvimento, do *marketing* e da difusão.

Dessa forma, muitos analistas passaram a criar metodologias de análise de SNIs, procurando por padrões de comportamento nacional que possam ser adaptados para outras nações, a fim de alavancar o SNI local.

Há muitas formas diferentes de se analisarem os sistemas de inovação. Em nível de empresa, examina-se o sistema de inovação (na empresa) quanto às fontes do conhecimento mais relevantes à inovação. A análise de *clusters* produtivos de determinado setor industrial ou região geográfica foca nas interações entre tipos particulares de firmas e de setores, que podem ser agrupados de acordo com as suas características tecnológicas e *networking*. Os padrões de fluxos do conhecimento podem diferir substancialmente de *cluster* para *cluster* e também dentro dos países especializados em torno dos conjuntos industriais diferentes (por exemplo, microeletrônica, produtos químicos). Os sistemas de inovação podem também ser analisados em diferentes níveis: sub-regional, nacional, transnacional (por blocos econômicos, como por exemplo o Mercosul) e internacional. Enquanto o nível nacional pode ser o mais relevante – devido ao papel de interações específicas para cada país, em criar um clima para a inovação –, a tecnologia internacional flui, e as colaborações passam a ter uma crescente importância no sistema (OECD, 1996b; OECD, 1997b).

Os estudos empíricos de SNIs encontram diferenças persistentes no desempenho dos diferentes países, a longo prazo. Mesmo entre os países que mostram uma grande convergência no desempenho macroeconômico, como o dos países do OECD, seus perfis tecnológicos e as potencialidades da inovação divergem consideravelmente. O trajeto que cada país percorre é determinado, em grande parte, pelos fatores institucionais, freqüentemente específicos a tal país, incluindo-se aí a ampla escala de interações que caracterizam o seu sistema nacional de inovação (OECD, 1997b).

Neste trabalho, o objetivo será analisar um tipo particular de SNI, focando na Biotecnologia. A Biotecnologia apresenta características singulares, como se verá a seguir, que fazem com que uma análise de seu sistema de inovação precise ser feita diferentemente da maneira tradicional. As suas possibilidades econômicas são muito amplas, e a maioria dos países do primeiro mundo, senão todos, já determinam um sistema de inovação específico para a Biotecnologia. (Os sistemas determinados pelos países europeus, por exemplo, podem ser acessados em <http://www.sussex.ac.uk/spru/biotechnology/ebis/>).

Para realizar essa análise de um sistema nacional de inovação em Biotecnologia, precisa-se, primeiro, entender o que é a Biotecnologia e o seu estado atual de desenvolvimento. A partir daí, pode-se estabelecer uma melhor forma de se avaliar um SNI em Biotecnologia.

3. BIOTECNOLOGIA

A Biotecnologia é uma das áreas do conhecimento mais antigas da humanidade. Ao contrário do que o senso comum sugere, as técnicas de manipulação de seres vivos existem há dezenas de séculos. O pão, a cerveja e o vinho, talvez os mais antigos produtos manufaturados de que se tem notícia, nada mais são do que produtos oriundos da fermentação de microorganismos em substrato favorável, no caso o trigo e a uva. As melhorias nessas técnicas de produção se deram ao longo dos anos, e ainda hoje registram-se inúmeras inovações em seus processos fabris, desde as receitas até as cepas de microorganismos utilizados.

No entanto, é a moderna Biotecnologia, aquela capaz de manipular o organismo em seu próprio código genético, de modificar tecidos e células *in vivo*, que desperta a atenção da mídia, de economistas, formadores de políticas, pesquisadores e estudiosos. Essa nova forma de se trabalhar com a Biotecnologia se desenvolve durante o decorrer do século XX, apresenta crescimento explosivo ao final do mesmo e promete ser o novo *boom* econômico. É essa moderna Biotecnologia o objeto de estudo deste trabalho.

3.1 Definição

Atribui-se a Karl Ereky, um engenheiro húngaro, a criação, em 1919, do termo "Biotecnologia". À época, o termo se referia à ciência e aos métodos que, com a ajuda de organismos vivos, permitiam o processamento de materiais "brutos", resultando, desse processamento, novos produtos para diferentes usos.

Com importantes avanços nos conhecimentos científicos e tecnológicos, ocorridos principalmente a partir dos anos 50, e do conseqüente desdobramento no desenvolvimento de modernas técnicas, foram ampliadas as possibilidades para o uso da Biotecnologia.

Assim, pode-se entender como Biotecnologia, em seu sentido mais amplo, a aplicação de conhecimentos científicos e de engenharia no uso de processos, produtos ou partes de sistemas biológicos.

No entanto, a busca por uma definição amplamente aceita para o termo Biotecnologia pode-se mostrar uma tarefa bastante difícil. Existe uma variedade de definições, e é importante notar-se que alguns autores incluem algumas atividades e processos biológicos, enquanto outros as omitem.

A maior parte das definições abrange toda a Biotecnologia e, no escopo deste trabalho, visa-se apenas à moderna Biotecnologia, motivo pelo qual a definição dessa ciência a ser utilizada neste trabalho é a da Universidade de Mahidol, ou seja:

A Biotecnologia significa a aplicação das tecnologias, tais como técnicas de DNA recombinante, bioquímica, biologia molecular e celular, genética e engenharia genética, técnicas biológicas de fusão celular e novos bioprocessos, usando organismos vivos, ou partes de organismos, para produzir ou modificar produtos, melhorar plantas ou animais, desenvolver microorganismos para uso específico, identificar alvos para o desenvolvimento de pequenas moléculas farmacêuticas, transformar sistemas biológicos em processos úteis e em produtos ou desenvolver microorganismos para usos específicos.

3.2 Panorama Atual

Atualmente, a Biotecnologia está consolidada como realidade no mercado mundial. Diversas frentes foram abertas no final do século passado, e pode-se visualizar facilmente várias áreas em que a sua atuação tem sido marcante, conseguindo resultados indiscutíveis e gerando enormes discussões éticas, religiosas, econômicas e sociais sobre o assunto. O grande obstáculo ao seu desenvolvimento nos dias atuais parece ser não mais uma barreira técnica, mas a aceitação da população mundial de uma forma geral dos produtos derivados da Biotecnologia.

Pode-se fazer uma longa lista de áreas de atuação da Biotecnologia hoje, e certamente ela não será exaustiva. Sob o ponto de vista de potencial econômico, as áreas de maior impacto nos dias atuais e no futuro próximo, segundo diversos autores, são a proteômica (identificação das estruturas espaciais das proteínas), os produtos farmacêuticos, a bioengenharia, os biomateriais e os alimentos geneticamente modificados.

4. O MODELO DE BARTHOLOMEW PARA ANÁLISE DOS SNI DE BIOTECNOLOGIA

A idéia de um sistema nacional de inovação diferenciado para Biotecnologia já foi debatida anteriormente por diversos autores (eg. Balazs e Twardowski, 2000; Senker *et al*, 1999; Chen e McDermott, 1998). O fato de a Biotecnologia ser um meio, e não um produto, lhe confere características especiais, através das quais deve ser analisada (Bartholomew, 1997).

Essa diferença é fundamental para o entendimento de um sistema nacional de inovação. Os setores tradicionais da indústria lidam com produtos palpáveis que, na maioria das vezes, são desenvolvidos para suprir uma demanda existente ou aperfeiçoar/modernizar produtos existentes. Já a Biotecnologia desenvolve formas de se atingir os novos produtos e não os produtos em si. O exemplo da utilização do hormônio de crescimento humano pela indústria farmacêutica ilustra bem a questão. Diversas drogas foram encontradas por tecnologias tradicionais de análise química visando promover o desenvolvimento muscular de crianças e jovens com problemas de

crescimento. Com a possibilidade de expressar um gene humano em microorganismos, a indústria passou a poder produzir o próprio hormônio, e não substâncias similares, o que gerou um resultado muito mais satisfatório nos pacientes.

Além do desenvolvimento da Biotecnologia *per se*, deve-se também pensar nos usos da mesma geralmente nas indústrias farmacêutica, alimentícia e agrícola. Com isso, o sistema se torna muito mais complexo, e a difusão de tecnologias novas passa a ser crítica no sucesso dos sistemas nacionais (Senker *et al*, 1999). Uma análise dos sistemas de inovação nos estados europeus demonstra grandes diferenças na forma em que cada um deles aborda a geração, difusão e utilização de técnicas de biologia molecular no sistema produtivo local (Senker *et al*, 1999). Um outro estudo (Bartholomew, 1997) propõe um modelo de análise dos sistemas nacionais que possibilita encontrar pontos de alavancagem e gargalos em cada país, pela análise de onze fatores conjunturais nacionais, de causas históricas, sociais, econômicas e políticas singulares a cada nação, que vão propiciar uma maior ou menor facilidade de desenvolvimento da Biotecnologia nos mesmos.

Esse modelo foi escolhido para nosso estudo tendo em vista não só ter sido bem recebido na comunidade acadêmica (como pode ser demonstrado pelo prêmio recebido por uma versão anterior do artigo final, o *Haynes Prize* de 1996, da *AIB Foundation and the Eldridge Haynes Memorial Trust*), mas também por ser um modelo bastante completo, prevendo o papel de todos os participantes de um SNI. Por outro lado, ele se mostrou o único modelo desenhado especialmente para análise de um SNI em biotecnologia, levando em consideração as peculiaridades do setor.

O modelo é baseado em 11 quesitos, cada um dos quais de importância para o panorama nacional, podendo criar dependências externas, falta de condições de desenvolvimento ou, por outro lado, potencializar investimentos em Biotecnologia. Além disso, pode-se agrupar esses quesitos por seu papel na entrada, utilização ou difusão de conhecimento. O modelo pode ser visualizado na figura 4.1, na página seguinte, e a descrição de cada quesito é apresentada a seguir.

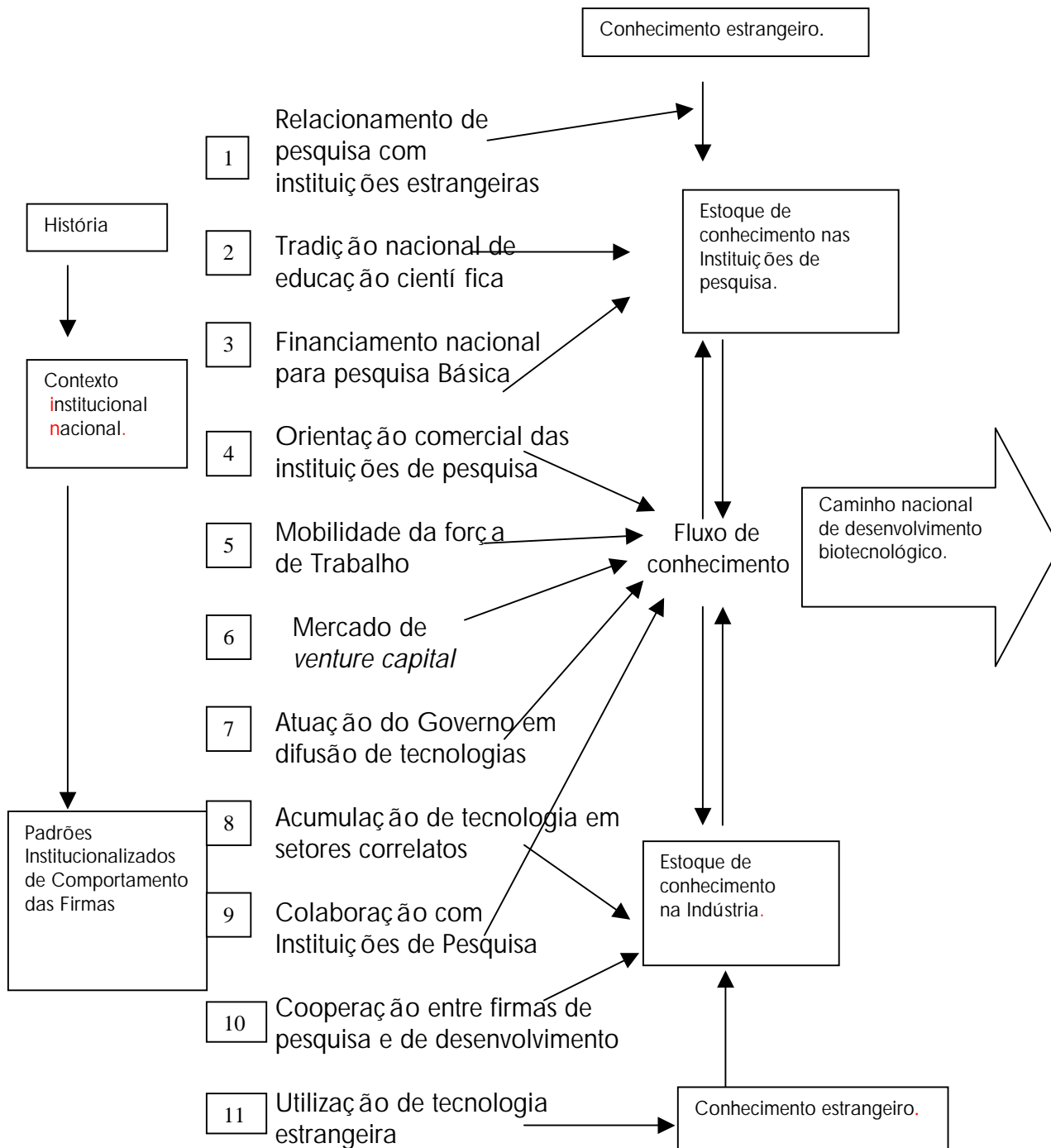


Figura 4.1 – Modelo para análise de SNI em Biotecnologia, com fatores críticos para seu sucesso (Bartholomew, 1997).

4.1 Tradição Nacional de Educação Científica

Um conjunto de pesquisadores em ciências da vida (*life sciences*) altamente qualificados, prontamente disponíveis é considerado um fator-chave de sucesso para a indústria biotecnológica de um país (Kenney, 1986; Sun, 1989 e outros).

Uma forte tradição em educação científica possibilita ao país ter uma base de instituições de pesquisa bem desenvolvidas, o que sinaliza para a população que a pesquisa científica é uma profissão interessante (Locke, 1985). Países, em que a carreira científica é social e financeiramente compensadora, tendem a produzir um maior número de cientistas *per capita*, e, conseqüentemente, a ter um maior número de pesquisas e produtos de interesse para o desenvolvimento.

4.2 Financiamento Nacional para Pesquisa Básica

Devido ao longo tempo de maturação de pesquisas em, por exemplo, biologia molecular, o apoio governamental de longo prazo à pesquisa de base em ciências biológicas é um fator crítico na qualidade e tamanho do estoque de conhecimento científico gerado no país relativo à Biotecnologia (Mowery e Rosenberg, 1993; Shan e Hamilton, 1991). A localização institucional desse conhecimento tem implicações cruciais na forma pela qual ele será difundido pelo sistema industrial (Sharp, 1989; Mowery e Rosenberg, 1993).

4.3 Relacionamento de Pesquisa com Instituições Internacionais

A amplitude de possibilidades oferecida pela Biotecnologia faz com que nenhum país possa dominar todas as áreas envolvidas. Com isso, a capacidade de o país ter acesso ao desenvolvimento ocorrido em outras partes do Globo torna-se fundamental para que este se mantenha na fronteira do conhecimento.

A partir de uma base pré-existente, os países parecem estar se especializando em diferentes aspectos e aplicações da Biotecnologia. As articulações com outros países, dentro das *expertises* dos mesmos, podem fazer com que as instituições de pesquisa de uma determinada nação complementem a sua esfera de atuação e conhecimento, possibilitando assim alavancagem das suas capacidades (Porter, 1990; Shan e Hamilton, 1991).

4.4 Grau de Orientação Comercial das Instituições de Pesquisa

Na maioria das sociedades, as instituições de pesquisa e as empresas têm missões completamente distintas. Enquanto as instituições de pesquisa têm por objetivo gerar e disseminar conhecimento, o principal objetivo das empresas é o de maximizar seu valor para seus controladores (Swann, 1988). O grau da distância entre setor produtivo e academia, no entanto, está alicerçado em fatores culturais e históricos, variando de país para país (Mowery e Rosenberg, 1993). Uma maior orientação comercial das instituições de pesquisa implica uma menor distância entre os dois pólos, o que resulta em um fluxo maior e mais consistente de conhecimento entre as duas comunidades.

4.5 Mobilidade da Mão de Obra

Uma grande movimentação de pessoal, entre as universidades e a indústria, permite um acesso facilitado das firmas ao estoque de capital humano e tecnológico de ponta (Ergas, 1987), e também um maior conhecimento dos pesquisadores acerca dos mercados, aumentando assim o fluxo de conhecimento entre universidades e empresas (Swann, 1988). A mobilidade entre os dois segmentos, no entanto, reflete o “custo de oportunidade” de se sair da academia para o setor produtivo, bem como a necessidade de atualização tecnológica exigida pelo mercado (Sharp, 1989). A forma que a sociedade recompensa e trata os diversos campos de atividade podem ser decisivos na mobilidade desta mão de obra especializada.

4.6 Disponibilidade de *Venture Capital*

Uma opção de difusão de tecnologia para os pesquisadores da área de Biotecnologia é o de abrirem as suas próprias empresas a fim de comercializar a tecnologia resultante de seus estudos. No entanto, o investimento inicial nesses empreendimentos é normalmente elevado, gerando a necessidade de haver um investidor que apoie o negócio. O modelo mais difundido de apoio a esse tipo de atividade é o de *Venture Capital*, cuja disponibilidade varia significativamente de país para país (Ergas, 1987; Porter, 1990). Ademais, a disponibilidade e a facilidade de acesso a capital de

risco pode ser visto como um reflexo do grau de individualismo e empreendedorismo de uma sociedade (Hampden-Turner e Trompenaars, 1993; Lodge, 1990).

4.7 Atuação do Governo em Difusão de Tecnologias

Os países têm grandes diferenças quanto à orientação do Estado no que diz respeito à estrutura industrial (Lenway e Murtha, 1994). Em países com orientação individualista, o Estado possui uma posição limitada no desenvolvimento industrial, deixando que o mercado regule a competição. Em países com orientação mais comunitária, o Estado costuma tomar um papel mais direto na definição das necessidades da população, estabelecendo as linhas a serem seguidas pela indústria (Lodge, 1990). Essas mesmas diferenças também influem diretamente em como a tecnologia é difundida das instituições de pesquisa para a indústria. Nesses países mais comunitaristas, faz parte do papel do governo gerar os mecanismos de apropriação de tecnologias pela indústria, enquanto, nos individualistas, essa difusão também ocorre por ação do mercado e da competição (Ostry, 1990).

4.8 Colaboração entre Empresas e Instituições de Pesquisa

Na Biotecnologia, o grau de avanço científico e o conseqüente avanço tecnológico são particularmente altos, e as empresas que pretendem desenvolver produtos comerciais baseados em Biotecnologia devem manter contato constante com as instituições de pesquisa e universidades, a fim de se manter na vanguarda tecnológica. Os avanços significativos no campo de Biotecnologia são obtidos diariamente, e as empresas simplesmente não podem se dar ao luxo de ficar afastadas por muito tempo dos laboratórios de pesquisa.

Os investimentos realizados por empresas em pesquisas dentro de instituições resultaram, por dólar aplicado, em 4,2 vezes mais pedidos de patentes do que investimentos em pesquisa dentro da própria firma.

4.9 Acúmulo Tecnológico em Setores Correlatos

Diferentes países apresentam diferentes vantagens tecnológicas em diferentes setores industriais (Cantwell, 1989). Além disso, estudos empíricos (Cantwell, 1989)

demonstram que os países tendem a focar o desenvolvimento de novas tecnologias em áreas correlatas àquelas em que já obtiveram sucesso no passado. A Biotecnologia não é um setor industrial no sentido tradicional, mas um conjunto de técnicas de produção que pode ser aplicado a diversos setores – os mais significativos até hoje são o das indústrias farmacêutica e química, com o das áreas de agronegócios e ambiental logo em seguida. Assim, países com vantagem estabelecida nessas indústrias tendem a levar vantagem no processo de inovação em Biotecnologia.

4.10 Colaboração Entre Empresas

A colaboração entre empresas pode ser vantajosa dentro das suas estratégias de P&D, por gerar economias através das sinergias do processo, através da diminuição do risco, da necessidade de menor investimento em ativos fixos e da redução dos custos (Shan e Hamilton, 1991; Contractor e Lorange, 1988). Um estudo empírico em empresas de Biotecnologia nos EUA (Shan, 1994) revela o efeito positivo da cooperação entre empresas, pela mensuração do número de patentes obtidas. A colaboração entre empresas varia significativamente de países para países, refletindo a estrutura social, política e histórica de cada sociedade (Hamel et al, 1989; Hampden-Turner e Trompenaars, 1993). Por outro lado, essa cooperação pode ser induzida e/ou reforçada por uma forte ação governamental orientada nesse sentido (Brock, 1989; Saxonhouse, 1986; Westney, 1993).

4.11 Utilização Estratégica de Tecnologias Estrangeiras

A colaboração internacional entre empresas pode prover-lhes o conhecimento obtido em outros sistemas nacionais de inovação. Novamente diferenças históricas e sociais fazem com que empresas de diferentes países utilizem diferenciadamente essa ferramenta para a aquisição de novas tecnologias (Mansfield, 1988; Rosemberg e Steinmuller, 1988). Por exemplo, a utilização de tecnologias estrangeiras pode ser fundamental para que empresas de países com desenvolvimento tardio alcancem o estágio de empresas localizadas em países de desenvolvimento anterior (Hikino e Amsden, 1994).

Finalmente, deve-se notar que os três primeiros quesitos _ QUAIS???? _ dizem respeito à forma com que o conhecimento entra no sistema nacional de inovação. O último quesito é uma forma de entrada de conhecimento no sistema nacional, mas pode também ser considerado (e o será neste trabalho) uma forma de utilização do conhecimento já gerado algures. Os quesitos 4 a 11 tratam da utilização e difusão do conhecimento pelo sistema e por sistemas paralelos que se mesclam muitas vezes com a Biotecnologia, como é o caso da indústria farmacêutica e da agricultura.

A partir desses conceitos, será realizada uma análise de cada um dos fatores na situação atual do Brasil, procurando identificar pontos de alavancagem para a Biotecnologia, fatores que vêm impedindo o pleno desenvolvimento da mesma e, num momento seguinte, serão discutidas possíveis abordagens para contornar os problemas existentes e sugerir formas de se colocar o País na vanguarda da Biotecnologia mundial.

5 ANÁLISE DO SNI BRASILEIRO

5.1 Metodologia

Para se fazer uma análise do estado atual da Biotecnologia no País, através do modelo proposto, foram utilizados três tipos de ferramentas: entrevistas com pessoas ligadas à área, questionários aplicados a formadores de opinião em Biotecnologia e pesquisa bibliográfica.

A aplicação dos questionários se deu por via eletrônica, com envio dos mesmos por conta de e-mails para uma lista de pessoas selecionadas em cada setor abordado na pesquisa. Tendo em vista a natureza exploratória da pesquisa, foi utilizada uma lista *ad-hoc* obtida das seguintes fontes:

- ✓ base de dados de empresas de biotecnologia, gerada pela Biominas;
- ✓ gestores e analistas de fundos de investimento com atuação em Biotecnologia;
- ✓ lista de alunos de pós-graduação dos institutos de Biofísica e Bioquímica da UFRJ;

- ✓ lista de professores da UFRJ, Unicamp, UENF e UFMG, nas áreas de Biologia Molecular e áreas afins;
- ✓ pesquisadores da Fiocruz, EMBRAPA e Instituto Butantã, Instituto Biológico de Campinas e Instituto Agrônômico de Campinas;
- ✓ analistas de patentes do INPI e da ANVISA da área de Biotecnologia;
- ✓ membros da rede interna de Biotecnologia da FINEP;
- ✓ analistas de projetos de Biotecnologia do CNPq e do MCT.

As entrevistas foram feitas sem um roteiro predeterminado, objetivando atender todos os pontos enfocados no modelo. Foi garantido aos entrevistados e respondentes o anonimato, sendo apenas mencionada, neste texto, a sua área de atuação.

O número e a área de atuação dos entrevistados e respondentes podem ser vistos na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Número de Entrevistas realizadas e Questionários respondidos

	Entrevistas	Questionários
Estudantes PG Áreas Correlatas	2	8
Professores de Universidades	2	5
Pesquisadores de Inst. Pesquisa	-	3
Profissionais <i>Venture Capital</i>	2	1
Profissionais Indústria <i>Start ups</i>	1	2
Profissionais Indústria Grande Porte	-	3
Agentes Regulatórios	1	5
Agentes Públicos de Fomento	-	7
Total	8	34

5.2 Resultados

A partir dos questionários recebidos, foi possível montar a Tabela 5.2. Em seguida, analisaram-se os resultados obtidos. Para essa análise, levou-se em conta a nota alcançada nos questionários, as entrevistas e, quando cabível, dados coligidos em pesquisa bibliográfica, para cada um dos itens pesquisados, de forma a dar base e/ou complementar as respostas obtidas.

Tabela 5.2 – Percepção dos 34 respondentes para a situação do Brasil, na área de Biotecnologia, nos critérios abaixo (0 = inexistente; 1 = péssimo; 2 = ruim; 3 = regular; 4 = bom; 5 = ótimo).

Quesitos	Média
Relacionamento de Institutos de Pesquisa com Instituições Estrangeiras	3,1
Tradição Nacional de Educação Científica	3,2
Financiamento Nacional Para Pesquisa Básica	2,7
Orientação Comercial das Instituições de Pesquisa	1,4
Mobilidade da Força de Trabalho	1,8
Mercado de <i>Venture Capital</i>	2,0
Atuação do Governo em Difusão de Tecnologias	2,4
Acumulação de Tecnologia em Setores Correlatos	3,0
Colaboração da Indústria com Instituto de Pesquisa	2,1
Cooperação entre empresas em P&D	2,0
Utilização Estratégica de Tecnologia Estrangeira	2,4

• Relacionamento de Instituições de Pesquisa com Instituições Estrangeiras

Segundo os entrevistados e os respondentes, as instituições de pesquisa e as universidades brasileira têm bom relacionamento com as instituições estrangeiras. A média obtida nos questionários para esse quesito foi 3,1, a segunda maior dentre os 11 pontos levantados por esta pesquisa.

O ponto forte desse relacionamento está na pesquisa em que o fluxo de cientistas e estudantes para o exterior é constante e engloba todas as áreas correlacionadas com a Biotecnologia. Há um grande contingente de estudantes fazendo “doutorado sanduíche” no exterior, bem como um grande número de pós-doutoramentos, principalmente nos EUA e na Europa (notadamente França e Inglaterra). Existe também um grande número de estudantes oriundos de países da América Latina e das colônias portuguesas na África, que vêm ao Brasil para estudos em Biotecnologia. (No caso específico da UFRJ, há um grande número de docentes estrangeiros, e a vinda de pesquisadores visitantes da Europa e EUA é uma constante).

No entanto, existem problemas quando se observa a aplicação das pesquisas. Foram citadas algumas dificuldades de utilização de patentes desenvolvidas, no exterior, por pesquisadores brasileiros, bem como a falta de controle sobre patentes obtidas por

pesquisadores estrangeiros em pesquisas desenvolvidas no País. Outro problema citado foi a dificuldade de retenção de bons pesquisadores estrangeiros no País, os quais, via de regra, terminam a sua pesquisa e voltam para desenvolver os produtos resultantes da mesma em seu país de origem. Por outro lado, os pesquisadores brasileiros de maior sucesso são constantemente convidados a se fixarem no exterior, onde geralmente desenvolvem as aplicações das suas pesquisas.

• **Tradição Nacional de Educação Científica**

A política nacional de formação de cientistas é condicionante ao desenvolvimento da indústria, por todos os motivos já citados. Assim, além da política tecnológica, também a educacional se torna fundamental no campo da Biotecnologia. Segundo os entrevistados - reforçando o resultado dos questionários - esse é o ponto forte do País na área de Biotecnologia. A nota dada pelos respondentes a esse quesito foi a mais alta dentre todas, registrando a média 3,2.

Apesar de o trabalho de pesquisa ser desconhecido da população em geral e de a função de professor ser mal remunerada e até mesmo um pouco desacreditada, o Brasil sempre teve uma grande produção de profissionais na área de Biotecnologia, nas principais universidades, com a maioria deles seguindo a carreira acadêmica.

O pesquisador valoriza muito a sua carreira, e os estudantes de cursos como Biologia, Farmácia e, num menor grau, Medicina, Nutrição e Fisioterapia, freqüentemente optam por uma carreira de pesquisador, mesmo que ela envolva, após o término do curso, mais 2 anos de mestrado, 4 ou 5 de doutorado e não raramente mais 2 ou 3 de pós doutorado. Com isso, a entrada de novos profissionais na pesquisa é contínua, e a mão de obra abundante em todos os níveis (iniciação científica, alunos de pós-graduação e pesquisadores).

Segundo as entrevistas, nesse quesito o problema não é de oferta, mas sim de demanda; se falta capital de risco, orientação comercial das empresas ou mesmo financiamento público (como se verá adiante), existe sobra de profissionais qualificados, que, muitas vezes, são perdidos por falta de vagas nas universidades e nas instituições de pesquisa.

- **Financiamento Nacional Para Pesquisa Básica**

Este quesito, apesar de ter obtido uma boa média – 2,7 –, foi o que apresentou maior discrepância tanto entre os respondentes do questionário quanto entre os entrevistados. Enquanto uma parte deles considerou boa a ação do Governo no apoio à pesquisa e, em alguns casos, “excepcional”, uma significativa parte de respondentes achou-a bastante fraca ou “sofriu”. De qualquer forma, a maior reclamação dos entrevistados, tanto os que acharam boa a quantidade de recursos, mas principalmente os que a criticaram, foi a falta de constância nos mesmos. Nunca se sabia, segundo os entrevistados, quando haveria dinheiro para contratação de projetos, os pagamentos de prestações sempre atrasavam e até mesmo projetos contratados deixavam de receber recursos por falta de verbas.

Com esse quesito, termina o bloco de entrada de conhecimento no sistema, ponto em que, consoante os resultados da pesquisa, o Brasil se encontra numa situação satisfatória, com as ressalvas apresentadas em cada tópico.

A seguir, passa-se ao bloco de aplicação do conhecimento, ou seja, pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico.

- **Orientação Comercial das Instituições de Pesquisa**

Esse foi, com certeza, o ponto mais baixo da avaliação da situação brasileira em Biotecnologia (não só apresentou a média mais baixa - 1,4 - mas também a única em todos os quesitos de todos os questionários com presença de três notas zero).

Os entrevistados foram unânimes em apontar essa como a grande deficiência no sistema nacional de inovação em Biotecnologia. Tanto nas entrevistas como em diversas opiniões espontâneas apresentadas nos questionários, ficou claro que o aspecto cultural é a primeira barreira para o desenvolvimento de novos produtos e processos biotecnológicos no Brasil.

Os pesquisadores parecem acreditar que a sua função é fazer ciência, e que o fato de se tentar ganhar dinheiro como produto das pesquisas é algo indevido. Além disso, existe um certo preconceito da comunidade científica com aqueles pesquisadores que se voltam para uma carreira na indústria, ou mesmo como empreendedores, criando o seu próprio negócio. Pode-se dizer que, segundo as palavras de um dos entrevistados, o pesquisador brasileiro tem uma visão “purista” da ciência, conservadora, em que o objetivo da pesquisa é o conhecimento, gerando mais perguntas e mais pesquisas, num círculo vicioso (ou virtuoso, na óptica de pesquisa).

Segundo outro entrevistado, o pesquisador brasileiro tem medo do sucesso da sua pesquisa, ou seja, ele se sente seguro para defendê-la em artigos, teses e apresentações, mas teme ser questionado se, por exemplo, a droga que ele descobriu em laboratório não fizer o mesmo efeito em doentes reais, e que, com isso, ele perca seu prestígio científico.

Um outro entrevistado apontou a falta de vocação empresarial nos cientistas, o que foi reforçado por algumas opiniões em questionários e em outras entrevistas. Segundo ele, a falta de conhecimento de negócios gera o medo de ser “passado para trás por raposas do ramo” e, por conseguinte, poucos se aventuram no mundo dos negócios.

Por fim, foi citado ainda que o brasileiro, de uma forma geral, tem uma aversão ao empresariado, associando a sua imagem à de alguém que se aproveita dos outros para ganhar dinheiro, do salafário, do sonegador de impostos, enfim à uma imagem completamente diferente da do pesquisador, que é uma imagem de pureza, de dedicação, afinco, superação e honestidade.

• Mobilidade da Força de Trabalho

Este ponto obteve a segunda menor média (1,8). No entanto, a maioria dos entrevistados, assim como alguns dos respondentes, afirmaram não conhecer adequadamente o assunto.

Aparentemente, a mobilidade é realmente pequena. Assim, na Fiocruz, observou-se apenas o pesquisador do setor produtivo que volta à universidade para fazer seu Mestrado e/ou seu Doutorado e o recém-doutorado que é contratado pelo setor

produtivo. Vale lembrar que, dentro da Fiocruz, existem as unidades de BioManguinhos e FarManguinhos, que são unidades produtivas de medicamentos – e mesmo nelas, esse é o único tipo de mobilidade encontrado. Nas demais áreas da instituição, nem mesmo essa mobilidade é observada. O pesquisador faz seu Mestrado, Doutorado, Pós-doutorado e vira pesquisador da instituição ou, então, de outra instituição, mas não passa para a indústria.

Um pouco desse comportamento pode talvez ser explicado pelos fatores culturais mencionados no quesito anterior mas, como disse um entrevistado, a demanda da indústria por esses profissionais no País também pode ser responsabilizada, já que a indústria farmacêutica desenvolve seus novos produtos nas suas matrizes e/ou nos centros de pesquisa no exterior.

Em um outro caso estudado, da EMBRAPA, foi observada uma situação similar à da Fiocruz, ou seja, pesquisadores que fazem a sua carreira internamente e passam para a ponta produtiva da instituição, ou pesquisadores já vinculados a pesquisas com a EMBRAPA, que passam, por concurso, a fazer parte dos quadros da empresa. Ainda assim cabe ressaltar que a EMBRAPA é uma instituição basicamente de pesquisa, e que, em seu caso particular, o produto é uma consequência direta da mesma. Não se trata de uma empresa de capital aberto voltada para o lucro através do melhoramento agrícola.

• Mercado de Venture Capital

As novas empresas de Biotecnologia nascem nas universidades e nos centros de pesquisa, a partir de descobertas de pesquisadores, que vêem nelas a possibilidade de criar um negócio inovador e lucrativo. Na esmagadora maioria dos casos, os fundos próprios do pesquisador são insuficientes para que se monte a nova empresa com equipamentos, pessoal e verbas para a continuidade das pesquisas. Assim, há uma forte dependência de investimentos de risco.

Diferentemente de setores como a tecnologia da informação, em que um grupo de desenvolvedores de *software* pode criar um excelente novo produto “na garagem de casa” e comercializá-lo para gerar receitas, na Biotecnologia o investimento inicial necessário é muito grande e, sem ele, não há produção (Robbins-Roth, 2000).

No Brasil, no entanto, essa forma de financiamento ainda parece ser desconhecida da comunidade da área de Biotecnologia, como pode ser visto no fato de 5 respondentes terem deixado em branco esse quesito. A nota dada ao País nesse quesito por aqueles que se julgaram aptos a dar nota foi 2,0, com apenas duas notas 4.

Segundo os entrevistados, o *Venture Capital* ainda é muito embrionário no País de uma forma geral, mas encontra um grave empecilho na área particular da Biotecnologia: a legislação. Segundo eles, sem que as regras do jogo estejam bem definidas, não é possível para o investidor, que já assume o risco do negócio sem conhecê-lo, assumir outro risco.

Foram citadas a lei de Biodiversidade, a lei sobre patentes de produtos biotecnológicos e a regulamentação sobre o funcionamento de empresas de base biotecnológica, principalmente as que lidam com OGMs como as mais indefinidas no setor. Um dos entrevistados chegou a citar o fato de que “no Brasil, encontram-se especialistas para tudo o que se quiser, mas não há um sequer na área de patentes biotecnológicas”.

Na outra ponta, os pesquisadores e os estudantes mostraram preocupação com o fato de a (pequena) oferta de capital de risco ficar restrita ao eixo Rio – São Paulo. Apesar da pouca oferta, foi também notada que a demanda por esse tipo de investimentos ainda é muito pequena.

• Atuação do Governo em Difusão de Tecnologias

A difusão é o processo pelo qual uma inovação é comunicada através de determinados canais no tempo, pelos membros de um sistema social específico (Rogers, 1995).

A Biotecnologia tem uma forte dependência da pesquisa básica e, com isso, seu sucesso em determinado país está fortemente ligado à política do mesmo de geração e difusão de ciência. Adicionalmente, a Biotecnologia *per se* não gera produtos, mas

formas de produção ou processos, o que mais uma vez a coloca à mercê da política interna da nação de difusão de tecnologias para obter sucesso.

Este quesito gerou alguma polêmica nas entrevistas (além de comentários nos questionários), gerando uma nota final 2,4. Os setores de agronegócios e farmacêutico foram indicados como apresentando diferentes comportamentos.

No primeiro caso, do setor agropecuário, a difusão é feita constantemente e com bastante eficiência. A EMBRAPA desenvolve continuamente sementes melhoradas e adaptadas a microclimas locais, e coloca à disposição dos agricultores as novas variedades. Existe ainda a pesquisa de novas sementes por encomendas específicas de agricultores. Essa percepção é compartilhada por todos os entrevistados que comentam o assunto mais a fundo e citada em alguns questionários.

No caso do setor farmacêutico, um dos entrevistados apontou que a Fiocruz realiza ativamente a difusão de novas tecnologias, mas não como política institucional. No seu caso específico, existem o PDTS e o PDTSP (Programas de Difusão de Tecnologias para o SUS e de Saúde Pública, respectivamente), em fases iniciais de implantação e desenvolvimento. A primeira rede de difusão implementada é a rede de dengue, com transferência de metodologias de prevenção, combate e tratamento por todo o território nacional.

Onde existe a maior difusão de tecnologias em saúde é no âmbito do ensino, pois esse trabalho já é elaborado e efetuado em rede, mas dá-se quase exclusivamente para novas metodologias e processos.

• **Acumulação de Tecnologia em Setores Correlatos**

Novamente, neste quesito, houve uma clara distinção entre o setor agropecuário e o setor farmacêutico, tanto nas entrevistas como em comentários extraídos dos questionários. Apesar de a nota deste quesito ter sido bastante alta (3,0), poder-se-ia dizer que a Agropecuária tinha muito mais conhecimento acumulado que a Saúde. Em diversos questionários, a EMBRAPA foi mencionada como elemento que alavancava a Biotecnologia nacional.

O caso específico do Projeto Genoma Brasileiro foi mencionado por quase todos os entrevistados. Como modelo de geração de conhecimento e treinamento de recursos humanos, ele foi extremamente elogiado, sendo inclusive citado que a curva de acúmulo de seqüências desse projeto superou o da Celera, empresa de capital aberto norte-americana que concorreu com o projeto genoma mundial.

Um dos entrevistados mencionou, contudo, que esse acúmulo estava na pesquisa básica, e não em tecnologias aplicadas, ou dentro da indústria, em processos produtivos. Novamente, retornou-se ao ponto de que, na pesquisa básica, o Brasil estaria bem e que o problema se localizava na passagem desse conhecimento para o desenvolvimento tecnológico.

Outro entrevistado questionou a quantidade de projetos genomas das mais diversas espécies, alguns com apelo econômico questionável. Segundo ele, seria mais útil para o País se desenvolverem os estudos de um número menor de organismos, mais importantes economicamente, dando passos na direção do proteoma e do genoma funcional. Isso habilitaria os pesquisadores brasileiros em novas tecnologias e chegaria mais próximo de aplicações finais de interesse econômico, ou seja, produtos no mercado. Como exemplo, ele citou o genoma da cana de açúcar, que poderia ser levado mais à frente, e apoiar estudos para melhoria dos cultivares e desenvolvimento de defensivos agrícolas de base genética para combate a pragas.

• **Colaboração de Empresa com Instituições de Pesquisa**

A inovação industrial depende da complexa correlação entre pesquisa básica e pesquisa e desenvolvimento aplicadas ao mercado. Entretanto, essa integração não ocorre automaticamente, e a eficiente transmissão dos dados de pesquisa básica para a indústria final é fator-chave de sucesso. Na Biotecnologia, por depender fortemente da pesquisa básica (gerada, via de regra, em universidades), pode-se notar que o processo de inovação tem lugar entre instituições e não dentro de instituições, como grande parte dos setores industriais (McMillan *et al.*, 2000).

A indústria de Biotecnologia é um novo setor de desenvolvimento exponencial, que deve ter influência ainda maior do setor público de pesquisa. A estrutura do setor é fortemente baseada em pequenas empresas ligadas por fortes laços com universidades, sendo, em sua maioria, de propriedade de professores e pesquisadores saídos das mesmas (McMillan *et al*, 2000).

Neste quesito, apesar de a literatura mostrar que a colaboração universidade-indústria é fundamental, o Brasil não está bem classificado. Com média 2,1, o senso comum é de que as duas pontas não dialogam, gerando um empecilho para o desenvolvimento da Biotecnologia. Novamente, cita-se o fato de o parque industrial biotecnológico é muito reduzido e, por isso, o julgamento torna-se difícil.

Os entrevistados mostraram uma visão melhor da colaboração entre pesquisa e produção, dizendo, contudo, que ainda há muito a melhorar. Mais uma vez, foi levantada a questão de a EMBRAPA estar ligada proximamente ao produtor rural, e esse aspecto foi considerado muito positivo para a melhoria tanto das pesquisas com de nossos produtos agrícolas.

Um dos entrevistados citou o exemplo da Fiocruz, em que há colaboração intensa, quando consideradas as unidades de BioManguinhos e FarManguinhos. Laboratórios privados procuram essas unidades para realizar as etapas finais de desenvolvimento de drogas. Existem, no caso, dois modelos de cooperação, um por desejo da indústria local, que procura por melhoramento de processos, e outro por desejo da Fiocruz, que, seguindo a política governamental quer substituir a importação de drogas de alto custo, pela produção de genéricos nacionais.

É citado também o fato de que as pequenas (e poucas) empresas *start-ups*, formadas por professores saídos de universidades, mantêm uma relação de colaboração de pesquisa, já que esses professores sustentam a sua posição dentro da instituição de pesquisa, continuando, portanto, as suas pesquisas e levando-as para dentro das suas empresas. Questiona-se se essa prática pode ser verdadeiramente considerada como mecanismo de colaboração.

- **Cooperação entre Empresas de Pesquisa e Desenvolvimento**

Em indústrias tecnologicamente avançadas, a lógica organizacional vem mudando. Ao invés da visão da empresa como um veículo para processar informações, tomar decisões e resolver problemas, as suas competências centrais estão se voltando para a procura e para a criação de conhecimento. Em indústrias mais competitivas, a competição é vista, agora, como uma corrida pelo aprendizado.

Por esses motivos, a colaboração entre organizações tem crescido nos últimos anos, principalmente em setores como o da Biotecnologia, sejam elas empresas, universidades ou outras.

Apesar de a inovação levar a empresa a novos campos e áreas da ciência, as inovações da empresa geralmente se restringem ao paradigma tecnológico já existente na mesma. Apesar de vários estudos mostrarem que aquisição externa não substitui pesquisa desenvolvida internamente, muitas firmas não se utilizam do recrutamento de pessoal qualificado como o primeiro passo para gerar capacidade – ao contrário, o primeiro movimento parece ser feito, na maioria das vezes, no sentido de formar *joint ventures* ou adquirir pequenas firmas (Senker, 1996).

Muitas pequenas empresas de Biotecnologia se associam a gigantes farmacêuticas e químicas, como forma de subsidiar um crescimento sustentável, em troca de liberação de novas tecnologias. O modelo vigente sugere que alianças bem feitas são tão ou mais importantes que o desenvolvimento imediato de novas tecnologias. Além do mais, o caminho trilhado por pequenas empresas e gigantes estabelecidas parece tender a um encontro, com as pequenas gerando novas possibilidades e as grandes financiando estudos, devido à sua incapacidade de se adaptarem internamente às constantes mudanças requeridas pelo negócio da Biotecnologia (Senker, 1996).

Cooperações entre empresas em P&D dentro da Biotecnologia pode ser uma relação simbiótica, ou do tipo ganha-ganha, mesmo que uma delas não seja diretamente ligada à atividade biotecnológica.

Um bom exemplo desse tipo de relação é o da indústria farmacêutica norte-americana, cuja forte tradição de P&D demanda da indústria de instrumentos uma maior qualidade e precisão de seus produtos. Com isso, a indústria de instrumentos está sempre dando passos à frente em qualidade, enquanto a indústria farmacêutica ganha eficiência e ferramentas mais modernas de pesquisa (Shan et al, 1994).

No Brasil, devido ao fato de a indústria Biotecnológica ser ainda bastante incipiente e recente, torna-se difícil fazer um diagnóstico da cooperação entre empresas. Isso pode ser observado no fato de quatro dos respondentes dos questionários não terem dado nota para o quesito, bem como o de alguns questionários recebidos atribuírem uma nota neste quesito no sentido de estar avaliando a situação da colaboração entre empresas no País em geral, e não das suas empresas de Biotecnologia. Levando-se isto em conta, a nota 2,0 obtida neste quesito pode ser considerada de pouca significância para uma interpretação da realidade nacional.

Mesmo nas entrevistas, o assunto foi pouco discutido, pelos mesmos motivos apresentados acima. Aparentemente, não há (ou há muito pouca) colaboração entre empresas no setor.

O caso que pode fugir à conclusão acima é o de empresas *start-ups* incubadas em uma mesma incubadora de empresas (e.g. Fundação Bio-Minas e Fundação BioRio), em que existe alguma colaboração, mas não no nível científico e tecnológico; no entanto, mesmo nesse caso particular, o número de incubadas nesses pólos ainda é muito baixo.

Utilização Estratégica de Tecnologia Estrangeira

Os entrevistados, em sua maioria, mostraram desconhecer casos práticos de utilização estratégica de tecnologias no setor produtivo. Em pesquisa, entretanto, todos apontaram a constante busca de pesquisadores por novas metodologias, e o fato de diversos alunos de Doutorado irem a cada ano para o exterior para serem treinados em novos métodos e aparelhos científicos.

Um dos entrevistados citou as bolsas de "doutorado sanduíche" no exterior como a principal demonstração de utilização estratégica de novas tecnologias. Novamente, essa

transferência de conhecimento se aplicou apenas no campo de pesquisa, vindo a ser utilizada pelo setor produtivo apenas nos casos de empresas *start-ups* iniciadas pelo próprio estudante ou por seu professor. Outro entrevistado alegou a utilização de tecnologias estrangeiras para a produção e desenvolvimento de novas vacinas pela Fiocruz, esta sim uma utilização no setor produtivo de novas tecnologias.

• Pontos fortes e fracos da Biotecnologia no Brasil

Com a análise das respostas obtidas e das entrevistas, pode-se começar a responder a pergunta feita originalmente por este trabalho: quais são os pontos fortes e os pontos fracos para o desenvolvimento de um sistema nacional de inovação em biotecnologia forte e em condições de competir com os produtos do resto do mundo ?

Primeiramente, pode-se dizer que, de acordo com as respostas obtidas, está-se bem longe dos países que disputam a ponteira em desenvolvimento biotecnológico. Em nenhum dos quesitos analisados o País obteve uma nota final ótima ou boa. A melhor nota obtida foi 3,2, pouco acima de regular (3).

No entanto, parecem existir aspectos positivos do estado atual do País. A tradição científica é um ponto a favor do desenvolvimento de novas tecnologias e processos. Aliado a isso, este trabalho mostra que o financiamento para a pesquisa de base vai bem, apesar de estar aquém do desejado pela comunidade científica. Dessa forma, aliando formação de recursos humanos e financiamento à pesquisa, tem-se uma geração de conhecimento interna forte, que é a sustentação para todo o sistema de inovação.

A situação atual da agricultura no País também mereceu destaque em diversas entrevistas e comentários em questionários. O sistema formado pelas universidades, a EMBRAPA e a difusão para o produtor, foi aprovado pelo público respondente. Desde a geração de conhecimento nessa área, passando pela geração de novos cultivos e sementes e a difusão das mesmas para o plantio, a cadeia produtiva parece funcionar de forma virtuosa.

Como problemas apontados, registrou-se a falta de constância no financiamento à pesquisa, o aspecto cultural do pesquisador que raramente se aventura numa jornada

empresarial, a dificuldade de se encontrar financiamento por etapas finais de desenvolvimento de produto e de empresas *start up*, a legislação em vigor, a falta de uma política específica de difusão de tecnologias na área de saúde, a não-orientação comercial das instituições de pesquisa e a falta de mobilidade da mão de obra entre a universidade e o setor produtivo.

6. PRINCIPAIS PROBLEMAS LEVANTADOS PELA ANÁLISE: VENTURE CAPITAL E LEGISLAÇÃO

Como mencionado anteriormente, um grande número de problemas foi identificado neste trabalho, muitos deles circunstanciais, como a descontinuidade no financiamento público à pesquisa, alguns de impacto apenas em determinadas atividades, como a falta de uma política específica de difusão de tecnologias na área de saúde.

Todavia, alguns problemas levantados se mostraram mais relevantes e com maior potencial para emperrar o sistema. O primeiro deles foi a questão cultural dos pesquisadores brasileiros, que apresentam uma quase aversão ao setor produtivo de uma forma geral e à indústria em particular. Esse problema cultural já foi detectado em um estudo de Senker (Senker, 1996), no Reino Unido. O mesmo problema de distanciamento do pesquisador para a indústria foi notado e, enquanto um *boom* de novas empresas de biotecnologia surgia nos EUA, nenhuma apareceu na Grã-Bretanha. Apenas após uma forte ação do governo incentivando a formação de empresas, surgiu a primeira empresa de biotecnologia nascida da universidade naquele país.

Como maiores obstáculos ao desenvolvimento de novas empresas de biotecnologia, aparecem (i) a questão do financiamento à empresa *start up*, que tradicionalmente, no mundo, se dá sob a forma de *venture capital* (Robbins-Roth, 2000; Senker, 1996) e (ii) a legislação ainda indefinida no País. Esses dois problemas, a seguir apresentados mais detalhadamente, merecem atenção especial.

6.1 *Venture Capital*

6.1.1 Empresas de Base Tecnológica e a Necessidade de *Venture Capital*

Os mecanismos de financiamento tradicionais disponibilizados pelas instituições financeiras não são os mais apropriados para empresas de base tecnológica. Isso ocorre devido à natureza arriscada das atividades que envolvem intensos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento e do perfil dos criadores de empresas de base tecnológica, que, quase sempre, não possuem ativos reais para oferecer como garantia aos empréstimos.

O capital de risco, além de não exigir garantias reais, é importante porque o retorno dos investidores é dependente do crescimento e lucratividade da empresa em questão, ao contrário do crédito tradicional, no qual o credor possui direitos legais em termos de juros e amortização, independentemente do sucesso ou fracasso do negócio. Além disso, tal mecanismo de financiamento difere das outras fontes tradicionais porque propicia capital de longo prazo, além de oferecer suporte gerencial e administrativo (*British Venture Capital Association, 2000*).

6.1.2 O Mercado de *Venture Capital* no Brasil

O início do financiamento, através de capital de risco no Brasil, se deu na década de 70, destacando-se duas instituições públicas – o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) – e algumas empresas do setor privado. (Gorgulho 1997).

É possível identificar uma série de fatores, sistêmicos e conjunturais, que dificultaram, ou ainda dificultam, o desenvolvimento do capital de risco no país, (para uma análise desses fatores, ver Gorgulho, 1997; Guimarães, 1992 e ANPROTEC, 1999).

O apoio do BNDES, através da sua subsidiária BNDES-Participações (BNDESPAR), é uma das experiências pioneiras no Brasil em termos de financiamento do processo de inovação por capital de risco. Especialmente nos casos das pequenas e médias empresas, o apoio é relativamente recente (a partir de 1988) por intermédio do Programa de Capitalização de Empresas de Base Tecnológica (CONTEC) (Gorgulho, 1997). Segundo o BNDES, até o 31/12/2000, as empresas do setor de Biotecnologia já tinham levantado, através do CONTEC, US\$ 5,06 milhões, ou 11,5% dos investimentos totais do programa, num total de cinco empresas apoiadas.

Atualmente, o maior programa de difusão de *Venture Capital* no País é o Projeto Inovar, do Ministério da Ciência e Tecnologia, com as suas diversas atividades, principalmente os *Venture Forums*, organizados pela FINEP, que já levaram quase uma centena de empresas a serem apresentadas a investidores de risco dentre as quais cinco atuando na área de Biotecnologia (Portal, 2002).

6.1.3 As empresas de Biotecnologia e o *Venture Capital*

Como já está dito anteriormente, para uma empresa de Biotecnologia crescer, são necessários geralmente diversas rodadas de investimentos, em valores cada vez maiores, não raramente passando dos 30 milhões de dólares (Robbins-Roth, 2000).

O grande aporte de recursos pode ser explicado pelo fato de a grande maioria de empresas biotecnológicas nos EUA estarem voltadas para o desenvolvimento de novos medicamentos, o que implica a necessidade de aprovação após todo o processo legal que o FDA exige. Esse processo é longo e consome muitos recursos.

Torna-se evidente, portanto, que o empreendedor dificilmente disporá de recursos próprios suficientes para passar pelo funil do desenvolvimento de uma nova droga. Como a indústria farmacêutica nacional é bastante limitada, e o desenvolvimento de novas drogas é feito, via de regra, no exterior, estas também não possuem capacidade financeira para subsidiar os gastos necessários. A alternativa para os potenciais empreendedores então é o crédito financeiro tradicional.

As financiadoras de pesquisa estatais não possuem mecanismos adequados a esse tipo de empreendimento, em que a empresa não possui garantias para apresentar nos contratos, fechando mais uma porta ao empreendedor. O prazo de investimento e o volume de recursos também inviabilizam a contratação de empréstimos bancários, restando apenas, como opção, o investidor de risco.

Pode-se notar, por este quadro, a dependência do desenvolvimento da Biotecnologia do País ao desenvolvimento de mecanismos de financiamento de longo

prazo, sem garantias reais por parte do Governo, ou ao crescimento e consolidação da indústria de *Venture Capital*, alternativa mais factível num curto espaço de tempo.

6.2 A Legislação Brasileira acerca da Biotecnologia

O outro grande problema apontado pelos entrevistados, principalmente pelos profissionais ligados à indústria e pelos capitalistas de risco, é a questão da falta de clareza de uma legislação para a área de Biotecnologia. As leis que existem, segundo eles, ou são omissas quanto às possibilidades de se desenvolverem produtos biotecnológicos, ou deixam margem a interpretações, podendo vir a ser alteradas de acordo com o desenvolvimento futuro da Biotecnologia no País e no exterior.

Os principais pontos em questão quando se discute a legislação acerca da Biotecnologia são os seguintes:

- a lei de patentes, que presumivelmente protege os direitos do inventor de um novo produto ou processo e que é fundamental para garantir a lucratividade de qualquer empreendimento em Biotecnologia, pois uma vez gerada uma droga ou uma nova célula, esta pode ser facilmente replicável;
- a lei de Biodiversidade, que, a partir da conferência Rio-92, passou a determinar que o patrimônio genético localizado em cada país fosse propriedade daquela nação. Essa lei e as suas regulamentações internas têm implicações diretas nas possibilidades de se explorar a Biotecnologia no Brasil; e
- a lei de Biossegurança, que impõe limites à manipulação de organismos vivos, bem como à forma de se manipulá-los e à competência de quem os manipula.

Mesmo nos países mais desenvolvidos, a legislação acerca de produtos oriundos de modificações biotecnológicas ainda é assunto polêmico. Enquanto os países europeus apresentam regulamentação sobre GMO (organismos geneticamente modificados) dirigidas pelo processo, no Japão e nos EUA, percebe-se uma preocupação com a regulamentação dirigida pelo produto. A rotulagem de produtos transgênicos também

ainda é bastante controversa, resultando em uma divisão entre EUA e Europa (Chen e McDermott, 1998).

Com relação às políticas de regulamentação, percebe-se que todos os países parecem se preocupar com os potenciais riscos da Biotecnologia, tendo o NIH –dos EUA – iniciado o processo de regulamentação do setor preocupado com essa variável. No entanto, a diferenciação entre regulamentação por produto ou por processo é bastante nítida, principalmente entre EUA e Alemanha. Alguns países criaram legislações específicas para a área de Biotecnologia, enquanto outros basearam a regulamentação do setor em setores existentes, por adaptações de leis pré-existentes. O rigor das leis parece estar diretamente ligado à percepção pública da questão biotecnológica, estando a Alemanha no extremo máximo de rigor. Com relação à propriedade intelectual, diferenças gritantes também podem ser observadas, com implicações diretas sobre a estrutura da indústria, as suas possibilidades e o seu crescimento. A mais controversa das questões é o da patenteabilidade de formas de vida. Os microorganismos são patenteáveis em todos os países estudados, mas animais transgênicos o são apenas nos EUA e Japão. Outro lado da questão é a relevância da opinião pública nas decisões, a qual é muito forte na Europa, onde “patentes não devem ser garantidas se seu uso for contrário à ordem pública e à moral” (Chen e McDermott, 1998).

Outra questão amplamente discutida que merece especial atenção por parte de países ricos em biodiversidade, como é o caso do Brasil, é o uso do patrimônio genético presente em seus territórios. Fazem-se necessários uma legislação específica bastante rígida e um controle severo sobre a exploração e uso da biodiversidade brasileira, sob pena de se perder toda a sua riqueza genética para países que largaram na frente na corrida biotecnológica.

Em consulta a especialistas da área, ficou claro que essas leis davam margem a interpretações diversas. Sem se querer estender numa tese jurídica, pode-se afirmar que existem duas linhas principais de pensamento que representam os que defendem o patenteamento de basicamente todas as novas moléculas e organismos gerados em laboratório e os que entendem que eles não são patenteáveis.

Como foi citado por um dos entrevistados, responsável por um fundo de investimentos que aguarda um posicionamento do Governo sobre a legislação para o setor, "...entrar em um jogo onde o risco é inerente ao processo é o que nós fazemos. No entanto, entrar num jogo onde as regras são duvidosas e podem mudar a qualquer momento, isso não é risco, é loucura."

7 CONCLUSÃO

Para formadores de políticas, uma compreensão do SNI pode ajudar a identificar pontos de alavancagem para potencializar o desempenho inovador e a competitividade total. Os países diferem na maneira pela qual os fluxos do conhecimento são estruturados e na importância relativa de tipos diferentes de instituições, de atores e de enlaces para seus sistemas de produção respectivos. Não há nenhuma dúvida que há países em que as interações institucionais ocorrem mais facilmente do que em outros. Políticas estruturais que se referem a regulamentos, impostos, financiamento, competição e propriedade intelectual podem facilitar ou obstruir os vários tipos de interações e o próprio fluxo do conhecimento.

No caso específico da Biotecnologia, como já se viu, o papel do formador de políticas passou a ser fundamental. Devido à grande dependência da difusão tecnológica nessa área, principalmente no sentido universidade/instituições de pesquisa – indústria – mercado, a atuação do governo na regulamentação das relações entre os setores passou a ser um fator decisivo de sucesso do processo.

Os problemas diagnosticados relacionados à legislação e financiamento de *start-ups* e pequenas e médias empresas têm solução viável no médio prazo, necessitando de vontade política de legisladores e governantes.

O problema mais difícil de se resolver diagnosticado nesta pesquisa é o de caráter cultural, portanto solucionável apenas a longo prazo, através da mudança de mentalidade de pesquisadores e, de certa forma, da população em geral. Essa mudança se deu entre gerações e nunca em apenas um salto.

No entanto, já foram tomadas algumas medidas a fim de se vencer o obstáculo da orientação comercial da pesquisa no País, como a discussão da Lei de Inovação e a preocupação de algumas universidades em assegurar seus direitos sobre pesquisas desenvolvidas em seus laboratórios, através de uma política de proteção patentária através de seus pesquisadores.

Uma questão levantada durante algumas entrevistas refere-se ao fato de a estrutura científica e tecnológica do País estar baseada na comunidade científica brasileira. Atualmente, o apoio à pesquisa é dado quase exclusivamente pelo Governo federal, através do CNPq, CAPES e Finep, e pelos governos estaduais, através das Fundações de Amparo à Pesquisa locais, as FAPs. Exceto a Finep, esses órgãos são normalmente geridos por pessoas oriundas da comunidade científica, defensores, portanto, de seu *status quo*. Ora, se o aporte de verbas para a pesquisa aplicada é deficiente, mas quem determina para onde vão as verbas são pessoas ligadas à pesquisa básica, tem-se um círculo vicioso de difícil solução.

Com o advento da Lei de Inovação já citada e dos Fundos Setoriais como forma de financiamento da pesquisa no País (os Fundos, por serem constituídos por contribuições das empresas sobre seu lucro, voltam para a pesquisa nas universidades na etapa aplicada, ou seja, por pesquisas induzidas pela demanda das empresas), o quadro pode começar a se alterar.

Como alternativa ao financiamento da “ciência pela ciência”, como vem ocorrendo historicamente no País, poderiam ser adotados planos de trabalho com objetivos bem definidos, economicamente importantes, que impactassem de alguma forma as importações e/ou exportações do País. Um exemplo bem sucedido de planejamento para esse tipo de ação se deu na Índia, com a cultura de cardamomo (Mehra, 2000).

O cardamomo é uma especiaria produzida e exportada pela Índia desde antes de se tornar uma colônia inglesa. Bastante apreciada pela culinária local e pelos europeus assim que o descobriram, sempre foi um dos produtos de maior interesse econômico do país, ocupando uma área cultivada de 72000ha nos anos 90, após um pico de 82000ha plantados durante a década de 80. No entanto, após a segunda guerra mundial, o

cardamomo passou a ser plantado e vendido também na Guatemala, Sri Lanka, Tanzânia, Nova Guiné, Costa Rica e El Salvador.

A produtividade da planta indiana atingia de 50 a 70 kg/ha até a década de 90, enquanto a produtividade guatemalteca chegava a 250/300 kg/ha. O Governo, então, elaborou um plano de desenvolvimento de cultura de tecidos vegetais (uma técnica biotecnológica moderna). Uma empresa indiana se interessou pelo projeto e, após um ano de pesquisas, essa nova variedade atingia marcas de até 610kg/ha. O Governo criou, então, um plano de subsídio ao agricultor para que o novo cultivo fosse adotado, através de financiamentos dos explantes e de incentivos para a compra de defensivos e de adubos.

Esse caso é um belo exemplo de como esforços alinhados a um objetivo podem dar resultados não só pontuais como em toda a economia de um país. Além do cardamomo, foi gerada competência na indústria local para manuseio de tecido vegetal, o que pôde ser aproveitado para outras culturas, além de criar um primeiro exemplo de programa de ação, que possibilitou uma aceitação mais fácil de novas ações em outras áreas da agricultura indiana, e fortalecer uma empresa local, o que gerou empregos qualificados, produziu um novo produto de interesse mundial e serviu de exemplo para outros empreendedores se lançarem na indústria biotecnológica, como um caso de sucesso.

Disso se conclui, portanto, que os formadores de política, a fim de desenvolver a Biotecnologia no país, devem

- trabalhar em torno da regulamentação do setor, a fim de possibilitar a atração de novos investimentos;
- desenvolver novos mecanismos de financiamento adequados a uma indústria do conhecimento e com prazos de maturação bastante longos;
- criar programas focados em problemas reais do País, procurando desenvolver as soluções em casa, com competências e empresas brasileiras,

adquirindo, quando necessário, tecnologia estrangeira para possibilitar o nascer de uma tecnologia nacional.

8 SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

O objetivo deste trabalho foi o de analisar o Sistema Brasileiro de Inovação em Biotecnologia, através do método opinativo. Com os comentários recolhidos de especialistas dos diversos atores desse sistema, notaram-se os principais problemas e os aspectos bem desenvolvidos no País que possam vir a alavancar o desenvolvimento futuro de uma Biotecnologia brasileira.

No entanto, esse levantamento é bastante geral e, para se ter uma melhor noção de ações pontuais a serem tomadas em cada quesito do modelo analisado neste trabalho, novas pesquisas devem ser iniciadas, com objetivos específicos, o que deverá trazer respostas mais detalhadas sobre o assunto. Além do mais, essas novas pesquisas podem ir a fundo no aspecto quantitativo da análise, ponto importante para a tomada de decisão que não foi objeto de estudo no presente trabalho.

Uma primeira pesquisa que poderia ser feita seria a de se repetirem as entrevistas em nichos específicos dos atores do sistema, com um maior número de respondentes. Por exemplo, poderiam ser feitas entrevistas com 10 pesquisadores de cada uma das maiores instituições de ensino e pesquisa em áreas relacionadas à Biotecnologia do País (para citar algumas, UFRJ, USP, UNICAMP, UFMG, Fiocruz, EMBRAPA). Na área industrial, poderiam ser entrevistados os diretores de P&D das maiores indústrias farmacêuticas e de sementes do País (e.g. Biobrás, Valée, Singenta); na área de capital de risco, gestores de fundos que invistam ou pretendam investir em empresas de biotecnologia.

Essa ampliação da base de respondentes pode indicar outros problemas não detectadas neste estudo, ou ainda ratificar os resultados aqui obtidos, desta vez com a aprovação da maioria dos participantes do sistema.

Uma outra sugestão para pesquisas seguintes é a de se tentar avaliar quantitativamente cada um dos quesitos analisados no modelo de Bartholomew. Através

da análise de dados históricos e quantitativos em aspectos específicos para cada um dos quesitos e de um trabalho estatístico dos mesmos, poder-se-á obter os pontos críticos em que for preciso fazer algum investimento (quer seja financeiro, de treinamento, quer de estruturação). Não cabe aqui uma enumeração das possíveis medidas para identificar os quesitos do modelo de Bartholomew. Apenas para exemplificar, sugere-se que a Tradição Nacional de Educação Científica possa ser identificada através do número de alunos de graduação e de pós-graduação formados por ano; do número de artigos publicados em revistas de maior impacto científico; do grau de retenção de alunos na docência; do número de bolsas de estudo por ano; e diversos outros dados que podem ser coletados junto ao MEC, CAPES, CNPq e Bases de dados de Pesquisa Bibliográfica. Já o Financiamento Nacional para Pesquisa Básica, poderia usar valores tais como o volume de recursos disponibilizado para pesquisa básica, programas especiais para Biotecnologia e outros que podem ser obtidos no MCT, Finep, CNPq, FAPs etc. Como último exemplo, o Grau de Orientação Comercial das Instituições de Pesquisa poderia utilizar o número de empresas *start ups* formadas por professores, o número de empresas em incubadoras ligadas a universidades, número de patentes licenciadas pelas universidades, o número de patentes requeridas pelas instituições e outros indicadores que podem ser obtidos junto ao INPI, Anprotec e outras

De posse dos resultados quantitativos, um passo seguinte a ser dado, que será fundamental na análise de relevância dos números é comparar os índices obtidos com o observado em outros países, a saber os EUA, que têm atualmente o maior desenvolvimento em Biotecnologia, o Japão e a Alemanha, que despontam como seus maiores competidores no cenário mundial e países “em desenvolvimento” ou em estágios iniciais do desenvolvimento da Biotecnologia, como Coreia do Sul e Itália. O fato de Canadá (The 1998..., 1998) e Austrália (*National Biotechnology Strategy*, 2000) já possuírem um plano bem elaborado e discutido para um sistema nacional de Biotecnologia os coloca como bons parâmetros para comparações e, talvez, até mesmo como um *benchmarking* inicial.

Com base nos principais problemas levantados durante este trabalho, sugere-se que se façam dois estudos logo de início, a fim de se preparar estruturalmente para a montagem de um SNI em Biotecnologia. O primeiro será um estudo sociológico, a fim de se entender melhor a aversão dos pesquisadores brasileiros ao mercado – esse estudo

deverá levar em conta aspectos culturais, comportamentais, educacionais e antropológicos. O segundo estudo será sobre a legislação vigente no País acerca de: propriedade intelectual, proteção de biodiversidade e biossegurança. Com a consulta às leis e pareceres de especialistas, ter-se-á uma melhor noção do que é necessário mudar para possibilitar o desenvolvimento de empresas de base biotecnológica no País.

Outro estudo importante a ser feito num futuro imediato é o de análises de problemas que o País enfrenta e que possam ser solucionados com ferramentas biotecnológicas – algum produto agrícola importante na economia brasileira, que terá de ser importado, uma droga para combater uma doença de impacto social grande na população etc. Como no caso indiano, este estudo poderá possibilitar a criação de um programa especial não só para resolver o problema detectado, mas também para gerar competências científicas e administrativas para a formação de redes de desenvolvimento biotecnológico no País.

Uma vez realizados esses estudos, pode-se pensar em dispor de um sistema nacional de inovação em biotecnologia voltado para a capacidade instalada no País, apoiada em seus pontos fortes, tentando vencer os obstáculos existentes com o maior retorno possível para cada real aplicado em pesquisa e desenvolvimento, no aspecto econômico e, principalmente, social, com geração de empregos no setor e a solução de problemas do País.

9 BIBLIOGRAFIA

ANPROTEC . **Capital de risco no Brasil**: idéias, problemas, oportunidades e o papel do Estado. Brasília, DF: ANPROTEC, 1999.

BALAZS, E. ; TWARDOWSKI T. **A Regional Survey of the Status of Biotechnology in Central and Eastern Europe**. The African Centre for Technology Studies (ACTS). 2000. (Paper).

BARTHOLOMEW, S. National systems of biotechnology innovation: complex interdependence in the global system. **Journal of International Business Studies**, v. 28, n. 2, p. 241-266,1997.

BRITISH VENTURE CAPITAL ASSOCIATION (2000). What venture capitalists look for in companies they invest mostly in the start-up and early stage? Disponível em: <<http://www.bvca.co.uk>>

BROCK, M. V. **Biotechnology in Japan**. London: Routledge, 1989.

Cantwell, J. **Technological Innovation and Multinational corporations**. Oxford UK: Basil Blackwell, 1989.

CHEN, Z. ; MCDERMOTT, A. International Comparisons of Biotechnology Policies. **Journal of Consumer Policy**, v. 21, n. 4, p. 527-550, Dec. 1998.

CONTRACTOR, F.; LORANGE, P. Why should firms cooperate? The strategy and economics basis for cooperative ventures. In: **Cooperative strategies in international business**. CONTRACTOR, F.; LORANGE, P. (editors). Lexington, Mass. Lexington Books. 1988.

ERGAS, H. Does technology policy matter? In B.R. Guile & H. Brooks, editors, **Technology and global industry**: Companies and nations in the world economy. Washington, DC: National Academy Press, 1987.

FINEP (2002)(Financiadora de Estudos e Projetos). Disponível em: <www.finep.gov.br> 2002.

FREEMAN, C. **Technology and economic performance**: lessons from Japan, Pinter, London, 1987.

GORGULHO, L.F. Capital de risco: uma alternativa de financiamento às pequenas e médias empresas de base tecnológica – o caso do Contec. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 7, p. 1-41, jun. 1997.

GUIMARÃES, F. C. M. S. **A interação entre pesquisa e desenvolvimento e produção industrial no Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1992.

HAMEL, G., DAZ, Y., PRAHALAD, C. K. Collaborate with your competitors – and win. **Harvard Business Review**, Boston, v. 67, n.1, p.133-39, 1989.

HAMPDEN-Turner, C.; TROMPENAARS, F. **The seven cultures of capitalism**. New York: Doubleday, 1993.

HIKINA, T.; AMSDEN, A. Staying behind, stumbling back sneaking back, soaring ahead: Late industrialization in historical perspective. In: BAUMOL, W. J; NELSON, R. R.; Wolf, E. N.(editors). **Convergence of productivity**: cross-country and historical evidence. New York: Oxford University Press, 1994.

KENNEY, M. **Biotechnology**: the university-industrial complex. New Haven: Conn. Yale University Press, 1986.

LENWAY, S.; MURTHA, T. The state as a strategist in international business research literature. **Journal of International Business Studies**, South Carolina, v. 25, n. 3, p. 513-36, 1994.

LOCKE, R. The relationship between educational and managerial cultures in Britain and West Germany: A comparative analysis of higher education, from an historical perspective. In: JOYNT, P.; WARNER, M. (editors). **Managing in different cultures**. Oslo, Norway: Universitetsforlaget AS, 1985.

LODGE, G. **Comparative business-government relations**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990.

LUNDEVALL, B. A. (ed.). **National Innovation Systems**: towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1992.

MANSFIELD, E. The speed and cost of industrial innovation in Japan and the United States; External vs internal technology. **Management Science**, v. 34, n.10, p. 1157-68, 1988.

MCMILLAN, S., NARIN, F. ; DEEDS, D. An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology. **Research Policy**, v. 29, n. 1-5, p. 1-8, Jan.-Apr. 2000.

MCT (2002)(Ministério da Ciência e Tecnologia). Disponível em: < www.mct.gov.br. >
MEHRA, K. Indian System of innovation in biotechnology – a case study of cardamomo. **Technovation**, Inglaterra, v. 21, n. 1, p. 15-23, 2001.

METCALFE, S. The Economic Foundations of Technology Policy: equilibrium and evolutionary perspectives, in P. Stoneman (ed.), **Handbook of the economics of innovation and technological change**, Blackwell Publishers, Oxford (UK)/Cambridge (US), 1995.

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. The US national innovation systems. In RR Nelson, editor. **National innovation systems: A comparative analysis**. New York: Oxford University Press, 1993.

National Biotechnology strategy. (2000). Disponível em:
< www.ibm.com/ibm/publicaffairs/gp/austrat.pdf >

NELSON, R. (ed.). **National innovation systems: a comparative analysis**. New York: Oxford University Press, 1993.

OECD. **Science, Technology and Industry Outlook**. Paris, 1996a.

OECD. **Technology and industrial performance**. Paris, 1996b.

OECD. **Diffusing technology to industry: government policies and programmes**. Paris, 1997a.

OECD. **Oslo Manual**. Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. 2.ed. Paris, 1997b.

OECD. **National Innovation Systems**. Paris, 1997c.

OSTRY, S. **Governments and corporations in a shrinking world**: trade and innovation policies in the United States, Europe and Japan. London: Council on Foreign Relations Press, 1990.

PATEL, P.; PAVITT, K. The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems, **STI Review**, n.14, p. 9-32, OECD, Paris, 1994.

Portal Venture Capital,(2002) Disponível em: <www.venturecapital.com.br>

PORTER, M. **The competitive advantage of nations**. Macmillan, Basingstoke: UK, 1990. 855 p.

ROBBINS-ROTH, C. **From Alchemy to IPO**. New York: Perseus Publishing, 2000.

ROGERS, E. **Diffusion of innovations**. 4.ed. New York: The Free Press, 1995.

ROSENBERG, N.; STEINMULLER, W. E. Why are Americans poor imitators? **American Economic Review**, v. 78, n. 2, p. 229-94, 1988.

SAXONHOUSE, G. Industrial policy and factor markets: Biotechnology in Japan and the United States. In: PATRICK, H. (editor) **Japan high technology industries**. Seattle: University of Washington Press, 1986.

SENKER, J. *et al* **Literature Review for European Biotechnology Innovation Systems**. EBIS, p. 1-76, June 1999.

SENKER, J. National systems of innovation, organizational learning and industrial biotechnology. **Technovation**, v.16, n. 5, p. 219- 229, 1996.

SHAN, W.; HAMILTON, W. Country –specific advantage and international cooperation. **Strategic Management Journal**, v.12, n. 6, p. 419-321, 1991.

SHAN, W.; WALKER, G.; KOGUT, B. Interfirm cooperation and startup innovation in the biotechnology industry. **Strategic Management Journal**, v.15, n. 5, p. 387-94, June 1994.

SHARP, M. The management and coordination of biotechnology in the UK, 1980-1988. In: **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Series B, v. 324, p. 509-23, 1989.

SUN, M. Japan faces big task in improving basic science. **Science**, n. 243, p.1285-87, 10 Mar.1989.

SWANN, J. P. **Academic scientists and the pharmaceutical industry**: comparative research in twentieth century America. Baltimore: John Hopkins University Press, 1988.

WESTNEY, E. Country patterns in R&D organization: The United States and Japan. In: KOGUT, B. (editor) **Country competitiveness**: technology and the organizing of work. New York: Oxford University Press, 1993.