

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS AGROINDUSTRIAS

**PÓS-GRADUAÇÃO e BIOTECNOLOGIA:
FORMAÇÃO E CAPACITAÇÃO DE RECURSOS
HUMANOS NO BRASIL**

Equipe:

Prof. Dr. Mário Otávio Batalha (coordenador) – GEPAI/DEP/UFSCar
Dra. Maria Beatriz Bonacelli - GEOPI/DPCT/UNICAMP
Prof. Dra. Verônica Maria Morandi da Silva – DBCG/UERJ
M.Sc. Miguel Aires Borras - GEPAI/DEP/UFSCar
M.Sc. Jana Saito - GEPAI/DEP/UFSCar
Fernanda Jôlo – GEOPI/DPCT/Unicamp

Maio/2001

PÓS-GRADUAÇÃO e BIOTECNOLOGIA: FORMAÇÃO E CAPACITAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS NO BRASIL

1. INTRODUÇÃO

A iniciativa de se procurar entender a lógica e as lacunas existentes na formação de recursos humanos em nível de pós-graduação em biotecnologia no Brasil é extremamente importante e oportuna. Logicamente que vários aspectos em discussão sobre o tema são bastante óbvios, como a concentração de cursos e de melhor nível de capacitação de profissionais nas regiões Sudeste e Sul do país. Porém, esse estudo pretende ir além desse contexto, apresentando discussões sobre competitividade, dinâmica da inovação e organização da pesquisa, sem as quais qualquer análise em áreas de alta sofisticação tecnológica fica incompleta.

Assim sendo, este estudo procura diagnosticar e analisar o estado da arte da formação de recursos humanos para atuar em biotecnologia, com o objetivo de fornecer subsídios ao MCT que permitam o estabelecimento de ações estratégicas para o desenvolvimento dessa temática em nível nacional. Pretende-se também identificar e caracterizar os principais centros formadores de pessoal de alto nível em biotecnologia no país (número de cursos; áreas de concentração; nível e número de pessoal formado), principais linhas de pesquisa, localização geográfica dos principais grupos de pesquisa, além de identificar o perfil dos recursos humanos que estão sendo demandados por centros de pesquisa brasileiros.

Este relatório divide-se em cinco capítulos, além dessa introdução e da conclusão. O capítulo dois apresenta uma discussão sobre temas gerais que fazem parte dos estudos sobre o desenvolvimento da biotecnologia, desde tentativas de definições e classificação deste conjunto de diferentes tecnologias e conhecimentos, a organização dos mercados e a necessidade do país tomar posição e definir políticas em aspectos de fundamental importância para o futuro da biotecnologia, como o é a formação e capacitação de recursos humanos, por exemplo. O terceiro capítulo aprofunda alguns aspectos relacionados à formação de recursos humanos, capacitação e competitividade, num primeiro momento de forma geral, e em seguida discutindo tais questões no escopo da moderna biotecnologia. O

quarto capítulo aborda a formação de recursos humanos no Brasil em nível superior, com uma breve análise do papel das agências de fomento, das fundações de amparo à pesquisa e dos institutos de pesquisa tecnológica.

Os capítulos cinco e seis apresentam a parte empírica do trabalho: o primeiro descreve a metodologia aplicada e o segundo, os resultados alcançados. A intenção foi a de fazer um levantamento sobre a oferta e a demanda por profissionais em biotecnologia no país por meio tanto de um questionário respondido por *experts* em áreas do conhecimento que tenham alguma relação com a moderna biotecnologia, assim como por meio de um levantamento junto aos bancos de dados sobre grupos de pesquisa com esse perfil existentes no país. As conclusões e recomendações fecham o trabalho.

2. ALGUMAS REFLEXÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA E COMPETITIVIDADE.

A biotecnologia pode ser definida como um conjunto de atividades *science-based*, dado que o desenvolvimento de inovações nessa área está muito relacionado às evoluções científicas. Desde o início das movimentações em torno da moderna biotecnologia, na década de 70, as pesquisas científicas e industriais encontram-se substancialmente dispersas em instituições públicas de pesquisa, universidades, centros privados de pesquisa e empresas (grandes corporações ou empresas especializadas em biotecnologia). Esse elemento coloca uma característica importante no desenvolvimento da biotecnologia: o caráter multidisciplinar dos conhecimentos e das tecnologias. Assim, há disciplinas mais ou menos dominadas pelos agentes inovativos, até aquelas nas quais muitos estudos ainda terão que ser desenvolvidos. “Para se produzir uma substância terapêutica é necessário não somente criar uma bactéria recombinante (engenharia genética), mas também dominar sua multiplicação (processo industrial relacionado à fermentação) e as técnicas de extração e de purificação da proteína buscada. Geralmente, a inovação se apoiará sobre uma combinação de técnicas elementares, de onde surge o caráter ‘combinatório’ da biotecnologia” (Ducos & Joly, 1988). Também deve ser enfatizado o caráter de ‘infiltração’ (*pervasiveness*) das atividades, dado que a biotecnologia não deve ser vista como uma indústria, mas como um instrumental que pode ser utilizado pelos mais diferentes setores econômicos (saúde, agricultura, geologia, biologia, exploração de petróleo, entre vários outros).

As biotecnologias, porém, possuem uma base semelhante, tornando-se específicas no momento de sua utilização. É o que ocorre, por exemplo, com o sequenciamento do genoma da *Xylella fastidiosa*, bactéria causadora da doença do “amarelinho” nos laranjais paulistas. A atividade do sequenciamento - desenvolvida por uma grande equipe brasileira, que envolveu 34 laboratórios de pesquisa, mais de 200 pesquisadores e um orçamento de cerca de U\$ 12 milhões financiados pela Fapesp – já foi encerrada. A próxima fase visa entender a função dos genes (o genoma funcional). Somente a partir desta etapa as informações decorrentes do sequenciamento poderão ser utilizadas para o desenvolvimento de estratégias de combate a este patógeno. Estes estudos poderão igualmente contribuir para a compreensão da fisiologia de outras bactérias causadoras de pragas na agricultura.

Assim sendo, não é fácil encontrar uma definição precisa para biotecnologia, mesmo tendo sido numerosas as tentativas¹. De maneira ampla, biotecnologia significa trabalhos de pesquisa, de produção e comercialização de bens e serviços a partir de material biológico. Mas, é interessante enfatizar a extensão dos impactos das atividades biotecnológicas, buscando uma concepção que integre diversos aspectos, como aqueles relacionados tanto ao complexo industrial, como também à área agrícola ou de saúde (produção, marketing, distribuição e comercialização), à prestação de serviços, à pesquisa e desenvolvimento técnico-científico, junto às universidades, centros públicos ou privados de pesquisa e empresas.

Os anos 70 se caracterizam pela ruptura “da forma de fazer as coisas”, através do advento da tecnologia do DNA recombinante, ou seja, o conjunto de técnicas que permite a transferência e expressão do material genético de um organismo em um outro, pela manipulação do DNA. Tal fato permitiu um grande progresso tecnológico e a exploração industrial das técnicas relacionadas aos organismos vivos. Essas técnicas podem ser classificadas como de ponta, ao contrário das técnicas mais difusas e acessíveis. Mas, por outro lado, há técnicas mais difíceis de serem classificadas, como as de fermentação, que são conhecidas e utilizadas há mais de séculos, mas que ainda têm importância capital em inúmeros processos industriais. Esta importância justifica pesquisas refinadas para seu desenvolvimento, sua exploração e melhoraria de sua performance. Então, como classificar tipos de processos como este?

Uma tipologia desenvolvida por Salles-Filho *et alii* (1987) sugere três níveis de sofisticação tecnológica na tentativa de classificar a biotecnologia: o nível tradicional, que concerne grandes áreas da fermentação e do melhoramento vegetal clássico, por exemplo, e que são de domínio público e cujos produtos têm baixo valor agregado; o nível intermediário, que é um pouco mais sofisticado e no qual se encontra um maior número de projetos e de programas de pesquisa no mundo – especialmente em países menos desenvolvidos; nesse caso encontra-se a cultura de tecidos vegetais, as técnicas de fermentação contínuas e descontínuas, a fixação biológica do oxigênio, os preparados enzimáticos, entre outros; e o nível de ponta, no qual as pesquisas estão baseadas, entre outros, na biologia molecular, na enzimologia e na fusão celular, apresentam uma maior

1 Ver, entre outros, Bull, A.T.; Holt, G. & Lilly, M.D. (1982) Biotechnologie: tendance et perspectives internationales. OCDE.; Anciães, W. & Cassiolato, J. E. (1985) Biotecnologia e seus Impactos no Setor Industrial. CNPq, 172 p.; Granrut, C. & Samaniego, L. (1990) "Les entreprises chimiques européennes et les biotechnologies". Monitor - FAST, n° 222.

complexidade tecnológica, necessitam de maior investimento e maior tempo de maturação. Ou seja, cada nível apresenta um estágio diferente de sofisticação e de domínio das técnicas e do potencial para a colocação de produtos no mercado.

Mesmo relativamente em atraso quanto à rapidez de desenvolvimento e à magnitude de transformação imposta à sociedade em geral - quando comparada, por exemplo, à microinformática - a biotecnologia entrou, a partir do início dos anos 90, numa nova fase e vem experimentando desde então uma evolução sem precedentes em seu processo de introdução de inovações científicas, tecnológicas e comerciais. De toda forma, a base concentra-se no desenvolvimento técnico-científico, o qual requer um alto nível de conhecimento e de interação entre diversas disciplinas, habilidades e competências. Não há dúvidas, portanto, que a biotecnologia, notadamente a partir da clonagem de genes e do sequenciamento do genoma humano, apresenta-se como um paradigma em fase de consolidação.

Um dos traços marcantes do desenvolvimento da moderna biotecnologia em nível mundial foi a concepção, especialmente nos EUA, mas também em alguns países europeus e latino-americanos, de pequenas empresas de alta tecnologia (NEBs, novas empresas de biotecnologia), com baixo número de empregados e alta concentração de pesquisadores, que desenvolviam pesquisa (mais que produtos) relacionados à manipulação genética. Porém, já nos anos 80, grandes empresas multinacionais, notadamente da química, petroquímica, farmacêutica e de sementes, se envolveram fortemente com as pesquisas em engenharia e melhoramento genético. Poucos eram, entretanto, os resultados mercadológicos obtidos frente aos enormes dispêndios financeiros realizados na P&D biotecnológica. A justificativa para se sustentar um negócio com esse perfil, cuja base mais forte, no caso dos EUA, é o capital de risco, é que, o sucesso de apenas um projeto, entre centenas de outros, pode ser o suficiente para abalar o mercado e fazer mais do que duplicar o valor das ações de uma empresa envolvida nesse negócio. É verdade que esse contexto está mais relacionado à área de saúde humana do que à área agrícola, mas ajuda a explicar o motivo de tanto investimento com tão poucos resultados positivos – ou comercializáveis em forma de produtos. Mais do que mercadoria, o que sempre esteve em jogo foram o desenvolvimento do conhecimento, a possibilidade de novas descobertas e as ações das companhias.

Dessa forma, assistiu-se a uma quantidade numerosa de fusões e aquisições de empresas (geralmente a compra de uma NEB por uma gigante de algum mercado) que

trabalham de alguma forma com a manipulação genética. As vezes, o mercado encontrava-se mais otimista, em muitas outras ocasiões, não tão otimista assim, mas a verdade é que, como em nenhuma outra área de negócios, a biotecnologia se manteve por tanto tempo em alta sem resultados palpáveis, pelo menos para a grande maioria das empresas e instituições envolvidas, pois para meio dúzia destas – as que sempre investiram somas gigantescas de recursos -, a biotecnologia sempre foi um bom negócio.

Já o contexto brasileiro apresenta um marco institucional pouco integrado, tanto no que se refere à pesquisa privada como à pesquisa pública. A questão dos consórcios e da pesquisa cooperativa, marco expressivo da organização dos atores envolvidos com a biotecnologia, apenas recentemente começa a tomar impulso no país, assim mesmo de forma tenua e na maioria das vezes sem a devida integração das empresas nacionais, resultando em acordos incompletos.

Mesmo existindo organismos governamentais encarregados das questões relativas à biotecnologia, não existem, porém, programas específicos de estímulo à criação de empresas especializadas. Além disso, as principais fontes de financiamento dos empreendimentos - o capital de risco e o mercado de ações – estão praticamente ausentes, aspecto agravado pela crise econômica que o país enfrentou durante vários anos e também pelo fato dos recursos para C&T (inclusive para biotecnologia) serem dirigidos fundamentalmente para a comunidade científica. Ou seja, não há, na prática, estrutura de financiamento para investimentos dessa natureza no país. A criação (e, mais que isso, a sustentabilidade) de empresas especializadas está limitada pela carência de fontes adequadas de financiamento; pelo pouco interesse das grandes empresas em desenvolver P&D internamente e em estabelecer acordos de cooperação para explorar o potencial das mesmas; pela fragilidade dos vínculos com as instituições públicas; e porque não há estímulos para o surgimento de "pesquisadores-empresários", figura típica da estrutura americana e que foi elemento essencial para o desenvolvimento da moderna biotecnologia nos EUA (Bonacelli & Salles-Filho, 2000:33).

A fragilidade do sistema de inovação brasileiro, discutida em estudos como os de Coutinho e Ferraz (1994), Ferraz *et alii* (1995) e Dahlman & Frischtak (1993), revela dois elementos explicativos básicos, que também configuram o quadro estrutural da biotecnologia no país: o baixo envolvimento das empresas na P&D e na inovação de uma maneira geral; e o envolvimento corporativo das instituições públicas de pesquisa (onde

está a maior parte dos recursos de C&T do país), que privilegia uma lógica auto-centrada de se fazer pesquisa. Estas características são fatais para pretensões mínimas de capacitação e inovação na biotecnologia e em tudo o que ela representa para a estrutura produtiva e de serviços.

Mesmo apresentando uma situação de atraso substancial, é interessante e importante a análise do panorama internacional para o caso brasileiro. Se os projetos tecnológicos integrados, organizados em redes e consórcios, são necessários nos países desenvolvidos, entre outras coisas pelos requerimentos de capital e de competência envolvidos, com mais razão ainda este formato deve ser estimulado nos projetos de países com menor concentração de recursos humanos e financeiros. Por outro lado, a tradicional concepção que considera o desenvolvimento tecnológico a partir do desenvolvimento científico em perspectiva linear é ainda mais descabida em países em desenvolvimento - onde a geração de conhecimento básico é marcadamente reduzida - do que nas economias centrais do planeta. Assim, “projetos tecnológicos bem direcionados podem ter muito mais sucesso como fator de promoção da biotecnologia no país, inclusive para gerar capacitação em áreas básicas do conhecimento, que terão necessariamente de ser desenvolvidas para atender às demandas tecnológicas. Por fim, a participação dos organismos governamentais de C&T, alocando recursos, coordenando atividades, priorizando ações e promovendo a cooperação e a captação de recursos é no mínimo tão importante aqui quanto o é nos países desenvolvidos” (Bonacelli & Salles-Filho, 2000:34).

Quando o debate se volta à questão dos recursos humanos envolvidos com a moderna biotecnologia, pode-se afirmar que o Brasil perdeu terreno em algumas áreas e ganhou em outras. Por exemplo, o melhoramento de plantas foi por muitas décadas um campo disciplinar no qual o país possuía uma forte excelência científica e tecnológica. Tal cenário mudou decididamente entre os anos 80 e 90, devido principalmente à deficiência na formação e, especialmente, na requalificação do profissional nessa área. Vale ressaltar que o ‘melhorista’ continua a ter uma importância estratégica no desenvolvimento da biotecnologia voltada à área agrícola. Mesmo com os novos programas específicos de informática permitindo uma grande diminuição do tempo de observação e de testes em plantas melhoradas, somente o conhecimento e a experiência do ‘melhorista’ são capazes

de, por exemplo, detectar e comunicar problemas ao laboratório, assim como de traduzir ou interpretar os resultados obtidos nos experimentos no campo².

O sequenciamento do genoma da bactéria causadora do amarelinho - *Xylella fastidiosa* -, por sua vez, colocou o país entre as nações que vêm obtendo grande sucesso nessa atividade. O mesmo caminho está sendo seguido pelos pesquisadores brasileiros envolvidos no genoma do Câncer, já que o país é aquele que maior contribuição vem dando ao banco de dados que armazena as seqüências de DNA produzidas no mundo todo – o GenBank. Porém, os pesquisadores já vêm sentindo que o país pode não conseguir acompanhar as fases mais interessantes dos programas mundiais, devido, por exemplo, à falta de especialistas em bioinformática. Esse profissional, por exemplo, tem papel determinante na condução das pesquisas em genômica, dado que permite a organização de um volume intenso de informações que vão sendo produzidas, de forma a permitir sua interpretação. O mais importante, porém, é que a aprendizagem do uso da técnica possibilita a diminuição do tempo necessário para a realização da mesma operação no período seguinte. Isso ocorreu durante a realização dos Programas de seqüenciamento da Fapesp: o que exigia um mês de trabalho no Programa da *Xylella fastidiosa* foi reduzido a uma semana no caso do Programa da *Xanthomonas citri*, bactéria causadora do cancro cítrico. Além disso, foi constituída uma rede virtual de troca de informações (a rede ONSA, Organização para o Sequenciamento e Análise de Nucleotídeos), a qual permite que os laboratórios envolvidos nos programas e espelhados pelo Estado de São Paulo recebam e enviem as seqüências para um centro único de informática.

Ou seja, na verdade, a principal contribuição desses programas, até o momento, é a capacitação de recursos humanos em áreas de fronteira tecnológica relacionadas à genômica. Tal experiência pode e deve ser multiplicada no país, notadamente por meio, por exemplo, de cursos de curta duração no país, com a troca de profissionais com domínio na área e aqueles que desejam se capacitar.

Na verdade, seria interessante o país buscar uma excelência nesse campo de estudo já que, em nível internacional, o desenvolvimento da genômica não tem recebido tantas críticas como ocorre no caso dos transgênicos. A genômica seria vista como um *upgrade* do melhoramento clássico na agricultura, por exemplo, evitando as resistências de

² Para um discussão aprofundada sobre a perda de capacitação em melhoramento de planta, ver Machado, J. & Salles-Filho, S. (1994).

consumidores e ativistas contrários à engenharia genética e aos transgênicos, assim como evitando as exigências de procedimento reguladores, caras e demoradas, que envolvem a manipulação genética. Ou seja, parece que essa é uma área de trabalho que pode ganhar maior atenção por parte das empresas e instituições de pesquisa, tomando parte importante das ações envolvidas com a moderna biotecnologia, havendo, portanto, chances do país participar ativamente desse desenvolvimento.

Entretanto, há ainda inúmeras deficiências a serem sanadas em relação à capacitação de recursos humanos, como será discutido mais adiante nesse trabalho, e a busca de maior competitividade em diferentes mercados pelo Brasil. De forma alguma as conquistas obtidas nos vários programas de sequenciamento financiados pela Fapesp são garantias para o desenvolvimento futuro da genômica no país, sem que políticas firmes sejam adotadas em relação à formação de profissionais especializados. Pelo contrário e como dito acima, as etapas mais importantes estão por se iniciar, com os genomas funcional e aplicado. Faz-se mais que necessário que o Brasil defina diretrizes claras e objetivas em relação à formação e capacitação da mão-de-obra relacionada à biotecnologia, necessitando, porém, antes disso, estabelecer uma agenda de políticas estratégicas nessa área do conhecimento, que englobe desde a definição de setores/mercados a serem priorizados, a criação do mercado de capital de risco e de investimentos e a definição de regras e normas relativas à propriedade intelectual, à ética, à biossegurança e à biodiversidade. Sem uma política coerente entre esses vários aspectos, dificilmente os diferentes atores se engajarão no desenvolvimento da C&T e da moderna biotecnologia no país.

Um exemplo de discussão que deve ser feita e de decisão a ser tomada refere-se ao caso da soja transgênica. O Brasil é o único grande produtor mundial de soja cuja produção não é realizada a partir de grãos modificados, mesmo porque, ainda não está liberada a comercialização de organismos geneticamente modificados (OGMs) no país³. Quem faz a avaliação dos pedidos, julga-os e dá a autorização é a CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança)⁴. A estimativa é que nos EUA, 54% da área de plantio já seja com plantas transgênicas, enquanto que na Argentina essa porção atinja mais de 80%. Para

³ Há quem afirme, porém, que existem campos ilegais de soja transgênica no Brasil, especialmente próximos à fronteira com a Argentina, onde a produção e comercialização de OGMs são liberadas.

⁴ Criada em 1995, juntamente com a Lei de Biossegurança, a CTNBio é constituída por 36 membros das mais diversas áreas do conhecimento e representantes de diferentes órgãos (empresarial, de defesa do consumidor, de proteção à saúde e ao meio ambiente, entre outros). Tal comissão tem como tarefas estabelecer normas e regulamentos relativos a projetos e atividades envolvidas com a moderna biotecnologia. Atualmente, o caso mais em evidência é o da soja “Roundup Ready” da Monsanto.

alguns especialista, o fato do país ainda não ter aberto o mercado aos OGMs, em lugar de representar uma perda de competitividade, pode reverter-se num ganho de espaço em mercados que valorizam alimentos não transgênicos, como os mercados europeus, cuja resistência a produtos modificados é bem maior que na América do Norte (Agra Europe, 01/30/1998; O Estado de São Paulo, 18/07/99).

Diante desse cenário incerto, é mais do que urgente que o país defina sua política de aceitação ou não de produção e/ou comercialização de OGMs, de forma a obter não somente espaço no mercado mundial, mas de ter uma posição-chave nas decisões sobre os assuntos relativos à evolução das tecnologias, das regras, normas e da organização dos mercados relacionados à moderna biotecnologia.

3. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS, CAPACITAÇÃO E COMPETITIVIDADE.

Este capítulo discute os conceitos e principais linhas de pensamento sobre desenvolvimento de recursos humanos e sua influência no desenvolvimento tecnológico e competitividade do setor produtivo de uma nação. Apresenta também uma discussão sobre como o país vem formulando a estrutura de formação e de capacitação da mão-de-obra que tem trabalhado com a moderna biotecnologia nos últimos anos.

3.1 Competitividade, Desenvolvimento Tecnológico e Capital Humano

De acordo com PFEFFER (1993), o capital humano é um dos fatores principais para as empresas sustentarem vantagens competitivas. Isso devido ao fato de que os gestores não devem estar somente preocupados com a criação de novos produtos e serviços, mas também com a implementação de novos métodos de gestão que proporcionem o aumento da motivação e do desempenho dos recursos humanos.

Com a evolução dos sistemas de produção a partir da última Grande Guerra Mundial, a vantagem competitiva passou a ser obtida, principalmente, pelas organizações, via maior capacitação do capital intelectual. Assim, as empresas buscam vantagens competitivas enfatizando a internalização de novas técnicas e de novas práticas organizacionais. Este novo enfoque ocorre por meio da implementação de processos autômatos, alianças estratégicas, parcerias com fornecedores, maior qualidade dos produtos, satisfação das necessidades e anseios dos consumidores, etc.

PINHO (1998) também destaca o capital humano ou intelectual como tendo, em todas as épocas, “(...) *representado um dos mais relevantes e básicos fatores de desenvolvimento das sociedades. Atualmente, porém, aumenta cada vez mais sua importância, sobretudo nas organizações econômicas da emergente Sociedade do Conhecimento*” (PINHO, 1998:4). Como justificativas para esta crescente valorização, destaca-se a acelerada desmaterialização da riqueza e, em decorrência deste fato, o maior destaque atribuído aos ativos intangíveis provenientes da inteligência humana e dos recursos intelectuais.

Para ILHA (1988) *apud* BATALHA *et alii* (2000), o retorno dos investimentos em fator humano estaria fortemente atrelado às condições sócio-econômicas, institucionais e culturais de cada nação. A estabilidade destes aspectos nos países desenvolvidos

proporcionaria um maior retorno do investimento em recursos humanos, enquanto que nos países pobres tal retorno não teria o mesmo desempenho.

A importância da capacitação do capital humano também é defendida por HARBISON *apud* ILHA (1988:94), que considera que “os recursos humanos (...) constituem a base final da riqueza das nações. O capital e os recursos naturais são fatores de produção passivos, e os recursos humanos são os agentes ativos que acumulam capital, exploram recursos naturais, criam as organizações sociais, econômicas e políticas e tocam para frente o desenvolvimento nacional. É claro que um país que não seja capaz de desenvolver o talento e o conhecimento do seu povo e de utilizá-lo eficazmente na economia nacional, será incapaz de desenvolver qualquer coisa”.

BATALHA *et alii* (1999:9) *apud* BATALHA *et alii* (2000:16) apontam que “a importância do investimento na capacitação do fator humano tem origem na teoria do capital humano desenvolvida por BECKER⁵ (1964) e SCHULTZ⁶ (1963). Para estes autores, as atividades relacionadas à educação, treinamento e aprendizagem são operações que envolvem gastos com os recursos necessários à sua realização. O resultado desses dispêndios e investimentos na capacitação do capital humano estaria relacionado, da mesma forma que o investimento em capital físico, ao seu retorno, que neste caso, derivaria de uma maior habilidade produtiva e qualificação da mão-de-obra.”

Ou autores ainda afirmam que o conceito de capital não se restringe a estruturas e equipamentos de produção, mas se estende também ao capital humano. Por isso, o desenvolvimento econômico não depende somente de um fator, mas de um conjunto de condições e fatores que contribuem para a sua expansão. Merece destaque o valor do capital humano como um dos fatores primordiais e imprescindíveis para que um país atinja a condição de desenvolvido. KUZNETS (1974:106) *apud* BATALHA *et alii* (2000:17), aponta que “no estudo do crescimento econômico, abrangendo largos períodos, e entre comunidades tão diferentes, o conceito de capital e de formação de capital deveria ser ampliado, de forma a incluir investimentos para a saúde, educação e treinamento da própria população, isto é, investimento em seres humanos”.

⁵ BECKER, G.S. *Human capital: a theoretical and empirical analysis with special referente to education*. New York, National Bureau of Economic Research, 1964.

⁶ SCHULTZ, T.W. & WERNECK. In: TEIXEIRA, E.C. *Desenvolvimento agrícola na década de 90 e no século XXI*. FINEP/FAPEMIG, 1993.

Complementando tal idéia, o termo “ativos intangíveis”, concebido por SVEIBY (1998:9) e utilizado por BATALHA *et alii* (2000), designa ”*o patrimônio organizacional que é produto das ações humanas ou que depende das pessoas que o integram para continuar a existir.*” O autor se refere a um conjunto de elementos que não são contabilizados nos balanços patrimoniais das organizações, incluindo: a competência dos funcionários, a estrutura interna em termos de marcas, conceitos, modelos e sistemas administrativos e a estrutura externa em termos das relações com os clientes, fornecedores e a própria imagem da empresa.

Corroborando com este autor, PINHO (1998) destaca que na prática estes ativos intangíveis dizem respeito ao prestígio de uma organização, ao seu capital intelectual, ao seu relacionamento com fornecedores, clientes e público em geral, entre outros fatores, que são de difícil mensuração contábil.

Na visão de SVEIBY (1998:42), quando o aprendizado individual é incentivado, as organizações desenvolvem competências individuais, e, na medida em que os indivíduos partilham seus modelos mentais, ativos são criados agregando valor. Vale salientar que o autor, objetivando simplificar a noção de “conhecimento” aplicado ao trabalho em organizações, sugere o termo “competência” justificando que “*como a palavra conhecimento é uma noção com tantas conotações, seu uso normalmente não é prático.*”

Ao definir competência individual como um fenômeno contextualizado que não pode ser copiado, SVEIBY (1998) se refere à capacidade de agir em diversas situações para criar tanto ativos tangíveis quanto intangíveis, o que engloba cinco elementos mutuamente dependentes:

- “a) conhecimento explícito: envolve o conhecimento dos fatos. É adquirido principalmente por intermédio da educação formal;
- b) habilidade: a arte de “saber fazer” envolve uma proficiência prática, física e mental. É adquirida sobretudo por treinamento e prática. Inclui o conhecimento de regras e procedimentos e habilidades de comunicação;
- c) experiência: adquirida principalmente pela reflexão sobre erros e sucesso passados;

- d) julgamento de valor: percepções do que o indivíduo acredita estar certo. Agem como filtros conscientes e inconscientes para o processo do saber de cada indivíduo;*
- e) rede social: formada pelas relações do indivíduo com outros seres humanos dentro de um ambiente e uma cultura transmitidos pela tradição” BATALHA et alii (2000:17).*

Continuando na mesma lógica de raciocínio, EDVINSSON e MALONE (1998) explicam que o capital intelectual é importante para o conhecimento das raízes do valor de uma empresa e a mensuração dos fatores dinâmicos ocultos que formam a parte visível da empresa, isto é, os edifícios e os produtos. Os autores esclarecem que esses fatores ocultos apresentam-se sob duas formas principais: o capital humano (que não pode ser propriedade da empresa) compreende o conhecimento, a experiência, o poder de inovação, a cultura, a filosofia da empresa, entre outros; e o capital estrutural (que, ao contrário do capital humano, é negociável porque pode ser propriedade da empresa) constituído de *softwares*, bancos de dados, patentes, marcas registradas, entre outros.

O investimento de uma empresa na capacitação do fator humano proporciona condições singulares na atuação e gerência destes recursos, viabilizando o desenvolvimento de uma competência que a diferencia das demais empresas e cria uma vantagem competitiva. Assim, muitas empresas intensivas em tecnologia podem sofrer inúmeros percalços devido a saída de pessoal-chave com o qual o *know how* estaria guardado.

BATALHA *et alii* (2000) afirmam que o diferencial competitivo de uma organização que atua com recursos humanos qualificados ocorre em virtude destes serem menos sujeitos à imitação em relação à inovação de produtos e processos. A dificuldade deve-se ao fato de que o *know-how* adquirido ao longo do tempo envolve um árduo e demorado processo de aprendizagem.

A aprendizagem individual é conceituada por KIM (1998:65) como a ampliação da capacidade de uma pessoa decidir por ações eficazes. O autor defende a divisão de duas formas de aprendizagem: a conceitual (*know why*) e a operacional (*know how*), estabelecendo uma relação com o modelo de aprendizagem experencial ou o ciclo de aprendizagem de Lewin. Neste ciclo, esses dois movimentos estão bem representados, ou seja, experiências concretas levam à observação e reflexão, que conduzem à formação de

conceitos, que por sua vez têm suas implicações testadas em novas situações. “*No ciclo, as pessoas vivenciam eventos concretos e observam ativamente o que está acontecendo. Avaliam (conscientemente ou inconscientemente) sua experiência pela reflexão sobre suas observações e então projetam ou constroem um conceito abstrato que parece adequado à avaliação*” (apud BATALHA *et alii*, 2000).

Para MINDLIN (1997) *apud* KIMINAMI *et alii* (1997:42), as organizações devem trabalhar tanto com o *Konow-How* quanto com o *Know-Why* como sendo os fundamentos para a capacitação tecnológica.

Assim, o papel do desenvolvimento e treinamento de recursos humanos nas organizações contemporâneas assume uma posição cada vez mais alinhada às estratégias empresariais, conforme destacado por LAM e SCHAUBROECK (1998) *apud* BATALHA (2000). Em vista disto, a avaliação dos ativos intangíveis é cada vez mais necessária na medida em que estes estão diretamente relacionados com a capacidade de aprendizagem e sobrevivência da organização.

BATALHA *et alii* (2000:17) afirmam que “*melhores condições de desempenho estão reservadas a empresas que conseguem identificar, alimentar e direcionar o capital intelectual mais rapidamente e de modo mais completo. Isto é, os pontos fortes e fracos de seu capital intelectual podem lhe assegurar melhor ou pior posição no mercado*”.

Quanto à influência dos fatores que determinam a competitividade das empresas, BATALHA *et alii* (2000) classificam, em ordem decrescente de importância: pesquisa e desenvolvimento (P&D), diversificação, recursos humanos, economia de escopo, economias de escala, qualidade dos insumos, qualidade dos produtos e custo final dos produtos.

3.2 Competência, Habilidade e Atitude

Para LOASBY (1997), o conceito de competência não se encontra bem definido. SMITH (*apud* LOASBY, 1997) *apud* BATALHA *et alii* (2000:18), salienta que “*a importância central de sua proposta de divisão do trabalho não deriva da capacidade de se fazer o melhor uso das diferenças existentes entre atitudes pessoais, mas da capacidade de*

se criar incrementos e também novos tipos de competências modernas, onde o desenvolvimento econômico se dá pelo incremento da produtividade e não de eficiência alocativa”.

Os autores concluem, portanto, que o indivíduo ou agente econômico deve se auto-desenvolver de modo a criar suas próprias competências, fornecendo à organização a qual pertence desenvolvimento endógeno com entrega permanente de ganhos de conhecimento.

MAGALHÃES *et alii* (1997:14) definem competência como sendo “*o conjunto de conhecimentos, habilidades e experiências que credenciam um profissional a exercer determinada função*”. Para BATALHA *et alii* (2000) tal afirmativa restringe o conceito às questões técnicas relacionadas ao trabalho e à especificidade do cargo.

Por outro lado, ZARIFIAN (1965), atribui menor importância às questões técnicas e maior aos atributos que permitam ao profissional lidar com eventos inéditos, surpreendentes, de natureza singular. O conceito está lastreado, portanto, na premissa de que, “*em um ambiente dinâmico e competitivo, não é possível considerar o trabalho, mesmo que englobe a dimensão da equipe, como um conjunto de tarefas ou atividades pré-definidas e estáticas*” (ZARIFIAN, 1965:5).

SPARROW e BOGNANNO (1994) ao tratarem do mesmo tema, fazem menção a um repertório de atitudes que permitam ao profissional adaptar-se rapidamente a um ambiente cada vez mais instável, fazendo uso produtivo do conhecimento e tendo uma orientação permanente para a inovação e a aprendizagem. De acordo com esses autores, competências representam atitudes identificadas como relevantes para a obtenção de alto desempenho em um trabalho específico ao longo de uma carreira profissional ou no contexto de uma estratégia corporativa.

DURAND (1998) desenvolveu um conceito de competências baseado em três dimensões: conhecimento, habilidade e atitude, englobando não apenas questões técnicas, mas também a cognição e atitudes relacionadas ao trabalho. Para o autor, competência diz respeito ao conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes interdependentes e necessárias à consecução de determinado propósito.

DURAND (1999) acrescenta que o desenvolvimento de competências se dá por meio da aprendizagem individual e coletiva, envolvendo simultaneamente três dimensões: a) assimilação de conhecimentos, b) integração de habilidades e c) adoção de atitudes relevantes para um contexto organizacional específico ou para obtenção de alto desempenho no trabalho. Na medida em que procuram integrar aspectos técnicos, sociais e atitudes relacionadas ao trabalho, estas abordagens parecem possuir aceitação mais ampla tanto no ambiente empresarial como no ambiente acadêmico.

A competência, para FLEURY (1998), consiste em saber mobilizar, integrar e transferir recursos, conhecimento e capacidades, dentro de um contexto profissional. O contexto profissional molda o termo competência dentro de um enfoque prático, não se constituindo no acúmulo de conhecimento.

Porém para BATALHA *et alii* (2000), o termo habilidade pode ser interpretado como a “capacitação para efetuar determinada tarefa”, referindo-se ao domínio de conhecimento sobre determinado assunto, de forma pura e simples. Também o conceito de atitude pode ser descrito como sendo a norma de proceder ou a adoção de um ponto de vista em certas conjunturas ou, ainda, como a disposição interior refletindo-se na maneira de enfrentar um problema.

Assim, com base nessas abordagens, BATALHA *et alii* (2000) afirmam que a competência consiste em agregação de valor para o contexto profissional, resultando em entregas permanentes, passando a integrar o patrimônio de conhecimento da empresa em forma de avanços tecnológicos. Por outro lado, a habilidade consiste em saber fazer, apenas resultando na capacidade do indivíduo hábil em executar tarefas, recaindo na simples ação de realizar atividades e/ou funções. Em ambos os casos, tudo é efetuado através de atitudes que se constitui no meio pelo qual se norteiam a competência e a habilidade.

O Quadro 3.1, proposto por FLEURY (1998), aponta algumas características relativas as habilidades e competências de um profissional.

Quadro 3.1
Diferença entre os Conceitos de “Competência” e de “Habilidade”

Conceito	Definição	Mensuração	Características
----------	-----------	------------	-----------------

Competência	Agregação de valor	Nível de complexidade de atribuições e responsabilidade	Resulta em entregas permanentes, passando a integrar o patrimônio de conhecimento da empresa
Habilidade	Saber fazer	Certificação por pessoas/entidades legítimas	Resulta na capacidade de executar tarefas, atividades e/ou funções

Fonte: FLEURY (1998) *apud* BATALHA *et alii* (2000:19).

FLEURY (1998) afirma que a competência pode ser medida no nível de complexidade das tarefas realizadas pelo indivíduo. Quanto mais complexa for a tarefa, maiores as competências exigidas do indivíduo. Por outro lado, a habilidade pode ser sinalizada através de certificados, diplomas, provas e atestados verbais ou escritos de que determinado indivíduo possui os conhecimentos por ele alegado.

Por fim, FLEURY (1998) salienta que, enquanto a habilidade é *adquirida* através de cursos técnicos, leituras e estudos diversos, a competência é *formada*, ou melhor, origina-se da interação de três agentes:

- (1) biografia e socialização (sujeito);
- (2) organização do trabalho (situação profissional);
- (3) formação profissional (sistema de formação).

Assim, a competência resulta das experiências de vida do indivíduo e dos frutos de seu relacionamento com a sociedade, ou seja, das trocas de valores entre pessoa e sociedade. Esta situação altera-se segundo a situação profissional do indivíduo, ou seja, o contexto em que ele atua influenciará fortemente suas competências. Por fim, pode-se dizer que a competência é formada a partir do constante aprendizado, ou dos conhecimentos adquiridos pelo profissional ao longo de sua formação técnico-científica. A incessante interação de todos esses fatores resulta em competências do indivíduo.

3.3. Capacitação e formação de recursos humanos para a moderna Biotecnologia

As transformações em curso no cenário da Ciência e Tecnologia, somadas ao processo de globalização dos mercados, têm colocado novo ritmo e novos parâmetros ao processo de inovação. E a biotecnologia encontra-se no centro deste movimento.

Se no início das movimentações em torno da moderna biotecnologia (no final dos anos 70) as principais disciplinas aí envolvidas voltavam-se àquelas de cunho mais tradicional das áreas de biologia e das ciências da saúde e agrícola, tal cenário alterou-se significativamente nos anos subsequentes, procurando dar um perfil multidisciplinar a uma área do conhecimento que, praticamente como nenhuma outra, possui exatamente essa característica. Senão vejamos. Em 1991, a USP implantou seu primeiro mestrado em Biotecnologia, “com 42 pesquisadores dos Institutos de Química (mais precisamente a Bioquímica), de Ciências Biomédicas, da Escola Politécnica, da Faculdade de Economia e Administração, do Instituto Butantan e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas. O curso abriu com apenas 15 vagas e o tempo previsto para titulação é de 3 anos. O curso oferece um elenco de 50 disciplinas, envolvendo as diferentes áreas do conhecimento relacionadas com a biotecnologia e envolve o melhor conjunto de pesquisadores que o país possui na área” (Zancan, 1992:11). Percebe-se com esse exemplo, a preocupação de se envolver profissionais de diferentes áreas do conhecimento no desenvolvimento do ensino e da formação em biotecnologia.

De toda forma, já em 1981 o governo federal lançou o Programa Nacional de Biotecnologia (PRONAB), com o subprograma de Engenharia Genética. O mesmo ocorreu com o PADCT (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico), em 1984. A formação e treinamento de recursos humanos, notadamente em biologia molecular, foram bastante incentivados por esses programas. Porém, a política que aportou maior sucesso foi a concessão de bolsas de estudos através do Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Áreas Estratégicas, o RHAE. O Programa oferece o apoio à formação de recursos humanos, por meio de uma maior interação entre universidades, institutos públicos de pesquisa e empresas. O objetivo é a “melhoria das condições de competitividade dos setores e entidades apoiados, mediante elevação de capacidade tecnológica” (site www.cnpq.br/rhae).

Resumidamente, as características básicas do RHAE são: “apoio institucional (ou interinstitucional) para a capacitação de recursos humanos (...); concessão de cotas de bolsas de diferentes modalidades (...); multiplicidade de estratégias de capacitação (...); administração da cota de bolsas aprovadas e avaliação do desempenho dos bolsistas (...); avaliação por objetivos finais, pela agência executora e pela coordenação geral do RHAE, incluindo análise dos impactos do programa nas instituições participantes e em cada área prioritária, bem como na composição e expansão da base técnico-científica brasileira”

(Cornelsen *et alii*, 1994:531). Inicialmente, o Programa indicou áreas a serem prioritariamente apoiadas: química fina, biotecnologia, informática, microeletrônica e novos materiais.

No período entre 1992/94, 2.461 bolsas para atividades relacionadas à biotecnologia foram financiadas, a maior parte em pesquisa básica. Porém, o perfil começava a mudar, predominando projetos consorciados envolvendo empresas, centros de pesquisa e universidades (Cornelsen *et alii*, 1994). O Quadro 3.2, abaixo, apresenta o número de bolsas cedidas pelo Programa RHAE/Biotecnologia. A participação de empresas e cooperativas no total das 6.120 bolsas concedidas no período 1988/1994 ainda era fraco, apenas 6%. De toda forma, houve um aumento da participação das empresas e cooperativas nesse Programa, tendo atingido 11% do total em 1994. Em todo o período foram concedidas 364 bolsas a 33 empresas e cooperativas (Guedes & Craveiro, 1995).

Quadro 3.2
Número de bolsas concedidas pelo Programa RHAE/Biotecnologia
a empresas e cooperativas entre 1988 e 1994

Ano	Total de bolsas concedidas	Bolsas concedidas a empresas e cooperativas	% do total
1988	1.148	0	0
1989	1.099	55	5,0
1990	130	0	0
1991	1.282	77	6,0
1992	1.252	118	9,42
1993	599	46	7,68
1994	610	68	11,15
Total	6.120	364	5,95%

Fonte: Guedes & Craveiro (1995)

Para Zancan, um dos maiores problemas referentes ao desenvolvimento da biotecnologia no país no início dos anos 90 não repousava nos recursos para a formação de mão de obra, mas sim na estrutura pública e privada de pesquisa. “Os dados do RHAE demonstram que a formação de recursos humanos na área de biotecnologia não está limitada pela falta de instrumentos de fomento, mas sim pela situação da rede de laboratórios de pesquisa e das empresas nacionais” (Zancan, 1992:14). Chamava-se notadamente atenção para os laboratórios das universidades federais. Porém, a autora também apontava um temor, na época (início dos anos 90), de carência de profissionais em algumas áreas-chave para a biotecnologia, como os engenheiros de bioprocesso, “essenciais para transformar as descobertas de laboratório em produtos comerciais” (Zancan, 1992:16).

O mesmo foi colocado em relação à microbiologia, disciplina na qual poucos profissionais eram formados por ano, a maioria dos cursos não apresentava bom nível e na qual faltavam recursos humanos em áreas estratégicas, como genética e fisiologia de microorganismos.

Na verdade, o país, até os anos 80, possuía um razoável nível de conhecimento em várias disciplinas básicas para o desenvolvimento da moderna biotecnologia. Porém, um novo desafio se colocava, qual seja, acompanhar a evolução dessas disciplinas, saber utilizar esses conhecimentos sob novas perspectivas, se capacitar para trabalhar com novas técnicas e novos equipamentos que eram introduzidos no mercado e traduzir tudo isso em novas tecnologias e produtos⁷. Esse era o desafio – treinar pessoal habilitado para seguir a fronteira tecnológica em biotecnologia sob uma nova ótica.

Machado e Salles-Filho (1996) chamaram a atenção para esse fato, ou seja, da exigência da reciclagem de conhecimentos para ser possível o acompanhamento do avanço científico, que, por sua vez, colocava (e coloca sempre) reconfigurações em padrões estabelecidos, sejam acadêmicos, tecnológicos ou relativos aos mercados. Para os autores, as reações contrárias à biotecnologia “apenas contribuíram para o atraso na reciclagem em novos métodos científicos por parte dos recursos humanos atuantes em melhoramento genético e na formação de novas equipes de pesquisa, isto fruto também do posicionamento reacionário da Universidade, que em sua maior parte não tratou da atualização de seus professores no assunto, a tempo de acompanhar as mudanças” (Machado e Salles-Filho, 1996:52), fato que refletiu na formação de recursos humanos e na capacitação para a competitividade do país.

Discutindo o perfil e a formação de recursos humanos em melhoramento genético, os autores afirmam que disciplinas básicas em biotecnologia são, geralmente, abordadas muito informalmente, não oferecendo ao estudante uma visão sistêmica do processo de desenvolvimento das áreas de conhecimento, reforçando, ao contrário, uma visão pontual e restrita tanto do corpo disciplinar, como da própria ciência, separando-a em pura e aplicada, reforçando, além disso, o foco nas necessidades imediatistas do mercado. “O novo melhorista necessita adquirir amplos conhecimentos sobre biodiversidade, etnobotânica ou etnozoologia, ecologia, coleta e preservação de recursos genéticos, biologia molecular

⁷ Um dos maiores problemas do cenário brasileiro em C&T é justamente esse: a transformação do conhecimento acadêmico (que em geral, no país, é de bom nível) em tecnologias, produtos e conhecimento aplicado. Esse tema é muito bem tratado por Brito Cruz (2000), que apresenta informações

aplicada ao screening de genótipos, genética estatística, informática, legislação patentária e de biossegurança. Deve ter um perfil que combina a busca de recursos genéticos com a tecnologia mais recente" (Machado e Salles-Filho, 1996:62).⁸ Ainda segundo os autores, é fundamental o profissional compreender a necessidade de dominar uma nova linguagem associada tanto à biologia molecular, como à informática, por exemplo, para ter condições de acompanhar o desenvolvimento técnico-científico em nível mundial.⁹

Discussões semelhantes às apresentadas acima aparecem no caso da área de biodiversidade. Num estudo realizado sobre essa área do conhecimento, Assad Rios *et alli* (1996) afirmam que mesmo com uma estrutura diversificada de fontes de financiamento no país para a formação e capacitação de profissionais nessa disciplina, assim como um número razoável de cursos em nível de pós-graduação, não cresceu suficientemente o número de especialistas em biodiversidade no Brasil para dar conta das "necessidades e demandas em termos de conhecimento, conservação e uso 'inteligente' e econômico da Biodiversidade. Para podermos aproveitar a nossa diversidade biológica de forma integral, teremos necessidade de pesquisadores formados nas mais diferentes áreas do conhecimento, dentre elas entomologistas, sistematas e taxonomistas, biólogos, bioquímicos, fisiologistas, geneticistas, químicos, agrônomos e engenheiros. Além de administradores, economistas e advogados, especialistas em direito ambiental, uso e acesso à biodiversidade, propriedade industrial, gestão e informação, e valoração da Biodiversidade" (Assad Rios *et alli*, 1996:20).

Entretanto, os próprios autores afirmam que é necessário que se defina uma política sobre o que e para que se pretende desenvolver a biodiversidade no país, em que áreas se pretende ser competente, para então selecionar aquelas que seriam incentivadas, focando assim ações e políticas. Na verdade, essa é uma atitude que serve para qualquer área do

interessantes sobre o contexto brasileiro e mundial sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, além de fazer uma análise profunda e de referência sobre o assunto.

⁸ O texto apresenta uma lista das disciplinas nos cursos de pós-graduação que deveriam receber maior atenção, como ligação genética; genética quantitativa e genética de populações; evolução, ecologia evolucionária e origem e evolução de plantas cultivadas; conhecimento em sistemas computacionais e software; regressão linear e múltipla e análise multivariada em análise genética, entre outras (ver p. 63).

⁹ Os mesmos autores apontam que nos anos 60 e 70 não era difícil encontrar menção a autores brasileiros em citações internacionais na área de melhoramento de plantas, aspecto que corria o risco de não mais se verificar caso não houvesse uma imediata requalificação dos profissionais no país. Também comentam que a reconhecida revista deste mesmo período, a *Crop Science*, cedeu lugar à *Theoretical and Applied Genetics* (TAG), justamente devido à mudança de perfil das áreas do conhecimento relacionadas à biotecnologia.

conhecimento, sendo facilitada quando o país possui diretrizes claras e objetivas quanto ao desenvolvimento da C&T e de áreas estratégicas nacionais.

Um dos maiores feitos do país em relação à biotecnologia foi o sequenciamento do DNA da bactéria *Xylella fastidiosa*, causadora do amerelinho, doença que ataca os laranjais, prejudica o desenvolvimento dos frutos e, consequentemente, causa danos (produtivos e financeiros) em toda a cadeia produtiva citrícola. O programa conseguiu reunir um grupo volumoso de pesquisadores (cerca de 200), das mais diversas áreas do conhecimento e de diferentes instituições paulistas de pesquisa (um consórcio de 35 laboratórios). O fato em si tem um grande significado para a pesquisa em genética no Brasil, mas chama atenção também para um aspecto preocupante: a falta de profissionais capacitados para suprir a demanda que está crescendo rapidamente por esse tipo de atividade – o sequenciamento genético. Para um dos pesquisadores do Programa Genoma, responsável pelos trabalhos de bioinformática, a carência de pessoal especializado nessa área no país – há apenas dois grupos em todo o território nacional – pode atrasar em muito os trabalhos e estudos genômicos no Brasil. Praticamente não se pode mais pensar em biotecnologia e mesmo em biologia sem pensar em computação e, portanto, em matemática, estatística e informática, de forma correlacionada. Assim sendo, faz-se mais que urgente repensar nos currículos e grades curriculares dos cursos tanto de graduação como de pós-graduação das áreas correlatas às ciências da vida e, portanto, à biotecnologia.

Porém, se esse aspecto parece óbvio à primeira vista, há ainda muita rejeição a mudanças no ensino dessas disciplinas no Brasil e na América Latina em geral. Em um projeto de pesquisa realizado pela equipe do GEOPI/DPCT/Unicamp relacionado a agenda curricular das Ciências Agrárias e sua relação com a capacitação de recursos humanos, competitividade e inovação, em relação à biotecnologia os especialistas latino-americanos consultados apresentaram uma visão contraditória sobre essa área do conhecimento. Enquanto que em um dado momento (quando responderam questões abertas sobre a questão curricular), os “respondentes tenham insistido na necessidade de atualizar técnicas de melhoramento por meio da capacitação em biologia molecular, a mesma preocupação não apareceu nas questões dirigidas, nas quais o tema biotecnologia é priorizado apenas em sua forma mais agregada (...). Uma possível explicação para isso é o fato de existir forte competência na Região em melhoramento genético de plantas, o que teria levado os respondentes (boa parte deles técnicos que trabalham com melhoramento) a desconsiderarem a necessidade de sua própria reciclagem quando argüidos diretamente

sobre isto. É hoje inegável que o melhoramento genético passa por uma revolução em suas bases disciplinares. Não se concebe mais o desenvolvimento de variedades sem o uso de técnicas de biologia molecular e sem o conhecimento do manejo da biodiversidade e isto nem sempre é encarado com a devida atenção por aqueles que se formaram no melhoramento tradicional e que, com esta competência, realizaram, durante décadas, um trabalho de alto impacto produtivo e econômico” (Salles-Filho *et alli*, 2000:12).

Ultrapassar essas barreiras em relação à necessidade de atualização dos currículos, adotando-se para isso uma visão sistêmica do contexto onde se desenvolve o conhecimento em qualquer área disciplinar, mas na biotecnologia em particular, é o primeiro passo para se repensar na formação e capacitação de profissionais aptos a trabalhar para o desenvolvimento de novas técnicas em biotecnologia, para que o país, num futuro próximo, não se torne “apenas” sequenciador de genes, fato que, se hoje nos coloca entre as principais nações do mundo em sequenciamento genético, não nos garante um lugar na segunda e na terceira etapas, mais ainda sofisticadas, desta aventura, quais sejam - a identificação das funções dos genes e sua aplicação (tanto clínica, como agronômica, no caso da saúde e da agricultura).

Assim, o rápido avanço tecnológico demanda profissionais que possuam habilidades e conhecimentos atualizados em biotecnologia. Mas isto não é suficiente. Também é necessário que estes profissionais sejam minimamente capazes de inserir estes conhecimentos – e os produtos e serviços que deles podem advir – em um contexto ético e útil para a sociedade. É vital que o Brasil acumule recursos humanos flexíveis, sintonizados com as preocupações e anseios da sociedade, e que possam efetivamente aumentar a competência do país em biotecnologia. Enfatizando a discussão empreendida na primeira parte deste capítulo, salienta-se que a competência em uma determinada área do conhecimento não se resume ao domínio de técnicas e a disponibilidade de mão-de-obra com habilidades suficiente para o exercício de tarefas determinadas, mas deve estar relacionada ao contexto sócio-econômico-cultural do país em questão. Muitas das questões que envolvem a biotecnologia estão relacionadas a questões éticas, econômicas, de saúde pública etc. O uso de terapias gênicas em humanos, por exemplo, depende em grande parte das culturas locais. Embora em um grau menor de importância, esta observação também se aplica aos alimentos geneticamente modificados.

Infelizmente, não existem estatísticas precisas, em nível mundial, sobre a quantidade de empregos gerados pela biotecnologia. No entanto, a OCDE estima que, nos países que a compõem, terá um impacto positivo importante na geração de emprego e renda.

Assim, não existem dúvidas sobre a importância do papel que a formação de recursos humanos adequados deve ocupar em qualquer plano nacional de desenvolvimento da biotecnologia. Estimar, com algum grau de precisão, o número necessário ao desenvolvimento do setor em um determinado país não é uma tarefa fácil. Para avançar nesta direção seria necessária a utilização de técnicas qualitativas de pesquisa como, por exemplo, o método *Delphi*. Vale destacar que este não é um dos objetivos deste trabalho.

De uma certa forma pode-se dizer que o mercado de trabalho para pessoal altamente qualificado nesta área pode se tornar rapidamente globalizado. A falta de pessoal capacitado, mesmo nos países ditos desenvolvidos, pode induzir uma migração de cérebros de países em desenvolvimento, com razoável capacitação científica e tecnológica, para as economias centrais do planeta e/ou para países que lhes ofereçam melhores condições de trabalho. Sabe-se, por exemplo, da falta de pessoal capacitado em alguns pequenos países da Europa como, por exemplo, Finlândia e Suécia. O fortalecimento de grandes empresas transnacionais nesta área também facilitaria este movimento.

Considerando uma situação de sucesso na implantação de uma política de formação de recursos humanos de alto nível em biotecnologia no Brasil, não é difícil imaginar que o país torne-se um fornecedor de mão-de-obra para os países mais ricos. Recentemente esta situação verificou-se na informática. Desta forma, parece evidente que não é suficiente formar um profissional de qualidade: também é vital proporcionar-lhe condições adequadas de trabalho.

Aparentemente, existe um consenso entre os especialistas da área que educação em biotecnologia, em nível de graduação, deve concentrar-se nos cursos já existentes de ciências biológicas, agronomia e engenharia. Assim, uma maior especialização no assunto seria fornecida em cursos multidisciplinares de pós-graduação.

Existe, obviamente, uma correlação direta entre o número de unidades acadêmicas de formação e o número de estudantes que podem ser treinados para atuar nas organizações

que trabalham com biotecnologia (empresas industriais e, também, IES e institutos de pesquisas). Por consequência, seria interessante estimar, com mais acuidade do que aquela pretendida por esse trabalho, a capacidade do sistema de pós-graduação brasileiro em formar estes profissionais (número e especialização dos profissionais). Deve-se ter em consideração que o sistema deve ser capaz de produzir profissionais não somente para as IES e Institutos de Pesquisa, mas também para as empresas de biotecnologia.

O Quadro 3.3 apresenta o número de estudantes que podem ser formados em biotecnologia no Reino Unido por tipo de curso, segundo o número de professores disponível. Situação similar a essa também foi encontrada nos EUA.

Quadro 3.3
Número de estudantes que podem ser formados em biotecnologia
no Reino Unido segundo o tipo de curso

	Duração do curso (anos)	Número de estudantes por professor	
		Total	Por ano
M.Sc.	1	5	5
Ph.D.	3	3-4,5	1-1,5

Relatório da OECD (BULL, 1982) ressalta também a importância de uma educação científica e tecnológica de alto nível em biotecnologia - envolvendo questões ligadas a fatores econômicos, comerciais e sociais derivados da criação de novos produtos, processos e serviços - para o desenvolvimento de qualquer país nesta área. Pesquisa realizada em 1994 (SAGB, 1994) demonstrou que a disponibilidade de mão-de-obra qualificada¹⁰ era o fator considerado mais importante no direcionamento de investimento de unidades fabris da indústria farmacêutica.

Pesquisa realizada em 324 empresas farmacêuticas trabalhando com biotecnologia na região da OCDE demonstra claramente a importância da formação de pessoal altamente qualificado para atuar nestas organizações (SAGB, 1994). O Quadro 2.4 apresenta a percentagem de pessoal, segundo sua qualificação, trabalhando em atividades de P&D nas empresas citadas acima.

¹⁰ Os outros fatores em ordem decrescente de importância eram: ambiente institucional de regulação, proximidade de institutos científicos, custos locais, proximidade com a sede da empresa e, finalmente, processos burocráticos.

Quadro 3.4
Porcentagem de pessoal trabalhando em P&D em indústrias
farmacêuticas na região da OCDE

Titulação	Percentagem do pessoal segundo a formação (média)	Mediana
Nenhuma	7	5
Graduados	30	31
Mestres	18	15
Doutores	40	38
Médicos	5	2

Fonte: SAGB, 1994.

O Quadro 2.4 reforça os comentários relacionados ao Quadro 2.3 e evidencia ainda mais a importância da formação de pós-graduados para a biotecnologia nacional.

4. A FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS PELO SISTEMA DE PÓS-GRADUAÇÃO NO BRASIL: UM RÁPIDO PANORAMA

De acordo com BORRÁS (2000), percebe-se que os novos paradigmas da globalização produtiva, que vêm atingindo as principais economias do planeta exigem das organizações um alto grau de flexibilidade e competência produtiva e tecnológica. Este novo quadro que está apresentando-se pressupõe a formação de profissionais capazes de satisfazer tais necessidades por intermédio do domínio de conhecimentos e habilidades multidisciplinares.

Pesquisa realizada por BATALHA *et alii* (1999), traçou o perfil demandado para o setor de agronegócios no Brasil e a capacidade que o sistema educacional nacional possuía de atender esta demanda. Embora o trabalho tenha sido orientado para o conjunto de agentes do agronegócio nacional¹¹, algumas conclusões podem ser facilmente inferidas para outros setores da economia. Segundo estes pesquisadores, o processo de globalização produtiva inseriu as organizações em um contexto internacional de negócios extremamente competitivo e multifacetado do ponto de vista da cultura de negócios. Assim, estas mudanças exigiriam organizações flexíveis conduzidas por pessoas com alto grau de liderança e possuindo claros princípios de moral e ética. Além destes fatores, as instituições pesquisadas apontaram a necessidade de poder contar com profissionais que saibam trabalhar em condições de stress, trabalhar em grupo. Somando-se a estas características pessoais, as instituições identificaram a necessidade de o profissional, mesmo para ocupar cargos ligados a tecnologia de produto e processo, possuir uma sólida formação em instrumentos de gestão e de economia.

Para que o ensino superior e de pós-graduação brasileiro possa formar profissionais com esse perfil, BORRÁS (2000) indica a importância da modernização da estrutura organizacional e legal do ensino no Brasil, *"fazendo com que as ementas se tornem mais flexíveis e modernas, devendo se modificar de acordo com o dinamismo do mercado e no incentivo às pesquisas para preverem as tendências tecnológicas e profissionais que nortearão a formação de profissionais demandados pela sociedade"* (BORRÁS, 2000:207).

¹¹ A pesquisa abordou os seguintes setores: insumos agropecuários, agropecuária, distribuição, indústria agroalimentar, financeiro e máquinas e equipamentos.

Como será visto mais a frente, a criação dos mestrados profissionais ou tecnológicos é uma solução que parece apontar nesta direção.

Esta mesma pesquisa constatou que, nas pós-graduações, de maneira geral, não há uma efetiva aproximação dos programas de formação com algumas demandas efetivas ligadas a realidade dos problemas nacionais. Uma destas demandas é a de profissionais habilitados para atuar diretamente nos agentes produtivos, sem uma obrigatoriedade dedicação as atividades de pesquisa e ensino em Instituições de Ensino Superior. Para a maior parte desses cursos, que não apresentam contato forte com o consumidor/usuário/beneficiado de C&T, o pós-graduado deve apresentar um perfil puramente acadêmico. Segundo BORRÁS (2000:207), *"tal visão é, no mínimo, delicada para a pós-graduação brasileira que, desse modo, incorre no risco de formar acadêmicos pouco críticos e pouco capazes em desenvolver pesquisas básicas ou aplicadas, úteis para a sociedade"*.

Neste ponto da discussão é interessante fazer uma distinção entre os cursos de pós-graduação existentes no Brasil. No sistema atual existem cursos de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado, mestrado tecnológico/profissional e doutorado) e os cursos de pós-graduação *lato sensu* (especialização). Os cursos mais ajustados com as necessidades profissionais do mercado de trabalho ligado aos agentes produtivos representados por indústria, distribuição, agropecuária, etc, são os cursos de especialização (mestrado *lato sensu*)¹². Este fato pode ser explicado pela tendência de tais cursos trabalharem com profissionais que já atuam no setor produtivo, apresentando contato constante com o mercado de trabalho e, portanto, facilitando o intercâmbio de dados e informações das organizações produtivas com as instituições de ensino e C&T.

Os centros formadores de recursos humanos devem formar profissionais que saibam executar pesquisas básicas e aplicadas, mas que também saibam identificar quais os nichos de aplicação de seus resultados. Para tal, os cursos devem dotar o aluno de visão sistêmica e de conhecimentos que vão além dos conhecimentos teóricos ligados a sua disciplina específica de pesquisa. Esta não é uma característica facilmente encontrada nos programas brasileiros de pós-graduação *stricto sensu* tradicionais. Para BATALHA *et alii* (1999) "as

¹² Obviamente que uma pesquisa conduzida somente junto a instituições de pesquisa poderia apontar um resultado diferente daquele alcançado na pesquisa que encontrou estes resultados. Além disso, deve ficar claro que o sistema de pós-graduação também não pode cair na armadilha estratégica engendrada, muitas vezes, pelo imediatismo e falta de visão de longo prazo de alguns agentes produtivos. De qualquer forma, também deve ficar claro que o sistema de pós-graduação brasileiro também pode e deve formar profissionais para instituições outras que as de pesquisa e ensino.

organizações atuais exigem do profissional moderno, uma visão abrangente de todo o sistema produtivo no qual está inserido, com a intenção de prever as mudanças de mercado, adotando uma postura pró-ativa de trabalho, antecipando-se aos fatos e indicando soluções eficientes e eficazes aos problemas encontrados".

SCHWARTZMAN (1996) *apud* BORRÁS (2000), diz que “uma sociedade moderna não pode funcionar sem pesquisadores de alto nível, trabalhando em tempo integral em suas pesquisas e na formação de novos cientistas. Mas o setor produtivo requer, além disso, técnicos especializados, profissionais generalistas e prestadores de serviços de rotina”.

Assim, o sistema educacional brasileiro deve privilegiar a formação de profissionais cada vez mais capazes de aliar qualidades pessoais (subjetivas) com qualidades técnicas (objetivas), dotando-os de características de polivalência e flexibilidade.

4.1. O papel das agências de fomento nacionais na formação de recursos humanos no Brasil

As instituições de fomento a pesquisa sempre ocuparam um papel central na formação de pessoal pós-graduado no Brasil. Entre estas instituições destacam-se, em nível nacional, o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Deve-se ainda ressaltar o papel da FAP's estaduais, com destaque especial para a FAPESP no estado de São Paulo.

Para BARROS (1998) “uma demonstração do crescimento e maior organização política da comunidade científica brasileira pode ser dada pela criação da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC (1948), com o objetivo de defender os interesses da Ciência e dos cientistas, e do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF (1949), uma instituição que procurou fugir dos padrões burocráticos praticados nas demais instituições universitárias e na administração pública como um todo.

Ao tempo que se intensificam na comunidade científica as discussões sobre a institucionalização da Ciência e sobre o papel do Estado enquanto promotor do desenvolvimento científico e tecnológico, cresce a preocupação com a segurança nacional nos meios militares.

Em que pese a importância de todas essas iniciativas, o marco histórico para institucionalização da pesquisa e da formação de recursos humanos no Brasil será expresso pela criação, em 1951, do Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq (atual Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e da Campanha de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (atual Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Além do CNPq e da CAPES, outras iniciativas do Estado contribuem para o avanço do processo de institucionalização da pesquisa e da pós-graduação da pesquisa", (BARROS, 1998: 79).

Ainda segundo a mesma autora, o CNPq foi concebido nos moldes da *National Science Foundation* dos EUA, tendo como objetivo básico elaborar os Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBCDT), destinando-se a funcionar como "*instrumento de previsão, orientação e coordenação para assegurar uma atuação integrada das instituições que compõe o SNDCT (Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico)*". Em 1974 o CNPq foi transformado em organismo central do SNDCT, tendo sido dotado de flexibilidade administrativa, financeira e sólida estrutura institucional, agora sob o regime de fundação (Lei 6.129, de 6/11/1974). Segundo esta autora, a emergência de novos atores institucionais na área de C&T trouxe, necessariamente, reflexos para a atuação do CNPq. "*(...) não ocorreu um perfeito entendimento entre MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia, criado em 1985) e o CNPq para delimitação dos seus papéis, tendo o primeiro preterido suas atribuições como o novo coordenador da política de C&T em favor de um conjunto de medidas para áreas consideradas estratégicas (Biotecnologia, Informática, Química Fina, Mecânica de Precisão e Novos Materiais)*" BARROS (1998:82).

Segundo SOUZA PAULA *et alii* (1988) *apud* BARROS (1998), "*a CAPES foi criada com base nas mesmas motivações que levaram à criação do CNPq, relacionadas à necessidade de se estabelecer uma base científica nacional que desse suporte às demandas oriundas da nova configuração do setor produtivo e que também contribuísse para o processo de autonomia tecnológica pretendida pelo país, (...) visando promover uma campanha de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior em todas as áreas e também atender às necessidades de docentes, pesquisadores e pessoal técnico das Universidades*".

BARROS (1998) sustenta a idéia de que a integração da política de C&T e a de recursos humanos de alto nível deve ser vista como resultado desejável das ações do Estado no setor, considerando o significado mais amplo de uma política de formação de RH altamente qualificados para a sociedade como um todo. Para eles, seria benéfico a atuação dual da CAPES e do CNPq no âmbito da política de formação de recursos humanos, sendo percebido, por alguns críticos, como superposição de papéis.

Para BARROS (1998:83), embora “*a CAPES tenha nascido como uma campanha voltada exclusivamente para o aperfeiçoamento do corpo docente universitário, logo ficou claro que sua atuação deveria ser ampliada de modo a atender a qualificação de pessoal para os diversos segmentos da sociedade. De outro lado, o CNPq continuou direcionando sua atuação para a formação prioritária de pesquisadores, sendo que só a partir de meados da década de 1970 sua política de formação de recursos humanos se estende para além das fronteiras do sistema de ciência e tecnologia. Mas ainda hoje o CNPq mantém uma certa vocação para a formação de recursos humanos para a ciência, para a pesquisa*”.

A partir de meados da década de 1970, a CAPES consolidou seu papel de condutora da política de formação de recursos humanos de alto nível no âmbito do Ministério de Educação e Cultura (MEC) e fora dele, conferindo-lhe uma identidade institucional voltada para a conquista da base científica em recursos humanos de alta qualificação.

Ainda para BARROS (1998), a busca de uma atuação mais integrada entre as principais agências de financiamento da pós-graduação tem como marco a criação, em 1975, do Grupo Técnico de Coordenação (GTC), no âmbito do Conselho Nacional de Pós-Graduação (CNPG), do qual faziam parte o Departamento de Assuntos Universitários (DAU), a CAPES, o CNPq, a FINEP e o Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (FUNTEC). O CNPG foi transformado, em 1984, no Grupo Técnico Consultivo (GTC), passando a representar um canal de aproximação e ajuste entre as políticas e ações de fomento das principais agências do país, a CAPES, o CNPq, a FINEP, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a Secretaria de Tecnologia Industrial (STI).

No entanto, BARROS (1998:109) afirma que “*a distribuição de pesquisadores por área existente no país hoje desenvolveu-se de maneira espontânea e aleatória, sem que alguma política orientasse de maneira ordenada esse processo de tamanha complexidade*”.

Seguiu-se muito mais uma lógica interna do desenvolvimento de cada área do que um planejamento racional face às necessidades de desenvolvimento global do país. Entretanto, se por um lado o perfil apresentado hoje não se adequa às necessidades e prioridades do país por outro lado, não é possível reestruturá-lo facilmente a curto prazo”. Desta forma, evidencia-se uma ação indutora tímida praticada pelas agências de fomento na formação de recursos humanos. Vale ressaltar que o país não pode prescindir deste caráter indutor das agências de fomento.

Como forma de tentar superar este problema e aumentar a referida capacidade de indução das agências de fomento na formação de profissionais de alto nível em áreas consideradas estratégicas para o país, instituiu-se o Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAE) em 1987. As áreas de Energia, Micro-eletrônica, Meio Ambiente, Tecnologia Industrial Básica e Tecnologia Mineral foram adicionadas àquelas inicialmente estabelecidas como prioritárias no âmbito do programa.

BARROS (1998) explicita a relação muito forte de subordinação da política de C&T à política econômica, além de outro aspecto que perpassa a política de C&T e, consequentemente, a política de formação de recursos humanos qualificado, definindo-se como a visão de serem ambas tratadas como fatores de desenvolvimento e modernização do Estado brasileiro. Entretanto, a autora também afirma que a política de formação de recursos humanos de alto nível parece ter tido um desempenho mais estável do que a de C&T, a despeito das dificuldades enfrentadas pelo setor.

De toda maneira, é interessante analisar o valor dos recursos que vem sendo despendidos pelas duas principais agências de fomento brasileiras, CNPq e CAPES, por meio de bolsas de estudos e auxílios (no país e no exterior). Tais valores, entre 1995 e 1998, podem ser visto no quadro 4.1.¹³ Percebe-se uma variação negativa no montante de recursos destinados à sustentação da pós-graduação no país. Os valores do CNPq sofreram uma diminuição de 27% entre 1995 e 1998, com uma queda proporcional entre bolsas e auxílios. No caso da CAPES, não estavam disponíveis os dados para 1995 e 1996. Foi realizada, então, uma extração dos dados de 1997 e 1998 (somou-se e dividiu-se por dois os montantes dos dois anos). Entre esses dois anos, o crescimento da oferta de bolsas cresceu

¹³ Na verdade, os dados do CNPq extrapolam os valores destinados à pós-graduação, pois aí estão incluídos outros tipos de financiamentos, como bolsa produtividade (voltada a professores universitários), DTI (bolsa de desenvolvimento tecnológico industrial, voltada a profissionais sem vínculo empregatício e que já tenham concluído o mestrado ou o doutorado), entre vários outros.

6,5%, passando de US\$ 202 milhões para mais de US\$ 215 milhões. Todos os dados estão em dólares de 1998.

Quadro 4.1

Dispêndios com a pós-graduação no Brasil, variação anual e participação do Estado de São Paulo em relação ao Brasil, CNPq e CAPES, 1995-1998

Anos	CNPq Brasil	CAPES Brasil	Total Brasil	Variação anual	ESP/Brasil (%) CNPq	ESP/Brasil (%) CAPES
1995	483.875,00	208.671,40	692.546,40	-	40,20	39,42
1996	456.600,00	208.671,40	665.271,40	(4,10)	38,14	36,98
1997	406.536,00	202.063,00	608.599,00	(9,31)	35,79	37,60
1998	350.252,00	215.279,80	565.531,80	(7,62)	32,47	34,03

Fonte: Salles-Filho *et al.*, in Brisolla e Carvalho (2001)

Novamente São Paulo aparece como a unidade da federação mais privilegiada quando do recebimento dos recursos, apesar de se verificar uma queda destes nos anos analisados, como também mostra o quadro acima. Tanto no caso do CNPq como no da CAPES, o Estado de São Paulo perdeu em participação quanto ao destino das bolsas dessas duas agências de fomento.

4.2. As fundações de amparo à pesquisa

Quanto às Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, a mais importante delas é sem dúvida a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). A FAPESP atua desde o início dos anos 60 (mais precisamente desde 1962) e tem como dotação orçamentária, fixado pela constituição estadual, 1% da arrecadação de impostos do Estado de São Paulo. Outras FAP's importantes no país são a FAPERJ (do Estado do Rio de Janeiro), a FAPEMIG (de Minas Gerais), a FAPERGS (do Rio Grande do Sul) e a FACEP (de Pernambuco). Nesse último caso, “*o CNPq dá apoio à formação de doutores em áreas estratégicas se a FAP local ajudar a dar condições de trabalho para o cientista depois de formado*” (BALBACHEVSKI e BOTELHO, 1999:139). Porém, muitas das unidades da federação constituíram suas fundações de amparo somente nos anos 80 e mesmo nos anos 90, incentivadas principalmente pelo CNPq e por discussões referentes a sistemas estaduais de inovação e de ciência e tecnologia.

No caso da FAPESP, no período compreendido entre 1995-1998, o total dos recursos despendidos entre as duas principais linhas de repasse de recursos (Fomento Regular – especialmente bolsas e auxílios - e Programas Especiais) não apresentou grandes

oscilações, passando de US\$ 240 milhões (1995) para US\$ 246 milhões (1998): “enquanto os recursos do Fomento Regular cresceram de maneira bastante significativa no período (de US\$ 75,6 milhões em 1995 para US\$ 187,9 milhões em 1998, com elevação contínua), a participação dos Programas Especiais teve sua importância diminuída de US\$ 164,1 milhões em 1995 para US\$ 58,6 milhões em 1998. (...) uma das razões apontadas para a queda foi a diminuição de recursos do Programa Infra-estrutura. Por outro lado, a pressão da comunidade científica paulista sobre os recursos para pesquisa da FAPESP ampliaram-se consideravelmente devido à queda dos recursos de fomento oriundos das agências federais.

Assim, a concessão de bolsas de pós-graduação ampliou-se de maneira considerável nos últimos anos, comprometendo até o crescimento dos auxílios à pesquisa, que se mantiveram praticamente estabilizados nos últimos anos” (SALLES-FILHO *et al.*, 2001). Em relação ao número de bolsas e auxílios, esse praticamente dobrou nesses 4 anos, passando de quase 6.000 para 11.900.

Deve-se também atentar para o fato que a FAPESP atrai grande número de candidatos a bolsas e auxílios dado que o valor destes serem geralmente superiores ao dos valores das agências federais e, além disso, estarem acopladas a recursos de reserva técnica.

As modalidades de bolsas aprovadas que mais cresceram no período foram as de mestrado e de doutorado *stricto sensu*, cujos valores passaram de cerca de US\$ 15 milhões em 1995 para quase US\$ 70 milhões em 1998. As áreas da Saúde, Engenharias e Biologia são as mais privilegiadas com recursos para bolsas, auxílios e projetos temáticos. Somente a primeira teve uma participação de quase 20% no total dos recursos em 1998, tendo atingido cerca de 25% em 1995.

Em relação aos programas especiais, não se pode deixar de citar o Programa Genoma, visando o estudo funcional da virulência e da patogenicidade da bactéria *Xylella fastidiosa*, agente causador da clorose variegada dos citros ou o “amarelinho”. Lançado em 1997, foi o quarto programa em 1997 e 1998 em recebimento de recursos – cerca de US\$ 3,25 milhões/ano, atrás do de infra-estrutura, reserva técnica, jovem pesquisador e rede ANSP (SALLES-FILHO *et al.*, 2001).

O mais importante a ser observado nesses casos de investimento em programas especiais é a formação e o estímulo à manutenção de redes de inovação no país. O exemplo

mais importante é o do próprio Projeto Genoma. O projeto, de cunho bastante acadêmico, estabeleceu parcerias entre o Estado, a iniciativa privada e as universidades para o desenvolvimento do mapeamento genético da *Xylella fastidiosa*, e obteve um investimento total de US\$ 15 milhões, envolveu cerca de 35 laboratórios e 200 pesquisadores e foi concluído em janeiro de 2000.

*“O projeto *Xylella fastidiosa* é o primeiro fitopatógeno que teve seu genoma mapeado em todo o mundo. São 2,7 milhões de bases genéticas da bactéria que foi escolhida pela sua importância atual no setor citrícola, pela possibilidade do seu cultivo em laboratório e por não ser uma linha de pesquisa praticada pelos principais centro de biologia molecular do eixo Estados Unidos-Europa-Japão. As capacitações adquiridas pelos laboratórios e pesquisadores brasileiros, especialmente aqueles participantes da Rede ONSA (Organization for Nucleotides Sequencing and Analysis), abrem novos caminhos para o estabelecimento de novas parcerias na área de biologia molecular”* (BONACELLI *et* SALLES-FILHO, 2000).

Outra rede formada com o apoio da FAPESP é a do Programa Genoma Humano do Câncer, em 1999, estabelecido por uma parceria entre a FAPESP e o Instituto Ludwig de Pesquisa sobre o Câncer, e que envolve 30 laboratórios e cerca de 150 pesquisadores. O objetivo é o mapeamento de 500 a 700 seqüências em material genético extraído de tumores gástricos, do colo do útero, do pescoço e da cabeça. US\$ 20 milhões já foram investidos por ambos os parceiros (Revista FAPESP, n. 52, 2000). O projeto, atualmente, é o segundo maior fornecedor de informações sobre câncer no mundo para o GenBank, um banco de dados internacional, no qual a informação torna-se pública (FSP, 13/7/00).

Em março de 1999, “a FAPESP também anunciou o financiamento do projeto BIOTA-FAPESP, o qual pretende construir um banco de dados sobre diversidade genética da flora e da fauna no Estado de São Paulo. Tal projeto envolve 200 especialistas de várias instituições e já identificou substâncias químicas extraídas de plantas que apresentam atividades contra fungos, tumores e doença de Chagas.

Um outro acordo foi anunciado também em abril de 1999 pela FAPESP, cujo objetivo é mapear os 50.000 genes da cana-de-açúcar. O projeto é conduzido em parceria com a Copersucar (Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo). Previu-se investimento de US\$ 8 milhões em 4 anos. Atualmente, 23 laboratórios de

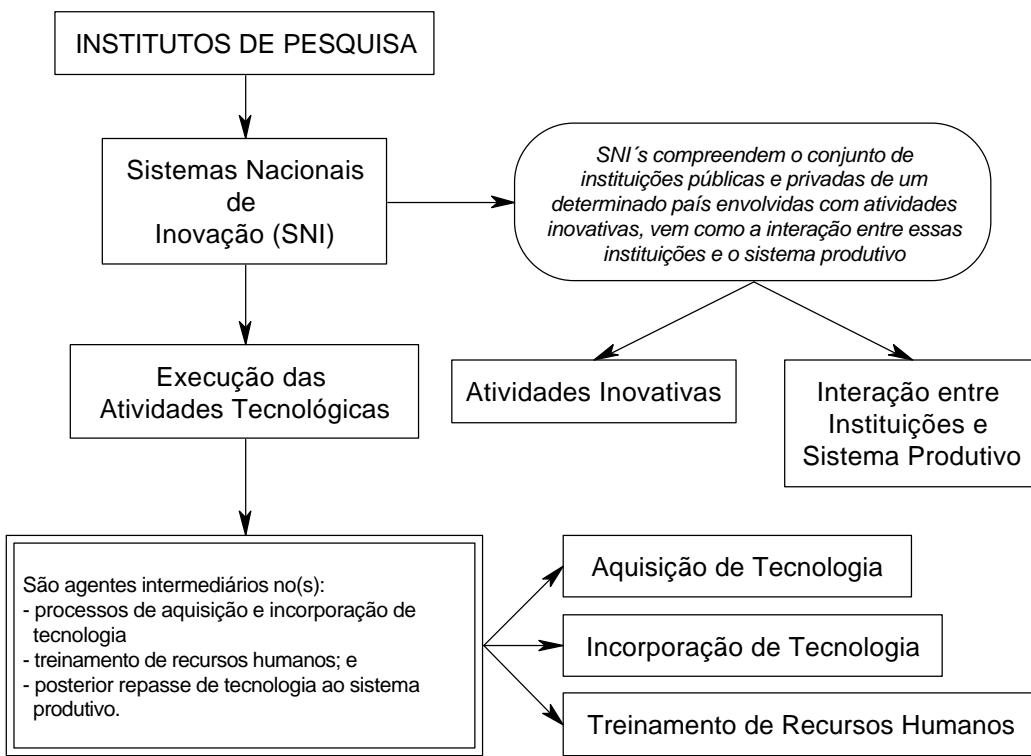
12 diferentes instituições estão participando do projeto. Até agora, 180 genes relacionados à reação de plantas contra doenças e 142 envolvendo o metabolismo da planta foram identificados" (BONACELLI *et* SALLES-FILHO, 2000).

4.3. Institutos de pesquisa tecnológica

Aliando-se aos órgãos e agências de fomento, os institutos de pesquisa tecnológica também têm papel importante na formação de recursos humanos de alto nível no Brasil. A trajetória dos institutos de tecnologia do país teve relação com as diferentes fases do desenvolvimento da indústria nacional, onde o esforço tecnológico realizado pelos institutos era constituído principalmente de serviços técnicos correntes, onde se faz evidente a forte relação entre os institutos de pesquisa e o Estado.

Como principais objetivos dos Institutos de Pesquisa Tecnológica encontram-se a necessidade de resgate do caráter público da pesquisa tecnológica, a garantia da autonomia relativa do Estado referente às pesquisas em áreas estratégicas, além do aprimoramento e desenvolvimento de planos de formação de recursos humanos de alto nível (ver Figura 4.1).

Figura 4.1
Funções dos Institutos de Pesquisas Tecnológicas



Fonte: IPT (1998).

A seguir encontra-se o Quadro 4.2 que indica uma visão agregada de instituições de pesquisa nacionais estando destacado, em negrito, as áreas de atuação e funções relacionadas com a Biotecnologia, direta ou indiretamente.

Quadro 4.2
Visão Agregada das Instituições Nacionais de Pesquisa Tecnológica

Instituto*	Vinculação	Local	Áreas de Atuação	Características
IPT – SP	Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico- ESP	SP	Eng. Civil, Geologia, Metalurgia, Química, Mecânica e Elétrica , Transporte, Economia e Eng. de Sistemas, Produtos Florestais, Couros e Calçados, Informação Tecnológica, Informática e Telecomunicações	Maior e mais antigo Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Industriais do Brasil
CIENTEC	Governo do Estado	RS	Pesquisa Básica e Aplicada, Desenvolvimento Experimental, Documentação e Informação, Testes, Padronização e Metrologia, Controle de Qualidade, Consultoria e Assistência Técnica, Incubadora Tecnológica, Levantamento, Prospecção, Monitoramento.	Principal centro de pesquisas e prestação de serviços tecnológicos do Estado do RS.
TECPAR	Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior – EPR	PR	Inteligência Artificial, Automação Industrial, Novos Materiais, Biotecnologia, Biologia Ambiental, Tecnologia de Alimentos	Colabora com a incorporação de novas tecnologias ao setor produtivo, incluindo a sua modernização.
CTUFSC	Departamento da Universidade Federal de Santa Catarina	SC	Eng. Elétrica, Arquitetura e Urbanismo, Eng. Mecânica, Eng. Civil, Eng. de Produção e Sistemas .	Preocupação constante com a transferência de conhecimentos e de tecnologias, buscando parcerias com empresas privadas e estatais.
IPD	Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP)	SP	Eng. Biomédica e Lasers, Planejamento Urbano e Regional, Meio Ambiente.	Encarregado de executar programas e projetos de pesquisa e desenvolvimento de caráter institucional, de fornecer assessoria técnica-científica a organismos públicos e privados e prestar serviços à comunidade.

ITAL	Órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo	SP	Engenharia, Tecnologia e Ciência dos Alimentos	Tem por objetivo pesquisar, desenvolver e transferir tecnologia para o setor produtivo, além de assessorar o Governo em estudos, projetos e normatização e padronização relacionados a embalagens e alimentos.
IPEA – CEPA/SC	Associação civil, de utilidade pública, de caráter técnico-científico, sem fins lucrativos, com personalidade jurídica de direito privado.	SC	Desenvolvimento Agrícola, Pesqueiro e Florestal.	Produz, mantém e divulga informações e estatísticas sobre a produção, o mercado e o desenvolvimento do setor rural e pesqueiro, além de realizar estudos prospectivos com vistas a subsidiar decisões do setor público e privado.

Fonte: IPT (1998). **(*) Siglas:** **IPT** (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), **TECPAR** (Instituto de Tecnologia do Paraná), **CETUFSC** (Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina), **IPD** (Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da UNIVAP), **ITAL** (Instituto de Tecnologia de Alimentos), **IPEA** (Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina).

4.4. Breve perfil da situação atual da pós-graduação no Brasil

A oferta e a demanda por cursos de pós-graduação no país vêm aumentando significativamente nos últimos anos. O crescimento da oferta foi motivado por diferentes fatores, dois deles, porém, mais explícitos: uma maior pressão por mão-de-obra qualificada pelo mercado de trabalho, assim como pelas instituições de ensino superior, que estão recrutando profissionais com maior titulação (ou seja, com título de mestre ou doutor), já que passaram a ser avaliadas pelo Ministério da Educação.

O número de cursos oferecidos cresceu cerca de 14% entre 1997 e 1998 (de 632 para 734) e caiu 12% entre 1998 e 1999 (nesse último ano foram 655 cursos oferecidos). Enquanto isso, o número de alunos inscritos nesses diferentes cursos cresceu de forma constante: 8% entre 1997 e 1998 (de 66 mil para quase 72 mil) e 16% entre 1998 e 1999, atingindo, nesse último ano, mais de 85.700 estudantes (FSP, 04/02/01).

Tal pressão, entre outros fatores, fez com que surgisse uma nova categoria de pós-graduação *stricto sensu*, o mestrado profissionalizante, regulamentado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, do Ministério da Educação e do Desporto) em dezembro de 1998.

O mestrado profissionalizante tem como objetivo a formação de profissionais pós-graduados para elaborar novas técnicas e processos, diferentemente do mestrado acadêmico, que visa especialmente o aprofundamento de conhecimentos e técnicas de pesquisa científica e tecnológica. Procura-se articular o ensino à aplicação profissional. A duração

tem que ser superior a 12 meses. O mestrado acadêmico e o doutorado também fazem parte da pós-graduação *stricto sensu*.

Atualmente, existem quase 1.500 cursos de mestrado acadêmico e 37 de mestrado profissionalizante no país. Os de doutorado são mais de 800. O Quadro 4.3 apresenta os números.

Quadro 4.3

Número de cursos em funcionamento e em fase de aprovação na pós-graduação *stricto sensu* no Brasil, 2001

Cursos	Em funcionamento	Em fase de aprovação
Mestrado	1.484	16
Doutorado	825	30
Mestrado profissionalizante	37	16

Fonte:CAPES, 2001.

O número de matrículas em cursos de mestrado aumentou, entre 1998 e 1999, de praticamente 51.000 para 57.000. As universidades federais, em 1999, lideraram entre as IES, com 51,5% (a participação em 1998 era de 52,3%), seguidas das estaduais, com 33% (em 1998 era de 34%), seguidas pelas privadas, com 15,5% (participação aumentada, dado que em 1998 o percentual atingiu 13,7%) (INEP, *apud* FSP, 2001).

Quanto à pós-graduação *lato sensu*, há dois outros tipos de cursos: os de especialização, que, como o próprio nome diz, servem para aperfeiçoar o graduado em uma determinada área. O número mínimo de horas é de 360. Atualmente, há um outro tipo de curso muito procurado (e também ofertado): o MBA (do inglês *Master in Business Administration*) que é um curso de administração para profissionais de outras áreas que desejam adquirir conhecimento em gestão de negócios. Aqui também são exigidas 360 horas mínimas para o curso ser reconhecido. Tais modalidades são as que mais têm crescido no país nos últimos anos, pois são uma fonte importante de recursos, colocando, porém, novos desafios em termos da manutenção da qualidade do ensino de nível superior.¹⁴

Nesse sentido, a CAPES vem realizando uma avaliação dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* nas universidades brasileiras. A última, realizada em 1998,

¹⁴ Há ainda, na categoria de cursos de pós-graduação *lato sensu*, a extensão universitária e o aperfeiçoamento. Porém, o MEC não os considera como cursos de pós-graduação.

envolveu 1.316 programas de pós-graduação no país e considera itens como qualidade/nível de formação do corpo docente, infra-estrutura (notadamente laboratórios e bibliotecas) e número de publicações da instituição. Os conceitos variam de 1 a 5 para cursos de mestrado e de 1 a 7 para cursos de doutorado. O quadro 4.4 apresenta o número de IES de cada categoria de conceito da última avaliação feita.

Quadro 4.4

Número de Programas classificadas nos conceitos de avaliação de cursos da CAPES, 2001

Conceitos da CAPES	Número de IES
1	9
2	49
3	36
4	436
5	295
6	104
7	23

Fonte: CAPES CAPES (*apud* FSP, 2001).

O crescimento da oferta de cursos de pós-graduação *stricto sensu* no país tem se concentrado em algumas áreas do conhecimento, como Biotecnologia, biologia, direito e psicologia (FSP, 4/02/01). Também há forte concentração de cursos entre as regiões geográficas do país e especialmente no Estado de São Paulo, com 60% dos cursos sendo oferecidos na região Sudeste e, entre esses 60%, 58% no referido Estado.

5. METODOLOGIA

A metodologia de coleta e análise de dados desta pesquisa pode ser dividida em duas partes. A primeira parte buscou identificar junto aos líderes de grupos de pesquisa que atuam em Biotecnologia as principais tendências para o desenvolvimento da Biotecnologia nacional e, principalmente, se existiam áreas, no âmbito da Biotecnologia, carentes de profissionais especializados. A segunda etapa da pesquisa, assim como a primeira mencionada anteriormente, utilizou a base de dados “Diretório de Grupos de Pesquisa 4.0” do CNPq. Nesta segunda etapa buscou-se identificar o número de teses e dissertações concluídas na área, bem como a qualificação destes trabalhos (ano de defesa, instituição, programa de pós-graduação, etc).

No que se refere a primeira parte da pesquisa, levantamento de necessidades de profissionais, foram enviados 1.729 questionários (ver anexo) para líderes de grupos de pesquisa em todo o Brasil. Este número representa o universo de grupos de pesquisa que trabalham com Biotecnologia no Brasil. Os grupos foram identificados na base de dados do CNPq e correspondem a 14,7% do número total de grupos de pesquisa cadastrados na referida base.

O Quadro 5.1 mostra o número de questionários enviados para cada uma das instituições, bem como identifica as instituições pesquisadas e os Estados em que elas se encontram. Além disso, com base nesse quadro, pode-se precisar quantos questionários foram enviados para cada Estado e região do país, e quantos são as instituições e grupos de pesquisa que trabalham com Biotecnologia em cada Estado.

Assim, vale ressaltar que esta pesquisa apresenta caráter censitário, ou seja, os questionários enviados para coleta de dados (Quadro 5.1) abrangem a totalidade das instituições e grupos de pesquisa brasileiros que apresentam pelo menos uma linha de pesquisa em Biotecnologia. A identificação dos destinatários para envio dos questionários se deu através da busca por grupos de pesquisa relacionadas com Biotecnologia no Diretório 4.0 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Uma análise condensada da Tabela 5.1 é apresentada no Quadro 5.1.

Pela Tabela 5.1 pode-se concluir que cerca de 58% dos grupos de pesquisa voltados para Biotecnologia, no Brasil, estão localizados na região Sudeste (SE): 28,47% em São Paulo, 16,95% no Rio de Janeiro, 12,61% em Minas Gerais e 0,17% no Espírito Santo. Seguindo a região SE, encontra-se a região Sul (S), com aproximadamente 19% dos grupos de pesquisa do país: 8,39% no Rio Grande do Sul, 6,88% no Paraná e 3,53% em Santa Catarina.

Tabela 5.1 - NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS ENVIADOS PARA CADA INSTITUIÇÃO, ESTADO E REGIÃO DO BRASIL

	Total Região SE				Total Região S			Total Região CO				Total Região NE								Total Região N							
	1.006				325			98				241								59							
TOTAL	SP	RJ	MG	ES	RS	PR	SC	DF	GO	MS	MT	PE	BA	CE	MA	SE	RN	PI	PB	AL	TO	PA	AM	AC	RO	RR	
INSTITUIÇÃO*	1.729	492	293	218	3	145	119	61	51	25	19	3	91	47	28	13	13	11	8	23	7	4	22	28	1	4	0
CBPF	5		3																								
CEFET	2																										
CETEM	2		2																								
CEPLAC	6																										
CETEC-MG	3		3																								
CNEN	13	9		4																							
CTA	1	1																									
EFEI-MG	1		1																								
EMBRAPA	64	5	7	7		4	3	1	13	3	3					3	2	1		2	2	3		2	1	1	1
EPAGRI	7								7																		
EPAMIG-MG	2		2																								
ESAM	1																					1					
FAENQUIL	6	6																									
FCAP	3																										3
FEI	2	2																									
FFFCMPA	1			1																							
FIOCRUZ	71		57	5													7	2									
FMTM-MG	2		2																								
FUNED	1		1																								
FUNREI	2		2																								
FURB	9								9																		
FURG	10	5				5																					
FZB/RS	3			3																							
HNSC	0																										
IAC	15	15																									
IAL	6	6																									
IAPAR	4							4																			

(continua)

(continuação)

INSTITUIÇÃO*	NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS ENVIADOS PARA CADA INSTITUIÇÃO, ESTADO E REGIÃO DO BRASIL																										
	Total Região <u>SE</u>				Total Região <u>S</u>			Total Região <u>CO</u>			Total Região <u>NE</u>								Total Região <u>N</u>								
	1.006				325			98			241								59								
	TOTAL	SP	RJ	MG	ES	RS	PR	SC	DF	GO	MS	MT	PE	BA	CE	MA	SE	RN	PI	PB	AL	TO	PA	AM	AC	RO	RR
INSTITUIÇÃO*	1.729	492	293	218	3	145	119	61	51	25	19	3	91	47	28	13	13	11	8	23	7	4	22	28	1	4	0
IB		8	8																								
IBAMA		2	1										1														
IBT		4	4																								
IBU		11	11																								
IEAPM		1		1																							
IEC		5																									5
IF		2	2																								
ILPC		2	2																								
IME		2		2																							
IMT		1	1																								
INCA		4		4																							
INPA		20																								20	
IP		2	2																								
IPA		3															3										
IPT		2	2																								
ITAL		2	2																								
IZ		5	5																								
LNCC		6		6																							
LNLS		5	5																								
MPEG		3																								3	
PASTEUR		2	2																								
PESAGRO		5		5																							
PUC		36	1	11	1				12	11																	
TECPAR		2								2																	
UA		4																								4	
UCB		4									4																

(continua)

(continuação)

INSTITUIÇÃO*	NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS ENVIADOS PARA CADA INSTITUIÇÃO, ESTADO E REGIÃO DO BRASIL																														
	Total Região <u>SE</u>				Total Região <u>S</u>			Total Região <u>CO</u>			Total Região <u>NE</u>								Total Região <u>N</u>												
	1.006				325			98			241								59												
	TOTAL	SP	RJ	MG	ES	RS	PR	SC	DF	GO	MS	MT	PE	BA	CE	MA	SE	RN	PI	PB	AL	TO	PA	AM	AC	RO	RR				
INSTITUIÇÃO*	1.729	492	293	218	3	145	119	61	51	25	19	3	91	47	28	13	13	11	8	23	7	4	22	28	1	4	0				
UC-GO	3												3																		
UCPEL	1												1																		
UCS	10												10																		
UCSAL	2																														
UDESC	3												3																		
UECE	7																														
UEFS	5																														
UEL	17												17																		
UEM	26												26																		
UEMS	1												1																		
UEMA	7																														
UENF	16												16																		
UEPB	2																														
UEPG	9												9																		
UERJ	23												23																		
UERN	2																														
UESC	7																														
UESPI	3																														
UFAC	2																														
UFAL	7																														
UFBA	20																														
UFC	20																														
UFES	3												3																		
UFF	21												21																		
UFG	19																														
UFJF	5												5																		

(continua)

(continuação)

INSTITUIÇÃO*	NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS ENVIADOS PARA CADA INSTITUIÇÃO, ESTADO E REGIÃO DO BRASIL																										
	TOTAL	Total Região <u>SE</u>				Total Região <u>S</u>			Total Região <u>CO</u>			Total Região <u>NE</u>							Total Região <u>N</u>								
		SP	RJ	MG	ES	RS	PR	SC	DF	GO	MS	MT	PE	BA	CE	MA	SE	RN	PI	PB	AL	TO	PA	AM	AC	RO	RR
INSTITUIÇÃO*	1.729	492	293	218	3	145	119	61	51	25	19	3	91	47	28	13	13	11	8	23	7	4	22	28	1	4	0
UFLA	22				22																						
UFMA	6																										
UFMG	93				93																						
UFMS	16											16															
UFMT	3																										
UFOP	7				7																						
UFPA	9																									9	
UFPB	17																										
UFPE	31																										
UFPEL	15						15																				
UFPI	3																									3	
UFPR	35							35																			
UFRJ	107		107																								
UFRN	7																									7	
UFRPE	7																										
UFRJ	21		21																								
UFS	8																										
UFSC	29											29														8	
UFSCAR	22	22																									
UFSM	5							5																			
UFU	21				21																						
UFV	34				34																						
ULBRA	5							5																			
UMC	7	7																									
UMESP	1	1																									
UNAERP	2	2																									

(continua)

(continuação)

INSTITUIÇÃO*	NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS ENVIADOS PARA CADA INSTITUIÇÃO, ESTADO E REGIÃO DO BRASIL																										
	TOTAL	Total Região <u>SE</u>				Total Região <u>S</u>			Total Região <u>CO</u>			Total Região <u>NE</u>							Total Região <u>N</u>								
		SP	RJ	MG	ES	RS	PR	SC	DF	GO	MS	MT	PE	BA	CE	MA	SE	RN	PI	PB	AL	TO	PA	AM	AC	RO	RR
INSTITUIÇÃO*	1.729	492	293	218	3	145	119	61	51	25	19	3	91	47	28	13	13	11	8	23	7	4	22	28	1	4	0
UNB	33								33																		
UNEB	2																2										
UNESA	1		1																								
UNESP	47	47																									
UNG	2	2																									
UNICAMP	73	73																									
UNICAP	3																3										
UNICASTELO	4	4																									
UNICENTRO	1							1																			
UNICRUZ							2																				
UNIFACCS	1																1										
UNIFENAS	6		6																								
UNIFESP	26	26																									
UNIFRAN	1	1																									
UNIJUI	3						3																				
UNIMEP	4	4																									
UNIMONTES	1		1																								
UNIOESTE	3							3																			
UNIP	2	2																									
UNIPAR	4							4																			
INIR	3																									3	
UNIRIO	3	3																									
UNISA	1	1																									
UNISC	5							5																			
UNISINOS	5							5																			
UNISUL	4								4																		

(continua)

(continuação)

	NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS ENVIADOS PARA CADA INSTITUIÇÃO, ESTADO E REGIÃO DO BRASIL																										
		Total Região <u>SE</u>				Total Região <u>S</u>			Total Região <u>CO</u>			Total Região <u>NE</u>								Total Região <u>N</u>							
		1.006				325			98			241								59							
	TOTAL	SP	RJ	MG	ES	RS	PR	SC	DF	GO	MS	MT	PE	BA	CE	MA	SE	RN	PI	PB	AL	TO	PA	AM	AC	RO	RR
INSTITUIÇÃO*	1.729	492	293	218	3	145	119	61	51	25	19	3	91	47	28	13	13	11	8	23	7	4	22	28	1	4	0
UNIT	3																										
UNITAU	2	2																									
UNITINS	4																										4
UNIVALI	7																										
UNIVAP	8	8																									
UNIVERSO	1		1																								
UNIVILLE	1																										
UNP	1																										1
UNOPAR	2																										
UFRGS	62																										
UPE	37																										
UPF	5																										
URI	2																										
USC	1	1																									
USF	4	4																									
USP	188	188																									
USU	2		2																								
UTAM	1																										1
UTP	1																										

Fonte: Pesquisa de Campo.

(*) As descrições das siglas das instituições pesquisadas encontram-se no Anexo X.

Tabela 5.1
Distribuição dos Questionários Enviados por UF e por Região

UF*	Questionários Enviados	Proporção do Total (%)	Região	Questionários Enviados	Proporção do Total (%)
ES	3	0,17	SUDESTE	1.006	58,20
MG	218	12,61			
RJ	293	16,95			
SP	492	28,47			
PR	119	6,88	SUL	325	18,80
RS	145	8,39			
SC	61	3,53			
DF	51	2,95	CENTRO-OESTE	98	5,66
GO	25	1,44			
MS	19	1,10			
MT	3	0,17			
AL	7	0,40			
BA	47	2,72	NORDESTE	241	13,93
CE	28	1,62			
MA	13	0,75			
PB	23	1,33			
PE	91	5,26			
PI	8	0,46			
RN	11	0,64			
SE	13	0,75			
AC	1	0,06			
AM	28	1,62	NORTE	59	3,41
PA	22	1,27			
RO	4	0,23			
RR	0	0,00			
TO	4	0,23			
TOTAL	1.729	100,00			

Fonte: Pesquisa de Campo.

Com um número semelhante ao da região Sul, surge a região Nordeste (NE) com aproximadamente 14% dos grupos de pesquisa nacionais voltados para Biotecnologia: 5,26% em Pernambuco, 2,72% na Bahia, 1,62% no Ceará, 1,33% na Paraíba, 0,75% em Sergipe, 0,64% no Rio Grande do Norte e outros 0,75% no Maranhão, 0,46% no Piauí e 0,40% em Alagoas. Em seguida, encontra-se a região Centro-Oeste (CO) com 5,66% dos grupos: 2,95% no Distrito Federal, 1,44% em Goiás, 1,10% no Mato Grosso do Sul e 0,17% no Mato Grosso. Por fim, tem-se a região Norte (N), como sendo a região do Brasil com menor concentração de

grupos de pesquisa, ou seja, com 3,41% de todos os grupos de pesquisa em questão: 1,62% no Amazonas, 1,27% no Pará, 0,23% em Tocantins e outro 0,23% em Rondônia, 0,06% no Acre e nenhum grupo (0,00%) em Roraima.

Tomando esses dados, podemos ordená-los por região e por Estado quanto à concentração de grupos de pesquisa voltados para a Biotecnologia, como mostrado nas Tabelas 5.2 e 5.3.

Tabela 5.2
Ordenação Decrescente das UF* por Grupos de Pesquisa

Posição	UF	Grupos de Pesquisa	% do Total
1	SP	492	28,47
2	RJ	293	16,95
3	MG	218	12,61
4	RS	145	8,39
5	PR	119	6,88
6	PE	91	5,26
7	SC	61	3,53
8	DF	51	2,95
9	BA	47	2,72
10	CE	28	1,62
	AM	28	1,62
11	GO	25	1,44
12	PB	23	1,33
13	PA	22	1,27
14	MS	19	1,1
15	MA	13	0,75
	SE	13	0,75
16	RN	11	0,64
17	PI	8	0,46
18	AL	7	0,4
19	RO	4	0,23
	TO	4	0,23
20	ES	3	0,17
	MT	3	0,17
21	AC	1	0,06
22	RR	0	0,00
TOTAL		1.729	100,00

Fonte: Pesquisa de Campo.

Como dito anteriormente, a mesma ordenação pode ser feita para as regiões as quais pertencem os Estados (Tabela 5.3).

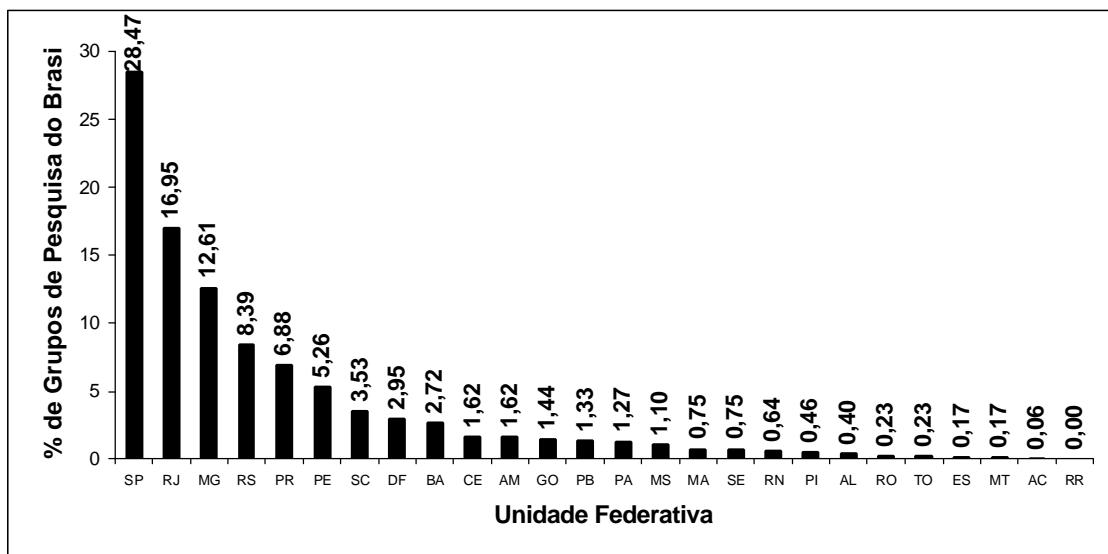
Tabela 5.3
Ordenação Decrescente das Regiões por Grupos de Pesquisa

Posição	Região	Grupos de Pesquisa	% do Total
1	SE	1.006	58,20
2	S	325	18,80
3	NE	241	13,93
4	CO	98	5,66
5	N	59	3,41
TOTAL		1.729	100,00

Fonte: Pesquisa de Campo.

Com base nas Tabelas 5.2 e 5.3, nota-se uma alta concentração da presença de grupos de pesquisa com pelo menos uma linha de pesquisa em Biotecnologia na região SE e, dentro desta, no Estado de São Paulo, resultado esse já esperado (Gráficos 5.1 e 5.2).

Gráfico 5.1
Distribuição dos Grupos de Pesquisa em Biotecnologia por Unidade Federativa



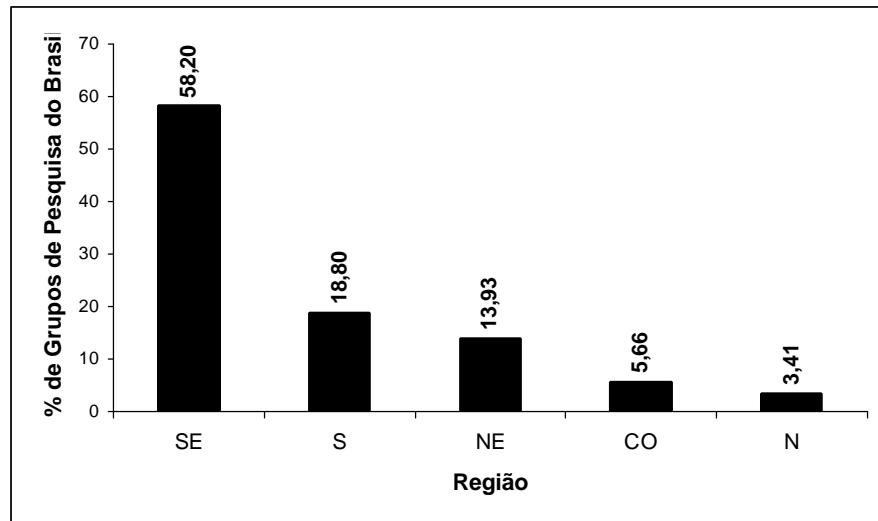
Fonte: Pesquisa de Campo.

E, como dito anteriormente, o mesmo Gráfico 5.1 pode ser construído para observar a concentração de grupos de pesquisa por região (Gráfico 5.2).

Discutiu-se brevemente sobre a população a que a pesquisa se dedica em analisar. A partir deste momento, serão feitas algumas considerações a respeito da amostra conseguida da referida população, composta por todos os grupos de pesquisa do Brasil com pelo menos uma linha de pesquisa em Biotecnologia.

Iniciando com o cálculo do *índice de resposta* da totalidade dos questionários enviados aos grupos de pesquisa, lembrando que foram enviados 1.729 questionários, distribuídos pelo país conforme o Quadro 5.1.

Gráfico 5.2
Distribuição dos Grupos de Pesquisa em Biotecnologia por Região



Fonte: Pesquisa de Campo

Na Tabela 5.4 é possível observar o número de questionários enviados, o número de questionários respondidos e o índice de resposta para cada Estado e região.

Tabela 5.4
Índice de Resposta por Unidade Federativa e Região

UF*	Enviados	Recebidos	Índice de Resposta (%)	Região	Enviados	Recebidos	Índice de Resposta (%)
ES	3	0	0,00	SE	1.006	38	3,78
MG	218	8	3,67				
RJ	293	9	3,07				
SP	492	21	4,27				
PR	119	6	5,04	S	325	16	4,92
RS	145	6	4,14				
SC	61	4	6,56				
DF	51	2	3,92				
GO	25	0	0,00	CO	98	3	3,06
MS	19	1	5,26				
MT	3	0	0,00				
AL	7	0	0,00				
BA	47	2	4,25	NE	241	9	3,73
CE	28	3	10,71				
MA	13	0	0,00				
PB	23	1	4,35				
PE	91	1	1,10	N	59	3	5,08
PI	8	0	0,00				
RN	11	1	9,10				
SE	13	1	7,69				
AC	1	0	0,00				
AM	28	2	7,14				
PA	22	1	4,54				
RO	4	0	0,00				
RR	0	0	0,00				
TO	4	0	0,00				
TOTAL	1.729	68	-	-	1.729	68	-

Fonte: Pesquisa de Campo.

A região com maior índice de resposta foi a região Norte (N) que tem a menor concentração de grupos de pesquisa em tecnologia do país (Tabela 5.2). Sua resposta foi de 5,08%: 7,14% no Amazonas, 4,54% no Pará e zero por cento nas demais unidades federativas. O segundo maior índice de resposta obtido foi junto à região Sul (S), com 4,92% de respostas: 6,56% de Santa Catarina, 5,04% do Paraná e 4,14% do Rio Grande do Sul. Logo abaixo aparece a região Sudeste (SE) com 3,78% de resposta: 4,27% em São Paulo, 3,67% em Minas Gerais, 3,07% no Rio de Janeiro e zero por cento no Espírito Santo. Praticamente com o mesmo índice de resposta, temos a região Nordeste (NE) com 3,73%: 10,71% no Ceará, 9,10% no Rio Grande do Norte, 7,69% no Sergipe, 4,35% na Paraíba, 4,25% na Bahia, 1,10% em Pernambuco e zero por cento nas demais unidades federativas da região. A região Centro-Oeste (CO) foi onde se obteve o menor índice de

resposta, igual a 3,06%: 5,26% no Mato Grosso do Sul, 3,92% no Distrito Federal e zero por cento nas demais unidades federativas do CO.

Pelo Diretório 4.0 de Grupos de Pesquisa do CNPq, identificou-se 150 instituições que possuem grupos com pelo menos uma linha de pesquisa em Biotecnologia. Apesar do índice de resposta geral de 3,87%, a presente pesquisa recebeu questionários respondidos por aproximadamente 25% de todas as instituições brasileiras envolvidas com Biotecnologia, totalizando 37 organizações.

Com o intuito de facilitar algumas análises, agrupou-se todos os grupos de pesquisa e suas respectivas respostas de questionário, em quatro grandes áreas: Ciências Agrárias, Engenharias (cujo foco sejam processos que envolvam elementos biotecnológicos), Meio-Ambiente, e Ciências Biológicas e da Saúde.

A classificação de um determinado grupo de pesquisa em uma dada área, foi feita através das informações obtidas nos questionários, os quais identificam a instituição e o laboratório aos quais tal grupo se relaciona. Como certas instituições apresentavam mais de um grupo de pesquisa, em alguns casos observa-se, uma mesma instituição contribuir para mais de uma grande área ou contribuir com mais de um grupo para determinada grande área como, como por exemplo, o caso da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Desse modo, classificaram-se as respostas do seguinte modo (Quadro 5.3).

O Quadro 5.3 demonstra que o extrato Ciências Biológicas e da Saúde, com 31 respostas, representou aproximadamente 45,6%, do total de respostas. Em segundo lugar vem o extrato Ciências Agrárias, com 27,9% ou 19 respostas, seguida pelas Engenharias de processo com 20,6% ou 14 respostas. Por último, surge a área de Meio-Ambiente, com apenas 5,9% ou 4 respostas.

Quadro 5.3
Ordenação das Respostas por Grande Área

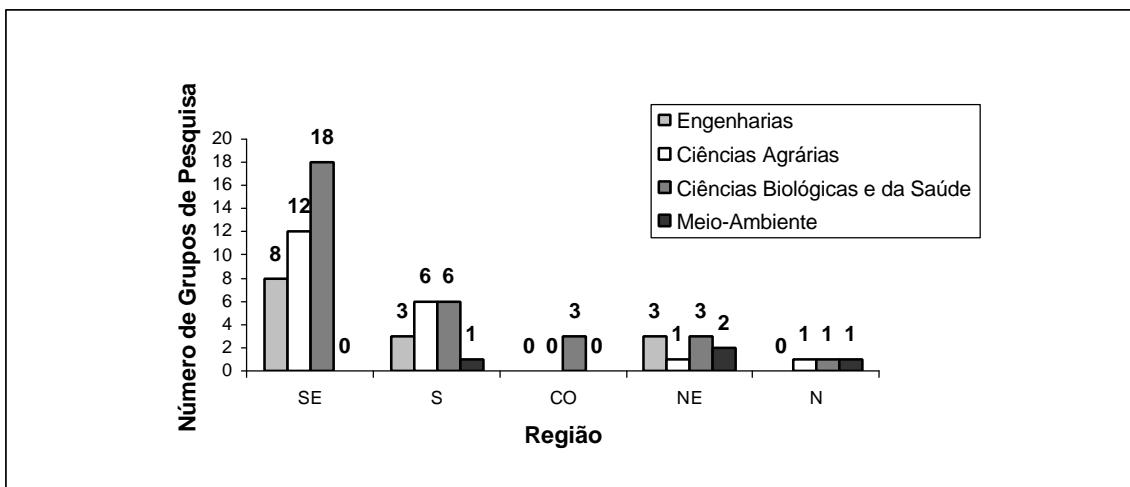
	Engenharias	Ciências Agrárias	Ciências Biológicas e da Saúde	Meio-Ambiente
CERMEN	-	1	-	-
EMBRAPA	-	4	-	1
FCAP	-	-	1	-
FOC	-	-	1	-
IB	-	-	2	-
INPA	-	-	-	1
IPEN	1	1	-	-
PUC-RS	-	-	1	-
UA	-	1	-	-
UDESC	1	-	-	-
UEFS	-	-	1	-
UENF	-	-	1	-
UEM	1	1	-	-
UEPG	-	1	-	-
UERJ	-	1	2	-
UESC	-	1	-	-
UERN	1	-	-	-
UFC	1	-	2	-
UFLA	1	3	1	-
UFMS	-	-	1	-
UFPEL	-	-	1	-
UFPR	-	1	1	-
UFRGS	1	-	-	-
UFRJ	-	1	3	-
UFRPE	-	-	-	1
UFSC	-	-	1	-
UFSCAR	-	-	1	-
UFU	-	1	-	-
UFV	-	2	-	-
UNB	-	-	2	-
UNESP	-	1	3	-
UNG	-	-	1	-
UNICAMP	2	-	1	-
UNIVALI	-	-	1	1
URICER	-	-	1	-
USP	4	-	2	-
UT	1	-	-	-
TOTAL POR ÁREA	14	20	31	4
TOTAL GERAL			69	

Fonte: Pesquisa de Campo.

Com o auxílio dos Quadros 5.2 e 5.3, construiu-se o Gráfico 5.3 que indica o número de grupos de pesquisa que atuam em determinada grande área da Biotecnologia em certa região do país.

Observando o Gráfico 5.3, percebe-se uma concentração preponderante de grupos de pesquisa de todas as grandes áreas da Biotecnologia na região Sudeste. *Grosso modo*, a distribuição dos questionários retornados corresponde aquela do total de grupos de pesquisa entre as regiões. Esta situação permite uma maior validade das análises pois elimina possíveis desvios regionais.

Gráfico 5.3
Distribuição por Região e Grande Área dos Grupos de Pesquisa Analisados



Fonte: Pesquisa de Campo.

No entanto, quando se trata de meio-ambiente, a menor ênfase dada a esta área é, justamente pela região Sudeste, excluindo da análise as regiões Centro-Oeste e Nordeste que não apresentaram nenhum grupo com linhas de pesquisa nessa área.

Analizando a região Sul, destacam-se as Ciências Biológicas e de Saúde, e Agrárias. As pesquisas na área de Engenharias (processo) são, neste caso, voltadas predominantemente para melhoramento da qualidade de alimentos, insumos agrícolas e de variedades de cultivares.

Na região Nordeste, a ênfase maior está para Ciências Biológicas e de Saúde, sobretudo para produção de biofármacos. Quando se trata de Engenharias, também refere-se à produção de medicamentos. A Biotecnologia aplicada em Ciências Agrárias no Nordeste, diz respeito ao desenvolvimento de culturas locais, como o algodão.

Com relação ao Centro-Oeste e ao Norte, pouco pode-se concluir devido ao fato de, no primeiro caso, haver recebido apenas um questionário e, no segundo caso, haver uma igualdade no número de respostas. O que se pode sinalizar é a baixa importância que parece existir, na região Norte com a área de Meio-Ambiente ou com o desenvolvimento de biofármacos, mesmo considerando todo o potencial da biodiversidade amazônica.

Esta primeira etapa da pesquisa procurou identificar o perfil da “demanda” por profissionais. A segunda etapa da pesquisa procurou identificar o perfil do profissional que a pós-graduação brasileira está formando para atuar na Biotecnologia nacional. Para isso, recorreu-se mais uma vez ao banco de dados do CNPq. Foram identificadas todas as dissertações e teses que foram defendidas no âmbito de todos os grupos de pesquisa que contassem com pelo menos uma linha de pesquisa em Biotecnologia. Para cada uma destas teses e dissertações identificou-se: título do trabalho, palavras-chave do trabalho, ano de defesa, agência de fomento que concedeu a bolsa (para os alunos que contaram com bolsa), instituição e programa de pós-graduação ao qual o trabalho estava ligado. Tomou-se o cuidado necessário para eliminar o problema de duas publicações estarem ligadas a dois grupos diferentes.

Este procedimento permitiu a identificação de 2774 teses e dissertações, conduzidas junto a 295 programas de pós-graduação. Segundo o título e as palavras-chave dos trabalhos, eles foram agrupados em 15 diferentes extratos. Este mesmo procedimento foi realizado para as palavras-chave mencionadas pelos líderes de grupos quando do preenchimento dos seus questionários. De uma forma mais agregada, estes mesmos trabalhos também foram agrupados em quatro grandes áreas: agropecuária, ciências biológicas e da saúde, meio-ambiente e engenharias (processos). O panorama que se desenha a partir destas informações é um retrato bastante apurado do que está se formando em termos de pessoal pós-graduado, voltado para a Biotecnologia, no Brasil. Estas respostas ainda foram avaliadas segundo a classificação dos programas de pós-graduação junto a CAPES. A idéia central era a de se avaliar, além da quantidade, a qualidade do pessoal formado.

A parte final da metodologia prevê uma confrontação entre o que os líderes de grupo consideram prioritário na formação de recursos humanos de alto nível para assegurar a competitividade da Biotecnologia nacional e aquilo que está sendo efetivamente formado pelas IES.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O capítulo 6 divide-se em três partes: análise da demanda de profissionais em biotecnologia, análise da oferta de profissionais em biotecnologia e a confrontação entre ambas. No caso da oferta de profissionais para a biotecnologia, será realizada uma análise mais detalhada dos cursos de pós-graduação que têm como principal área de atuação a biotecnologia. Maiores informações sobre a metodologia utilizada para a identificação destes cursos podem ser obtidas na seção citada (seção 6.2.1).

6.1. Análise da Demanda de Profissionais em Biotecnologia

Nesta seção analisam-se as informações levantadas por questionários enviados aos líderes de grupos de pesquisa que trabalham com biotecnologia no país (ver capítulo sobre metodologia). O questionário enviado aos pesquisadores encontra-se no Anexo II.

Relembrando a metodologia prevista para este trabalho, o objetivo do questionário foi o de identificar o perfil profissional demandado pelos setores do mercado que fazem uso de biotecnologia para ser comparado ao perfil ofertado e, a partir dessa comparação, identificar os pontos fortes e fracos da formação de pessoal nessa área. Vale ressaltar que esta pesquisa não incorporou as empresas de biotecnologia, limitando sua busca de informações as instituições de ensino superior e alguns institutos de pesquisa que realizam pesquisa na área.

A primeira questão do questionário versando sobre recursos humanos (ver Anexo II) buscava identificar as principais tendências de desenvolvimento da biotecnologia tanto em âmbito nacional quanto internacional. Essas tendências foram apontadas pelos pesquisadores questionados por intermédio de palavras-chave que, segundo suas opiniões, melhor representavam as tendências de desenvolvimento para a biotecnologia nacional.

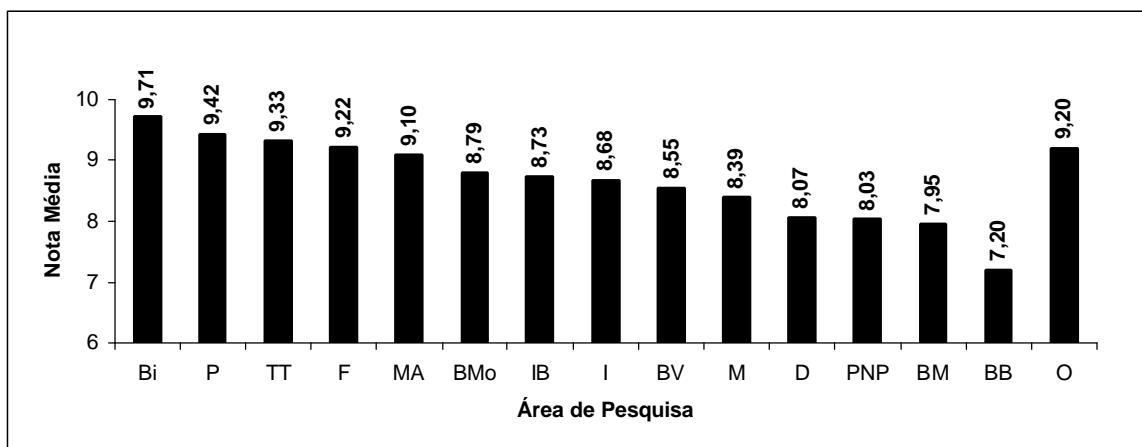
Dada a enorme diversidade de palavras-chaves listadas, foi necessário classificá-las em 15 grupos diferentes (ver Anexo I). Estes grupos são:

1. Biologia Molecular (BMo);

2. Proteômica (P);
3. Biotecnologia Vegetal (BV), incluindo melhoramento vegetal;
4. Melhoramento Animal (MA);
5. Imunotecnologia (I);
6. Tecnologia de Tecidos (TT);
7. Meio-Ambiente (M);
8. Fármacos (F);
9. Produtos Naturais e Processos (PNP);
10. Biotecnologia de Microrganismos (BM);
11. Diagnóstico (D);
12. Instrumentos de Apoio à Biotecnologia (IB);
13. Biossegurança e Bioética (BB);
14. Bioinformática (Bi); e
15. Outros (O), que agrupa as palavras-chave que não se adaptam aos grupos anteriores.

Esta mesma classificação será adotada ao longo de todo o trabalho. Cada respondente atribuiu uma nota de um a dez às palavras-chave que citou, segundo a importância que ele atribuía a tendência que ela representava. Essa nota obedece a uma escala, onde 0 significa “menos importante” e 10 significa “mais importante”. O tratamento dos dados levantados resultou no Gráfico 6.1.

Gráfico 6.1.
Tendências da Biotecnologia no Brasil (Ordenação por Nota Média)



Fonte: Pesquisa de Campo.

Legenda do Gráfico 6.1

BB	Biossegurança e Bioética	IB	Investimentos em Biotecnologia
BM	Biotecnologia de Microrganismos	M	Meio-Ambiente
BMo	Biologia Molecular	MA	Melhoramento Animal
BV	Biologia Vegetal	P	Proteômica
F	Fármacos	PNP	Produtos Naturais e Processos
D	Diagnóstico	TT	Tecnologia de Tecidos
I	Imunotecnologia	O	Outros
Bi	Bioinformática		

O Gráfico 6.1, referente à questão que aborda tendências para a biotecnologia nacional, mostra que, para os pesquisadores questionados, existirá um ganho de importância dos conhecimentos relacionados ao seu desenvolvimento nas áreas de Bioinformática (9,71), seguido pela Proteômica (9,42) e pela Tecnologia de Tecidos (9,33).

Por outro lado, segundo os mesmos respondentes, a Biotecnologia tenderia a se desenvolver mais lentamente nas áreas de Diagnóstico (8,00), Biotecnologia de Microrganismos (8,20) e Biologia Molecular (8,27), seguido da expectativa de baixos investimentos na área de estudos biotecnológicos (8,28). O Quadro 6.1 apresenta a ordenação decrescente das tendências. Ou seja, a área classificada em primeiro lugar (Bioinformática), apresenta maior nota média, o que significa que representa o setor da biotecnologia brasileira e mundial com maior tendência a ganho de importância dentro dos estudos biotecnológicos. O desvio-padrão indica o grau de consenso dos pesquisadores entrevistados pois, quanto mais próximo de 0 (zero) o valor do desvio-padrão, maior o consenso dos respondentes por responderem com nota semelhante. Vale ressaltar que a bioinformática obteve o menor desvio padrão entre as palavras-chave citadas. Deve-se ainda deixar claro que todas as áreas citadas obtiveram notas altas, o que atesta a importância de todas elas para o desenvolvimento da biotecnologia nacional.

Quadro 6.1
Ordenação das Tendências para a Biotecnologia (Ordenação por Nota Média)

Ordem	Áreas de Pesquisa	Nota Média	Desvio Padrão	No. de Citações
1	Bioinformática	9,71	0,61	14
2	Proteômica	9,42	1,48	24
3	Tecnologia de Tecidos	9,33	0,98	12
4	Fármacos	9,22	1,53	27
5	Melhoramento Animal	9,10	0,87	10
6	Biologia Molecular	8,79	1,69	131
7	Instrumentos de Apoio à Biotecnologia	8,73	1,84	26
8	Imunotecnologia	8,68	1,49	19
9	Biotecnologia Vegetal	8,55	1,43	29
10	Meio-Ambiente	8,39	2,16	46
11	Diagnóstico	8,07	2,31	15
12	Produtos Naturais e Processos	8,03	2,29	61
13	Biotecnologia de Microorganismos	7,95	1,98	19
14	Biossegurança e Bioética	7,20	3,70	5
-	Outros	9,20	1,27	19

Fonte: Pesquisa de Campo.

Porém, observando-se o Quadro 6.1, percebe-se que a área de Biologia Molecular, apesar de se encontrar em sexto lugar com nota média igual a 8,79, foi citada 131 vezes pelos respondentes, enquanto que a área de Bioinformática, que encontra-se em primeiro lugar com nota média igual a 9,71, foi citada 14 vezes. Este fato pode ser parcialmente explicado pelo grande número de grupos de pesquisa trabalhando atualmente em biologia molecular, os quais tendem a valorizar mais fortemente suas principais áreas de atuação.

Esta observação leva à constatação da oportunidade de averiguar-se informações que estivessem ligadas, além da nota média, ao número de vezes que determinada área foi citada, uma vez que cada citação valoriza, por si só, a importância de uma determinada área de pesquisa, independente da nota média que lhe foi atribuída. Assim, as áreas também foram ordenadas segundo uma média ponderada que obedeceu a seguinte equação.

$$MP = [(NM \cdot NC)] / NTC,$$

onde:

NM = Nota Média (média aritmética do conjunto de notas atribuídas a determinada área de pesquisa);

NC = Número de Citações (número total de palavras-chave citadas referentes a dada área de pesquisa);

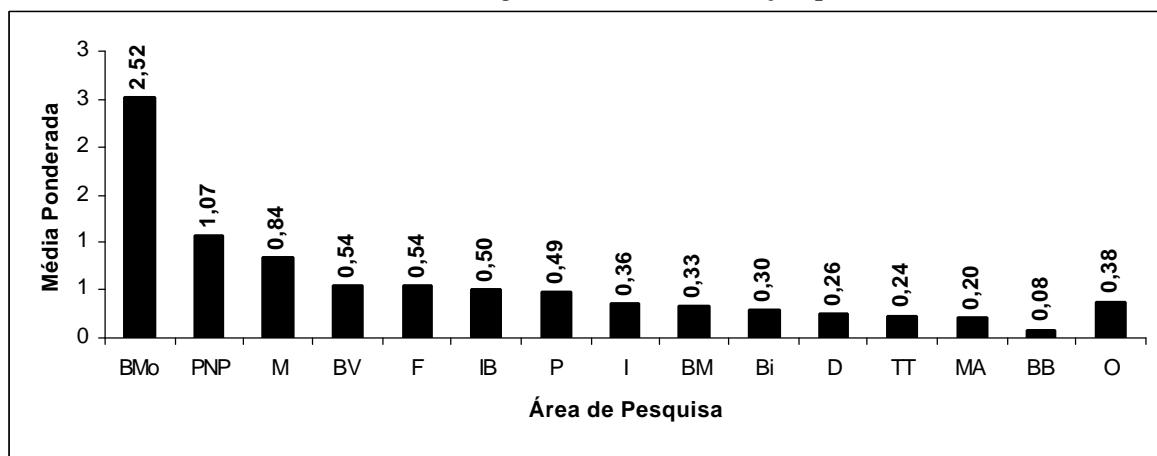
NTC = Número Total de Citações (número total de palavras-chave citadas na questão, independente do seu grupo).

O mesmo raciocínio vale para todas as análises com média ponderada do presente trabalho.

Assim, para questão “A” dos questionários (tendências de desenvolvimento para a biotecnologia), observou-se um NTC = 457, enquanto que os NC’s de cada área de pesquisa encontram-se expostos no Quadro 6.2.

Dessa forma, foi possível ordenar as áreas conforme a nota dada e o número de vezes que foi citada (Gráfico 6.2).

Gráfico 6.2.
Tendências da Biotecnologia no Brasil (Ordenação por Média Ponderada)



Fonte: Pesquisa de Campo.

Legenda do Gráfico 6.2

BB	Biossegurança e Bioética	IB	Investimentos em Biotecnologia
BM	Biotecnologia de Microrganismos	M	Meio-Ambiente
BMo	Biologia Molecular	MA	Melhoramento Animal
BV	Biologia Vegetal	P	Proteômica
F	Fármacos	PNP	Produtos Naturais e Processos
D	Diagnóstico	TT	Tecnologia de Tecidos
I	Imunotecnologia	O	Outros
Bi	Bioinformática		

A partir do Gráfico 6.2, formulou-se o Quadro 6.2, de onde pode-se extrair o valor dos NC’s.

Quadro 6.2

Ordenação das Tendências para a Biotecnologia (Ordenação por Média Ponderada)

Ordem	Áreas de Pesquisa	Média Ponderada	No. de Citações
1	Biologia Molecular	2,52	131
2	Produtos Naturais e Processos	1,07	61
3	Meio-Ambiente	0,84	46
4	Biotecnologia Vegetal	0,54	29
5	Fármacos	0,54	27
6	Instrumentos de Apoio à Biotecnologia	0,50	26
7	Proteômica	0,49	24
8	Imunotecnologia	0,36	19
9	Biotecnologia de Microorganismos	0,33	19
10	Bioinformática	0,30	14
11	Diagnóstico	0,26	15
12	Tecnologia de Tecidos	0,24	12
13	Melhoramento Animal	0,20	10
14	Biossegurança e Bioética	0,08	5
-	Outros	0,38	19

Fonte: Pesquisa de Campo.

Pelo Quadro 6.2 e Gráfico 6.2, percebe-se que a ordenação, quando levado em consideração o número de citações, muda bastante. Segundo esta análise, poder-se-ia concluir que as áreas de Biologia Molecular com média ponderada de 2,52, seguida da área de Produtos Naturais e Processos (1,07) e de Meio-Ambiente (0,84) representariam as tendências mais importantes de desenvolvimento da biotecnologia nacional. Esta análise deve ser feita com cautela pois ela pode simplesmente refletir a importância de áreas onde já concentra-se a maior parte dos trabalhos científicos, as quais tenderiam a valorizar suas áreas de atuação em detrimento de outras áreas da biotecnologia. Na verdade, esta pesquisa constatou que, efetivamente, estas áreas estão entre aquelas que já produzem a maior quantidade de teses e dissertações no Brasil (ver seção 6.2.).

A segunda questão formulada aos pesquisadores estava dividida em duas partes. A primeira parte, tentava identificar a opinião do respondente sobre a formação, em quantidade e qualidade, de profissionais adequados para que o Brasil acompanhasse as tendências apontadas na primeira questão. O respondente deveria responder sim ou não, segundo sua percepção deste quadro.

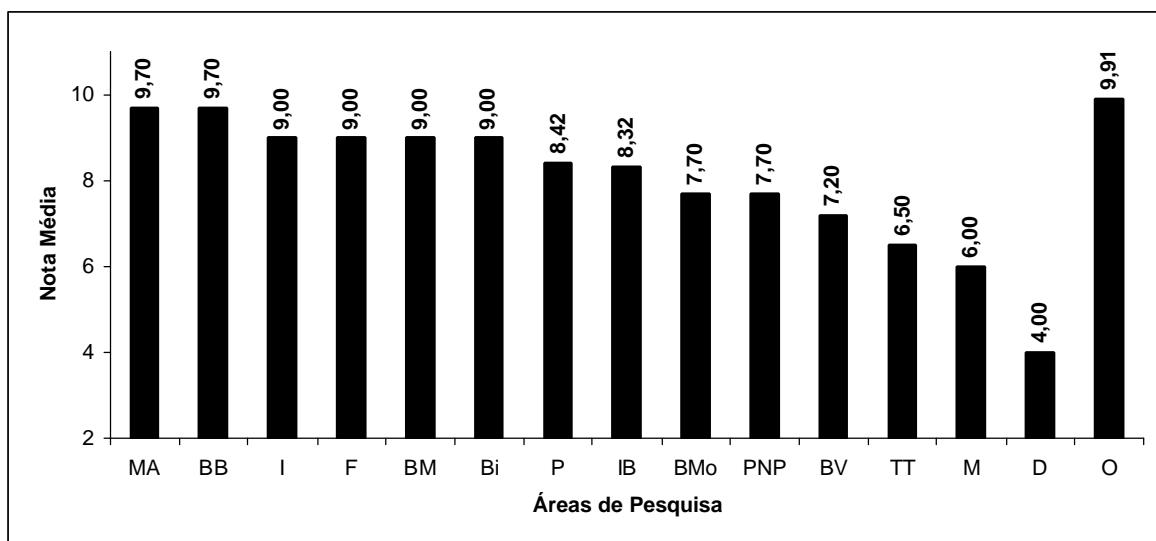
Assim, as respostas forma divididas em dois grupos básicos: os que acreditam que estão sendo formados profissionais adequados, em quantidade e qualidade para que o Brasil acompanhe todas as tendências apontadas na primeira questão, e os que não acreditam.

Observou-se que 27,54% dos respondentes (19 das 69 respostas obtidas) assinalaram a alternativa positiva e 72,46% (50 das 69 respostas obtidas) a negativa.

No caso de respostas negativas, pediu-se que os pesquisadores indicassem as palavras-chave que melhor representavam as futuras áreas-gargalo em recursos humanos para a biotecnologia nacional. Em outras palavras, pediu-se aos respondentes para que identificassem as áreas que tendem a apresentar dificuldades futuras para encontrar profissionais com formação adequada.

Utilizando o mesmo raciocínio da análise feita para a primeira questão, obteve-se o Gráfico 6.3:

Gráfico 6.3.
Áreas que Tendem a ter Dificuldades em achar Profissionais Adequados
(Ordenação por Nota Média)



Fonte: Pesquisa de Campo.

Legenda do Gráfico 6.3

BB	Biossegurança e Bioética	IB	Investimentos em Biotecnologia
BM	Biotecnologia de Microrganismos	M	Meio-Ambiente
BMo	Biologia Molecular	MA	Melhoramento Animal

BV	Biologia Vegetal	P	Proteômica
F	Fármacos	PNP	Produtos Naturais e Processos
D	Diagnóstico	TT	Tecnologia de Tecidos
I	Imunotecnologia	O	Outros
Bi	Bioinformática		

Pelo Gráfico 6.3, conclui-se que a área que apresenta maior tendência a encontrar dificuldades em achar profissionais adequados é a de Melhoramento Animal juntamente com a de Biossegurança e Bioética, ambas com nota média de igual a 9,70. As áreas de Imunotecnologia, Fármacos, Biotecnologia de Microorganismos e Bioinformática, todas com nota média igual a nove, também estão entre aquelas onde no futuro o Brasil poderia enfrentar escassez de mão-de-obra qualificada. Essas áreas são seguidas de perto pela Proteômica, com nota média igual a 8,42. Por outro lado, os grupos que tendem a ter menos dificuldade em encontrar dificuldades são as de Tecnologia de Tecidos, com nota média igual a 6,50, a de Meio-Ambiente (6,00) e a de Diagnóstico (4,00). O Quadro 6.3 resume tais observações, apresentando, em ordem decrescente, as áreas onde existirão maiores e menores dificuldades para encontrar profissionais adequados, segundo os respondentes.

Quadro 6.3
Ordenação das Áreas de Dificuldades Futuras para Encontrar Profissionais Adequados
(Ordenação por Nota Média)

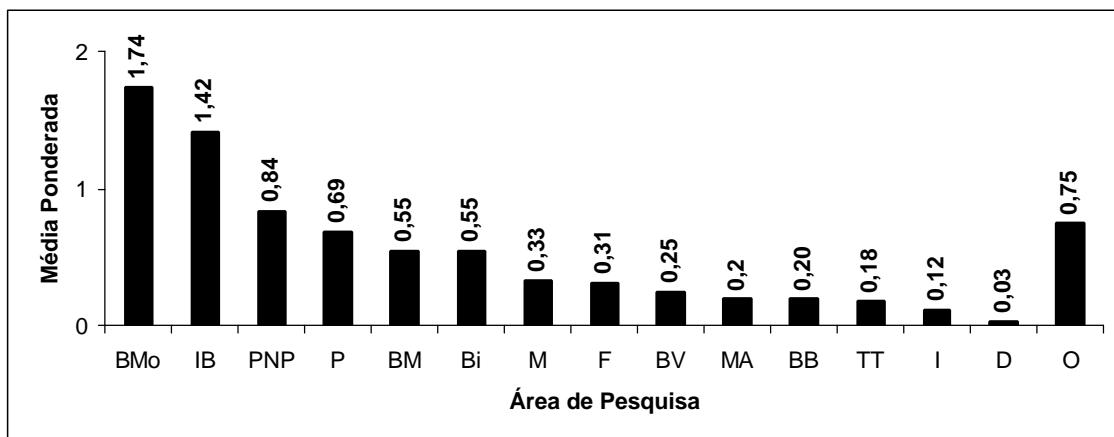
Ordem	Áreas de Pesquisa	Nota Média	Desvio Padrão	No. de Citações
1	Melhoramento Animal	9,70	0,58	3
2	Biossegurança e Bioética	9,70	0,58	3
3	Imunotecnologia	9,00	1,41	2
4	Fármacos	9,00	2,24	5
5	Biotecnologia de Microorganismos	9,00	1,32	9
6	Bioinformática	9,00	1,66	9
7	Proteômica	8,42	2,11	12
8	Instrumentos de Apoio à Biotecnologia	8,32	2,56	25
9	Biologia Molecular	7,70	2,62	33
10	Produtos Naturais e Processos	7,70	2,18	16
11	Biotecnologia Vegetal	7,20	2,68	5
12	Tecnologia de Tecido	6,50	3,70	4
13	Meio-Ambiente	6,00	3,70	8
14	Diagnóstico	4,00	0,00	1
-	Outros	9,91	0,30	11

Fonte: Pesquisa de Campo.

Neste ponto, da mesma forma que para o Gráfico 6.2 e Quadro 6.2, percebeu-se a necessidade de se analisar os dados através de média ponderada, utilizando a mesma lógica explicada anteriormente, resultando no Gráfico 6.4 e no Quadro 6.4.

Vale destacar que em somente três das seis áreas que representavam tendências importantes para a biotecnologia nacional haverá, segundo as respostas obtidas, problemas de mão-de-obra qualificada. Estas áreas são o Melhoramento Animal, a Bioinformática e a área de fármacos. Como será visto mais adiante, a área de melhoramento animal é uma das que possui maior formação de mestres e doutores no Brasil. Desta forma, esta resposta deve ser analisada com cuidado. As áreas de biossegurança e bioética, imunotecnologia e biotecnologia de microrganismos, apesar de não estarem entre o grupo das mais votadas no que se refere a tendências de desenvolvimento para a biotecnologia nacional, são apontadas pelos pesquisadores entre as seis áreas onde o Brasil terá maior dificuldade de encontrar profissionais qualificados no futuro. Como será visto na seção 6.2, estas áreas estão entre aquelas que possuem o menor número de teses e dissertações defendidas no Brasil nos últimos anos, o que corrobora esta análise.

Gráfico 6.4.
Áreas que Tendem a ter Dificuldades em achar Profissionais Adequados
(Ordenação por Média Ponderada)



Fonte: Pesquisa de Campo.

Legenda do Gráfico 6.4

BB	Biossegurança e Bioética	IB	Investimentos em Biotecnologia
BM	Biotecnologia de Microrganismos	M	Meio-Ambiente
BMo	Biologia Molecular	MA	Melhoramento Animal
BV	Biologia Vegetal	P	Proteômica
F	Fármacos	PNP	Produtos Naturais e Processos

D	Diagnóstico	TT	Tecnologia de Tecidos
I	Imunotecnologia	O	Outros
Bi	Bioinformática		

Quadro 6.4
Ordenação das Áreas de Dificuldades Futuras para Encontrar Profissionais Adequados
(Ordenação por Nota Média)

Ordem	Áreas de Pesquisa	Média Ponderada	No. de Citações
1	Biologia Molecular	1,74	33
2	Instrumentos de Apoio à Biotecnologia	1,42	25
3	Produtos Naturais e Processos	0,84	16
4	Proteómica	0,69	12
5	Biologia Molecular	0,55	9
6	Bioinformática	0,55	9
7	Meio-Ambiente	0,33	8
8	Fármacos	0,31	5
9	Biotecnologia Vegetal	0,25	5
10	Melhoramento Animal	0,20	3
11	Biossegurança e Bioética	0,20	3
12	Tecnologia de Tecidos	0,18	4
13	Imunotecnologia	0,12	2
14	Diagnóstico	0,03	1
-	Outros	0,75	11

Fonte: Pesquisa de Campo.

Assim, tomando-se o número de citações, e extraindo a média ponderada, percebe-se que as áreas que mais tenderão a ter dificuldades para encontrar profissionais adequados são as de Biologia Molecular com média ponderada igual a 1,74, seguida de Instrumentos de Apoio à Biotecnologia (1,42) e Produtos Naturais e Processos (0,84). Ao contrário, as áreas que tenderão a ter menos dificuldades para encontrar profissionais adequados são as de Tecnologia de Tecidos (0,18), Imunotecnologia (0,12) e a de Diagnóstico (0,03). Esta ordenação não vai de encontro ao número de teses e dissertações defendidas nos últimos anos no Brasil.

A mesma questão “B” do questionário aplicado procurava identificar se os grupos de pesquisa contatados apresentavam atividades ligadas à formação de pessoal. Dos 69 grupos de pesquisa estudados, 54 (78,26%) apresentaram atividades voltadas à formação de pessoal, e 15 (21,74%) dos 69 grupos pesquisados não apresentam esse tipo de atividades.

Dos 54 grupos que formam profissionais, 29 (53,70%) são da região Sudeste, 13 (24,07%) são da região Sul, 7 (12,96%) são da região Nordeste e outros 3 (5,56%) são da

região Centro-Oeste e, por fim, 2 (3,71%) desses grupos são da região Norte. A Tabela 6.1 reúne tais informações. Esta distribuição acompanha, aproximadamente, aquela encontrada no conjunto de grupos de pesquisa para o qual os questionários foram enviados

Tabela 6.1
Grupos Pesquisados Formadores de Profissionais por Região

Região	Número de Respostas de	% do Total
	Grupos Formadores de Pessoal	
Sudeste (SE)	29	53,70
Sul (S)	13	24,07
Nordeste (NE)	7	12,96
Centro-Oeste (CO)	3	5,56
Norte (N)	2	3,71
TOTAL	32	100,00

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ainda como parte desta questão, perguntou-se para onde vai o profissional formado no âmbito do grupo de pesquisa: Universidades Públicas (UPu), Universidades Privadas (UPr), Institutos de Pesquisa (IP) ou Empresas Privadas (EP). Pediu-se para que o respondente indicasse uma porcentagem aproximada que fornecesse a idéia da porcentagem dos alunos que vão para os vários tipos de organizações listadas anteriormente. Do cálculo das porcentagens médias, obteve-se a Tabela 6.2 para a formação de profissionais em nível de mestrado e a Tabela 6.3 para a formação de profissionais em nível de doutorado.

Tabela 6.2
Destino dos Profissionais Formados pelos Grupos Pesquisados – Mestrado (%)

Região	Universidades Públicas	Universidades Privadas	Institutos de Pesquisa	Empresas Privadas
Sudeste (SE)	41,20	21,68	16,67	14,37
Sul (S)	31,00	24,90	12,22	19,33
Centro-Oeste (CO)	16,50	41,50	25,00	16,5
Nordeste (NE)	50,00	13,33	6,67	23,33
Norte (N)	36,67	31,67	23,30	8,33

Fonte: Pesquisa de Campo.

Chama a atenção, nas tabelas 6.2 e 6.3, o fato de que o Nordeste seja a região que diz destinar a maior parte dos seus profissionais formados às empresas privadas. Como a região sudeste concentra a maior parte das indústrias do setor, bem como dos centros formadores de pós-graduados, seria de se esperar que esta região alcançasse índices maiores de colocação

destes profissionais na indústria do que outras regiões. Esta questão mereceria ser aprofundada em estudos posteriores.

Tabela 6.3
Destino dos Profissionais Formados pelos Grupos Pesquisados – Doutorado (%)

Região	Universidades Públicas	Universidades Privadas	Institutos de Pesquisa	Empresas Privadas
Sudeste (SE)	46,80	21,60	19,12	10,68
Sul (S)	61,43	19,29	11,43	7,86
Centro-Oeste (CO)	70,00	20,00	10,00	0,00
Nordeste (NE)	46,67	20,00	6,67	20,00
Norte (N)	67,50	12,50	12,50	2,50

Fonte: Pesquisa de Campo.

Assim, tem-se pela Tabela 6.2 tem-se que 41,20% dos profissionais formados em nível de mestrado pelos grupos de pesquisa analisados, na região Sudeste, destinam-se ao trabalho em universidades públicas. Essa lógica de análise deve ser seguida para os demais índices. Com relação à Tabela 6.3, tem-se que 46,80% dos profissionais formados a nível de doutorado pelos grupos de pesquisa analisados, na região Sudeste, destina-se ao trabalho em universidades públicas. Da mesma forma, essa lógica de análise deve ser seguida para os demais índices.

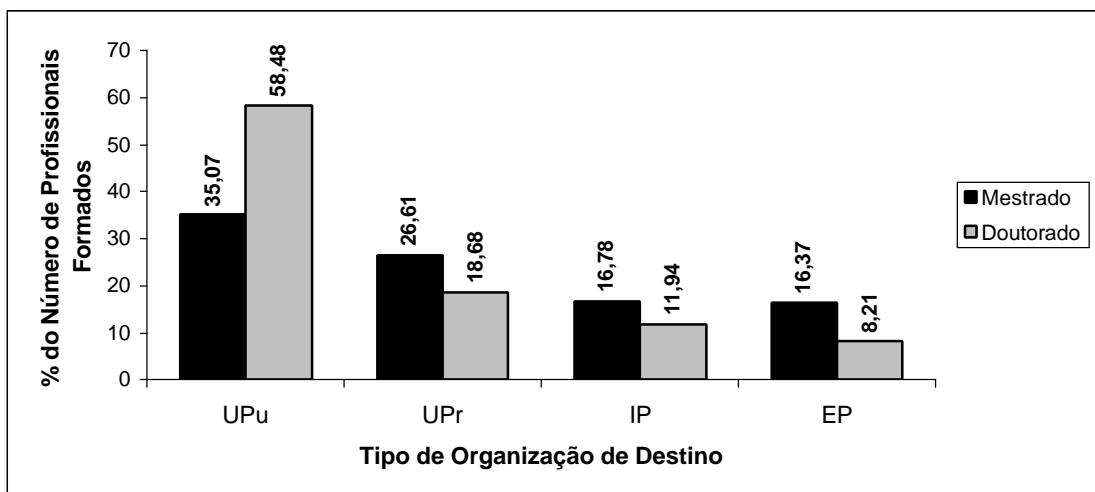
Vale salientar que os dados apresentados nas tabelas 6.2 e 6.3 foram obtidos de índices de resposta de questionários considerados baixos (tabela 5.4). Isso significa que seus resultados devem ser vistos com cautela devido à não representatividade estatística das amostras analisadas, podendo fazer com que a análise das referidas tabelas não representem a realidade com plena exatidão. Esses baixos índices de resposta deveram-se, entre outros motivos, ao período de aplicação dos mesmos, ocorrido por volta de dezembro e janeiro de 2000/2001, período quando grande parte dos pesquisadores de instituições de ensino e pesquisa encontram-se de férias.

Porém, essas informações continuam sendo relevantes na medida em que o sistema nacional de pós-graduação deve ser capaz de formar profissionais voltados não somente para a área acadêmica mas também para o dito setor produtivo. A competitividade deste setor depende em grande parte da qualificação e competência dos seus recursos humanos.

Assim, analisando os dois gráficos anteriores, percebe-se uma forte tendência à formação de profissionais, tanto em *mestrado* quanto em *doutorado*, para atuarem em

universidades públicas. Juntando os dados anteriores, pode-se traçar o Gráfico 6.5, que indica a tendência geral da formação de profissionais, independentemente da região do país em que foi formado.

Gráfico 6.5
Tendência Geral do Destino de Profissionais Formados em Biotecnologia



Fonte: Pesquisa de Campo.

Legenda do Gráfico 6.5

UPu	Universidades Públicas	IP	Institutos de Pesquisa
UPr	Universidades Privadas	EP	Empresas Privadas

A partir do Gráfico 6.5 percebe-se a tendência dos profissionais formados, notadamente os de *doutorado*, é o de irem trabalhar em universidades públicas, seguidas pelas universidades privadas, institutos de pesquisa e empresas privadas, conforme o mostrado no Quadro 6.5. Destaca-se ainda o pequeno número de profissionais que vão atuar em empresas privadas. Vale ressaltar que a somatória das porcentagens obtidas não resultam em 100%, pois muitos pesquisadores forneceram dados que não convergiam para tal valor, como seria o de se esperar.

O questionário também se preocupou em verificar se as instituições as quais os grupos de pesquisa estavam vinculados, vinham encontrando dificuldades em encontrar profissionais de Biotecnologia em suas áreas de interesse. A resposta foi que 44 (63,77%) dos 69 grupos de pesquisa analisados disseram encontrar dificuldades em encontrar profissionais em áreas de interesse, e 25 (36,23%) disseram não encontrar dificuldades.

Quadro 6.5
Destino dos Profissionais Formados em Mestrado/Doutorado

MESTRADO		
Posição	Destino	% dos Profissionais
1	Universidades Públicas	35,07
2	Universidades Particulares	26,61
3	Institutos de Pesquisa	16,78
4	Empresas Privadas	16,37
DOUTORADO		
Posição	Destino	% dos Profissionais
1	Universidades Públicas	58,48
2	Universidades Particulares	18,68
3	Institutos de Pesquisa	11,94
4	Empresas Privadas	8,21

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ao analisar-se tais respostas por região, consegue-se construir a Tabela 6.4, apresentada a seguir.

Tabela 6.4
Número de Grupos com e sem Dificuldade de encontrar profissionais qualificados por Região do Brasil

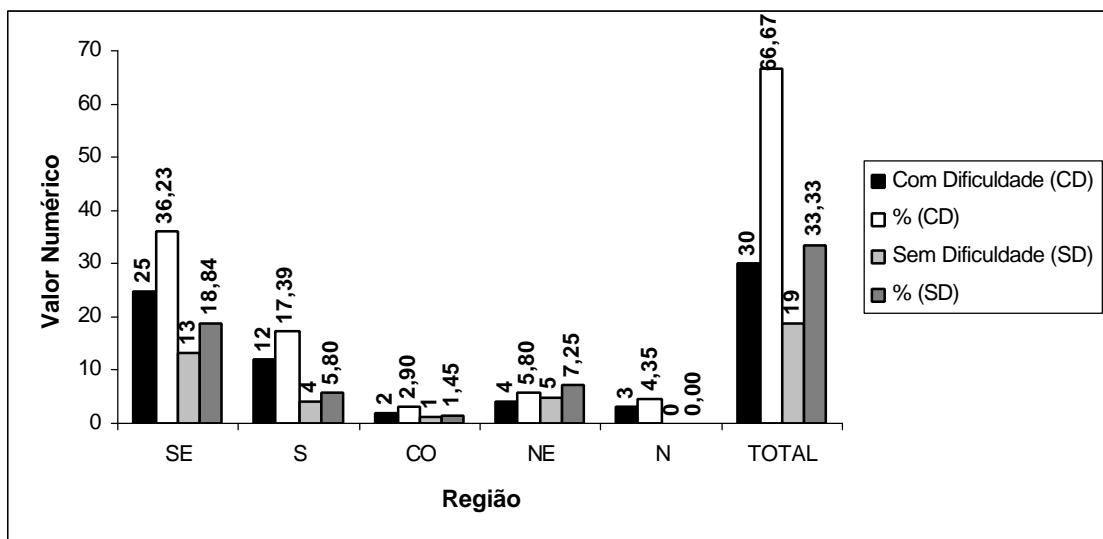
Região	Com Dificuldade	Sem Dificuldade
Sudeste (SE)	25	13
Sul (S)	12	4
Centro-Oeste (CO)	2	1
Nordeste (NE)	4	5
Norte (N)	3	0
TOTAL	46	23

Fonte: Pesquisa de Campo.

Assim, tomando a Tabela 6.4 e convertendo-a em gráfico, percebe-se que as regiões que mais apresentam dificuldades em encontrar profissionais de biotecnologia nas áreas de interesse de cada grupo, são as regiões Sudeste e Sul, resultado previsto, por serem essas as regiões do Brasil de maior demanda por esse tipo de profissional. Ao contrário, as regiões que menos dificuldade apresentam são as regiões Centro-Oeste e Norte, talvez pela baixa demanda apresentada (Gráfico 6.6).

Gráfico 6.6

Quantidade de Grupos com e sem Dificuldade para Encontrar Profissionais por Região e sua Proporção com a Amostra Total

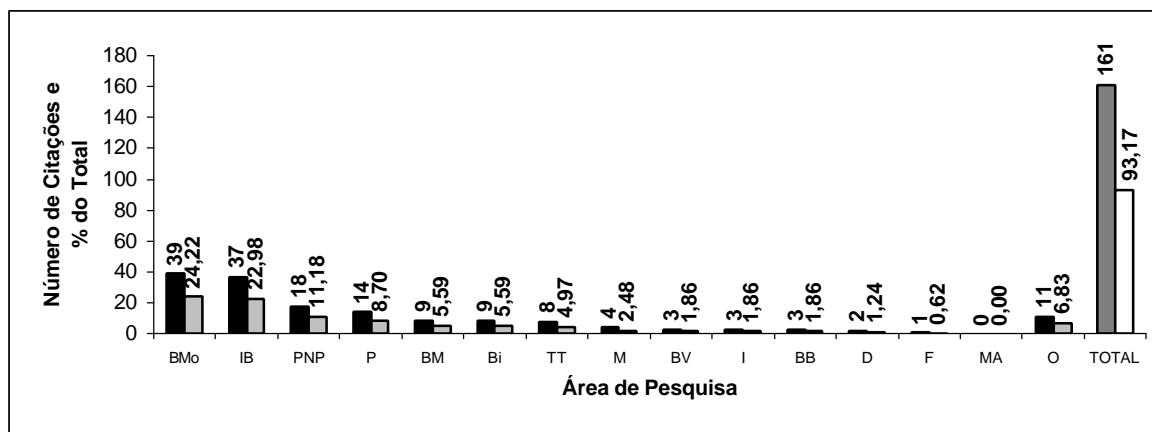


Fonte: Pesquisa de Campo.

O resultado expresso no Gráfico 6.7 ilustra as principais demandas atuais por conhecimento em biotecnologia. Assim, percebe-se que a área que apresenta maior demanda para profissionais adequados atualmente é a de Biologia Molecular com 24,22% ou 39 das citações de um total de 161 citações dadas à questão. Segue-se a ela a área de Instrumentos de Apoio à Biotecnologia com 22,98% (37) citações, Produtos Naturais e Processos com 11,18% ou 18 citações, Proteômica com 8,70% ou 14 citações, Biotecnologia de Microorganismos e Bioinformática com 5,59% ou 9 citações cada, Tecnologia de Tecidos com 4,97% ou 8 citações, Meio-Ambiente com 2,48% ou 4 citações, e as áreas de Biotecnologia Vegetal,

Imunotecnologia, Biossegurança e Bioética, todas com 1,86% ou 3 citações, Diagnóstico com 1,24% ou 2 citações, Fármacos com 0,62% ou 1 citação e, por último, Melhoramento Animal sem ter sido citada. Esta constatação é interessante quando contrastada com os resultados obtidos no Gráfico 6.1. Mesmo que a demanda atual por profissionais ligados a Biologia Molecular seja expressiva, os *experts* consultados acreditam que no futuro o Brasil deveria contar com mais profissionais especializados em Bioinformática e Proteômica, Tecnologia de Tecidos e Fármacos. Assim, pode-se pensar que, embora estas áreas sejam consideradas potencialmente importantes, os grupos ainda não começaram a trabalhar mais intensivamente em suas temáticas. Por outro lado, constata-se uma maior demanda em algumas das áreas onde já existe uma produção expressiva de pesquisadores no Brasil (produtos naturais e processos e biologia molecular, por exemplo). Vale destacar que algumas outras áreas, que também concentram formação expressiva de profissionais (biotecnologia vegetal e melhoramento animal, por exemplo), não foram citadas como áreas onde profissionais qualificados são raros.

Gráfico 6.7
Áreas de Maior Demanda por Profissionais nos Grupos de Pesquisa ligados à Biotecnologia Nacional



Fonte: Pesquisa de Campo.

Legenda do Gráfico 6.7

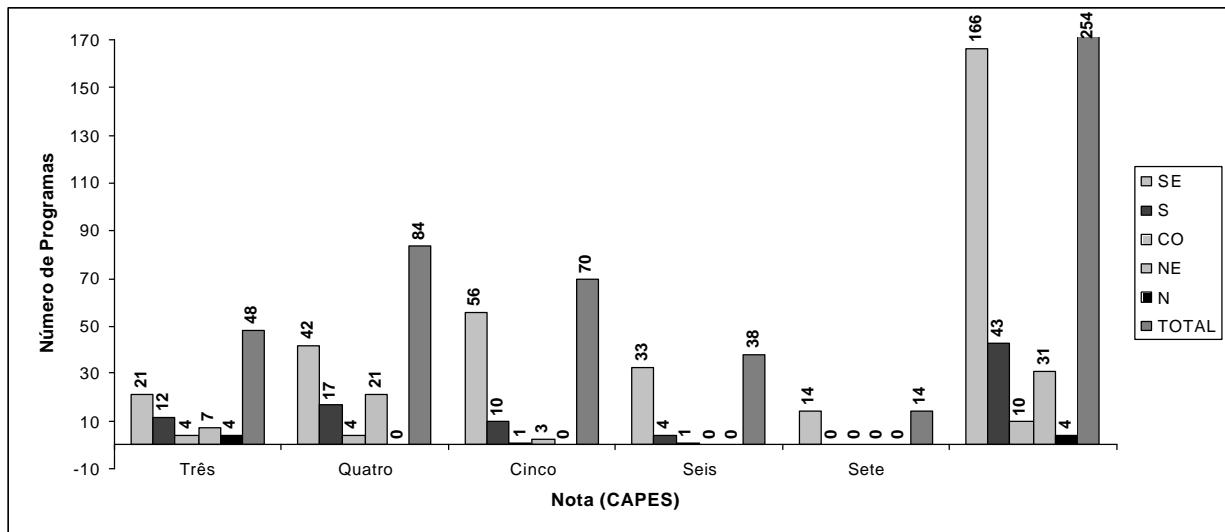
BB	Biossegurança e Bioética	IB	Investimentos em Biotecnologia
BM	Biotecnologia de Microrganismos	M	Meio-Ambiente
BMo	Biologia Molecular	MA	Melhoramento Animal
BV	Biologia Vegetal	P	Proteômica
F	Fármacos	PNP	Produtos Naturais e Processos
D	Diagnóstico	TT	Tecnologia de Tecidos
I	Imunotecnologia	O	Outros

Na próxima seção serão analisadas as características de oferta de profissionais pós-graduados para a biotecnologia nacional.

6.2. Análise da Oferta de Profissionais em Biotecnologia

O Gráfico 6.8 apresenta o número de programas de mestrado relacionados a biotecnologia no país classificados quanto a sua avaliação pela CAPES. Pode-se notar claramente a expressiva concentração destes programas na região Sudeste. Embora o número de programas na Região Nordeste esteja próximo ao número de programas na Região Sul, esta última concentra cursos com avaliações melhores daquelas encontradas no Nordeste do país. Vale ainda destacar que todos os programas nota sete da CAPES (critério máximo de avaliação) estão concentrados na Região Sudeste. Além disso, existem somente quatro cursos com nota seis fora desta mesma Região. A Região Sudeste é responsável por 65,4% do número total de programas de mestrado na área.

Gráfico 6.8
Número de programas de Mestrado por região



Esta situação repete-se para os programas de doutorado. Pode-se notar que todos os programas nota seis e sete possuem cursos de mestrado e doutorado (Gráfico 6.9). Além disso, 71,72% dos programas de doutorado concentram-se na Região Sudeste.

Os Gráficos 6.10 e 6.11 mostram que, dos 14 programas de pós-graduação do país que possuem nota sete, nove estão localizados no Estado de São Paulo, três em Minas Gerais e dois no Rio de Janeiro. Além disso, dos cinco programas de pós-graduação nota seis localizados fora da Região Sudeste, dois encontram-se no Estado do Rio Grande do Sul, dois no Estado de Santa Catarina e um no Distrito Federal.

Estas constatações apontam, sem dúvida, para a necessidade de uma política de desconcentração nesta área. Face a esta condição, também parece clara a necessidade de incentivar-se a criação de mecanismos de cooperação interinstitucional que viabilizem a transferência de conhecimentos e pessoal da Região Sudeste para outras regiões do país. A utilização de Mestrados Interinstitucionais e/ou Consorciados, mecanismos já previstos pela CAPES, poderiam atuar nesta direção.

A partir da intensificação da utilização destes mecanismos poder-se-ia pensar em utilizar a experiência acumulada na Região Sudeste para estudar problemas que atendessem as particularidades de outras Regiões do país.

Gráfico 6.9
Número de programas de Doutorado por região

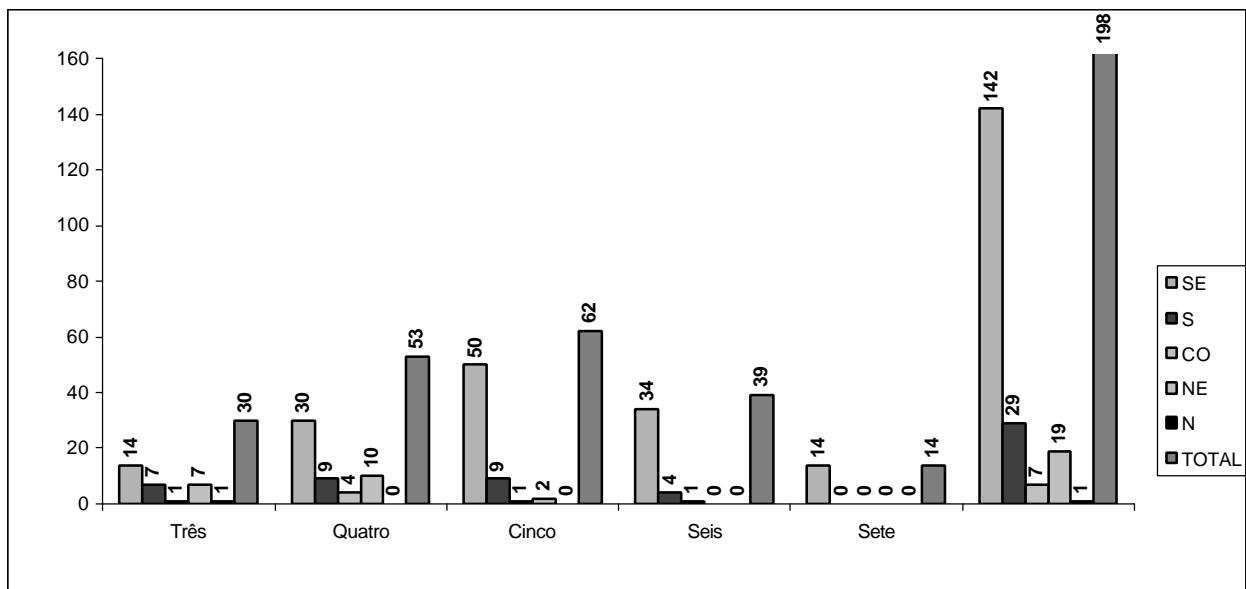


Gráfico 6.10
Número de programas de mestrado por Estado da Federação

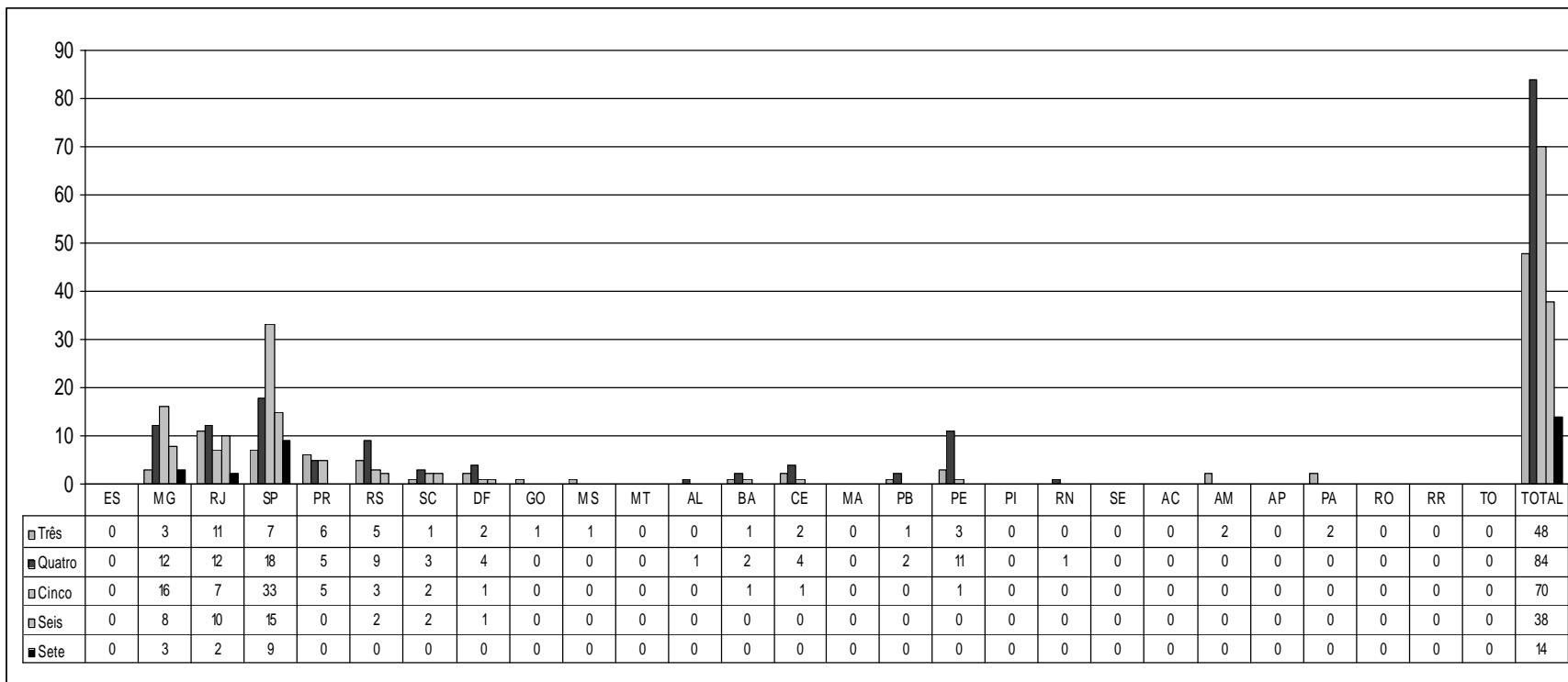
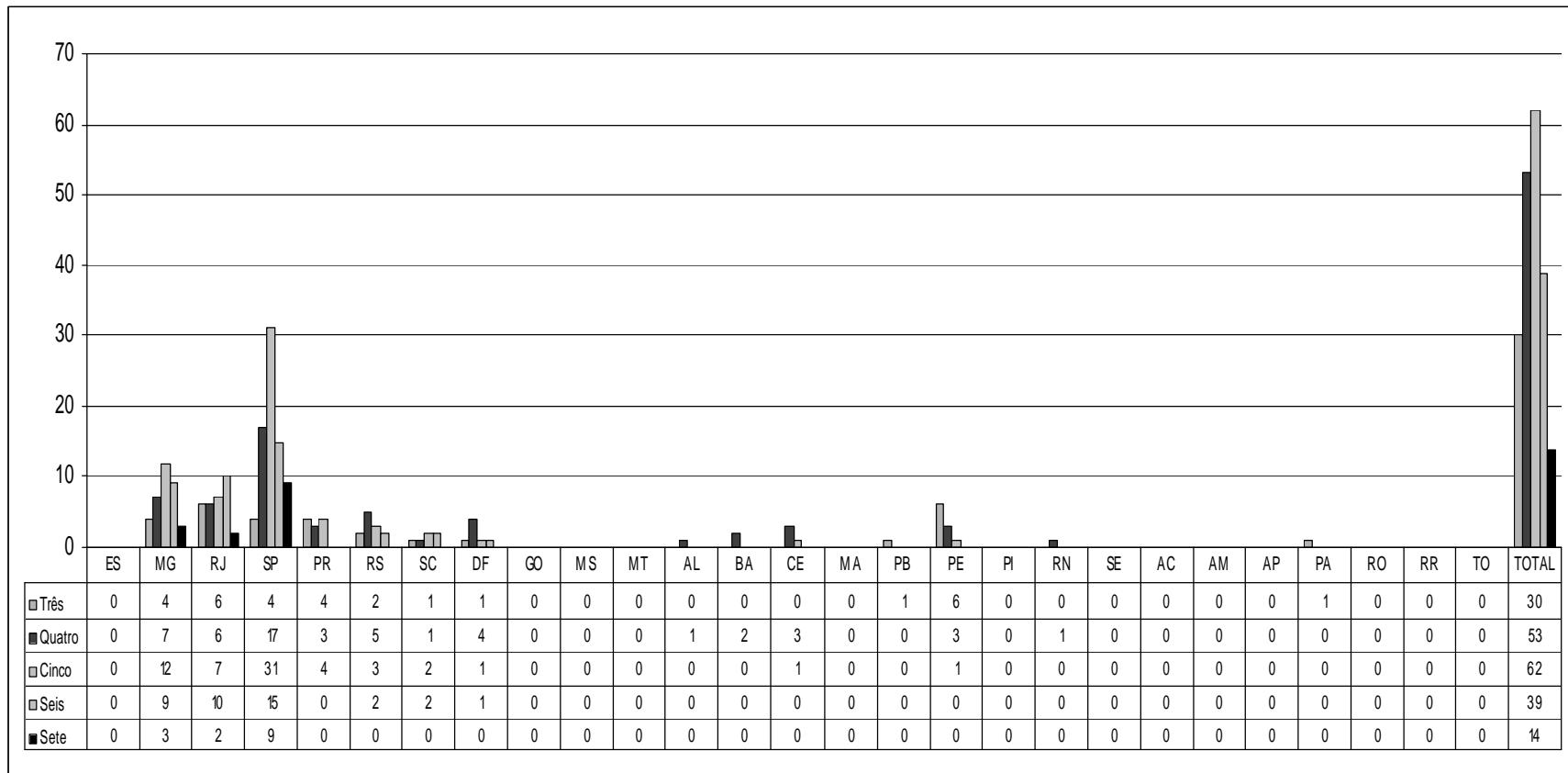


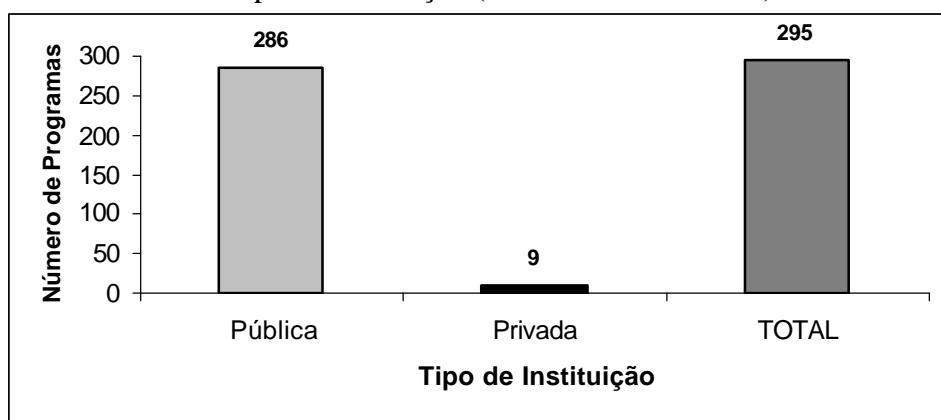
Gráfico 6.11
Número de programas de doutorados por Estado da Federação



A maioria esmagadora dos programas de pós-graduação que trabalham com biotecnologia está ligada a instituições públicas (97%). A participação das instituições privadas, neste campo, é absolutamente insignificante (ver Gráfico 6.12). Esta constatação reforça, mais uma vez, a importância do sistema público de pesquisa e ensino superior na pesquisa e formação de pessoal qualificado para a pesquisa no Brasil. Em áreas de vanguarda tecnológica, caso da biotecnologia, esta condição é ainda mais acentuada do que em outros campos do saber.

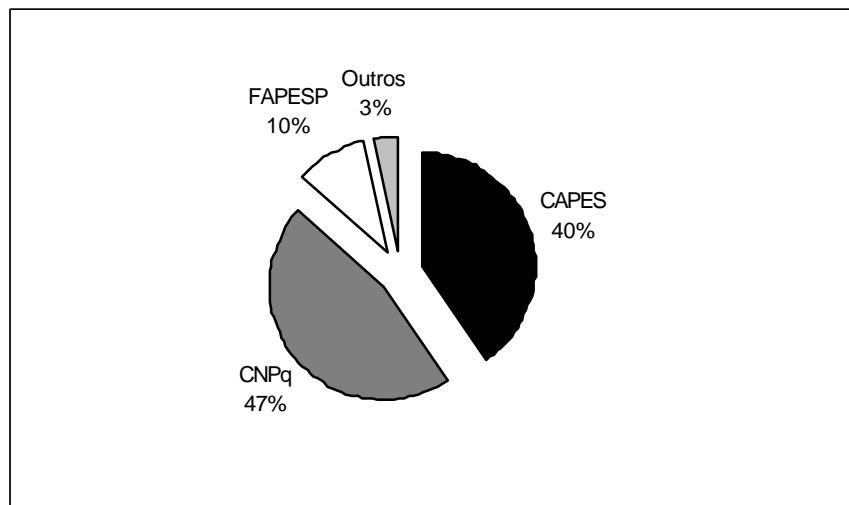
Esta importância justifica claramente a necessidade de manutenção e ampliação de investimentos em pessoal e equipamentos nestas instituições. No curto prazo, qualquer avanço na biotecnologia nacional estará fortemente ligado a capacidade de funcionamento, em condições adequadas, deste potencial instalado.

Gráfico 6.12
Número de programas de pós-graduação segundo
o tipo da instituição (mestrado e doutorado)



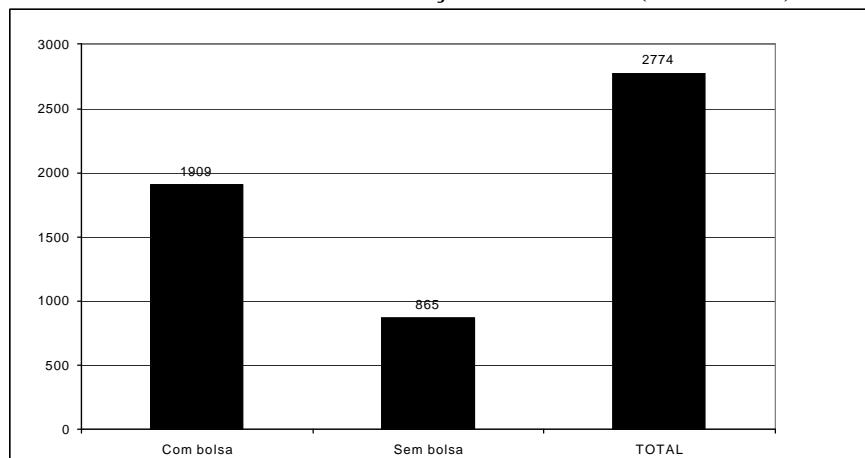
As agências nacionais de fomento à pesquisa e formação de pessoal de nível superior (CAPES e CNPq) ainda são as principais responsáveis pelo aporte de bolsas de estudo aos mestrandos e doutorandos que se dedicam à biotecnologia no Brasil. Estas duas agências são responsáveis por 87% do total de bolsas distribuídas aos pós-graduandos que trabalham com biotecnologia no país. Deve-se ainda destacar o papel da FAPESP que financia, somente no Estado de São Paulo, 10% do total de bolsas dedicadas à esta área de conhecimento no Brasil (ver Gráfico 6.13).

Gráfico 6.14
Distribuição de bolsas (mestrado e doutorado)
por agência de fomento



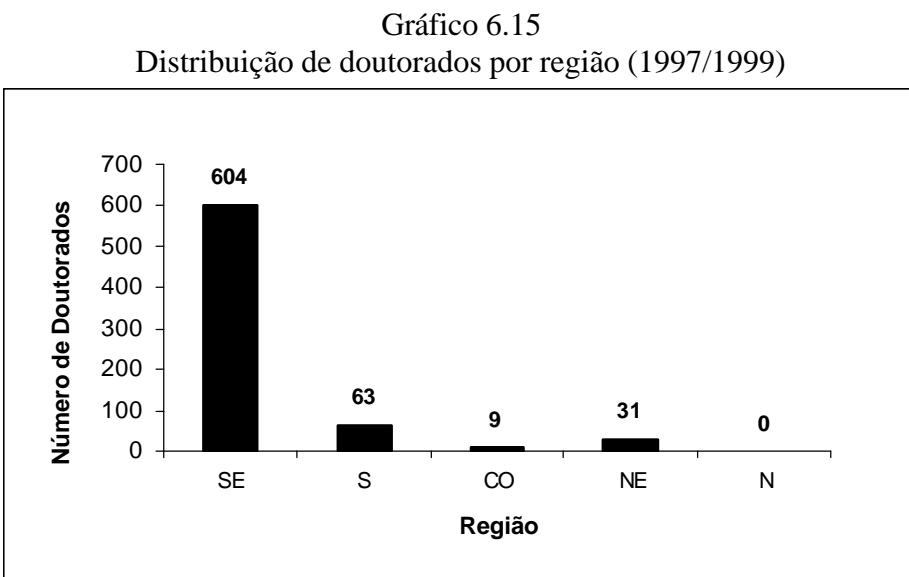
O Gráfico 6.14 mostra que 31,2% das teses e dissertações defendidas no Brasil, afetas a biotecnologia, não foram objetos de financiamento via bolsas de estudo. Como, aparentemente, a grande maioria destes estudantes não está ligado a projetos de pesquisa privados que financiem seus estudos, pode-se vislumbrar neste ponto algumas dificuldades para o sistema. Face a importância deste setor, seria interessante acompanhar este número de bolsas *vis à vis* outras áreas do conhecimento. A concessão de bolsas ligadas a biotecnologia de maneira geral e algumas de suas áreas específicas pode ser alvo de uma política ativa de indução de formação de pessoal por parte das agências de fomento.

Gráfico 6.14
Número de teses e dissertações com bolsa (1997/1999)



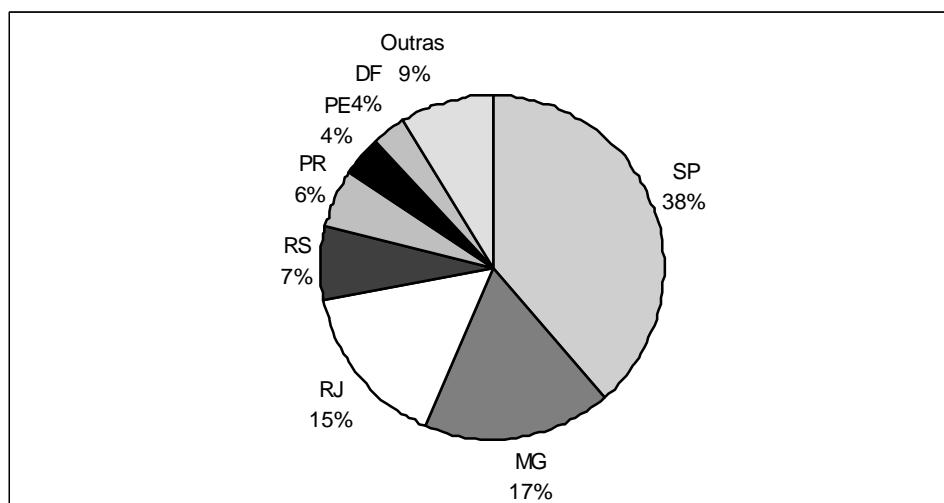
Face a esta situação, deve-se refletir sobre o impacto negativo que qualquer redução no número destas bolsas teria em relação ao volume de pós-graduados formados nesta área no Brasil. Ademais, deve-se registrar que o baixo valor pago aos bolsistas atuais da CAPES e do CNPq dificulta a capacidade dos programas de pós-graduação atraírem e reterem bons candidatos. Uma política de reajuste nos valores pagos atualmente aos bolsistas, além do aumento no número de bolsas, permitiria reverter parcialmente esta dificuldade.

O Gráfico 6.15 mostra que, como seria esperado, a maioria (85,4%) das teses de doutorado é defendida junto a instituições localizadas na Região Sudeste. A Região Sul, embora contribua com pouco mais de 10% do total de defesas realizadas no Sudeste, ainda é responsável pelo dobro das defesas realizadas na Região Nordeste (terceira colocada em número de defesas de doutorado).



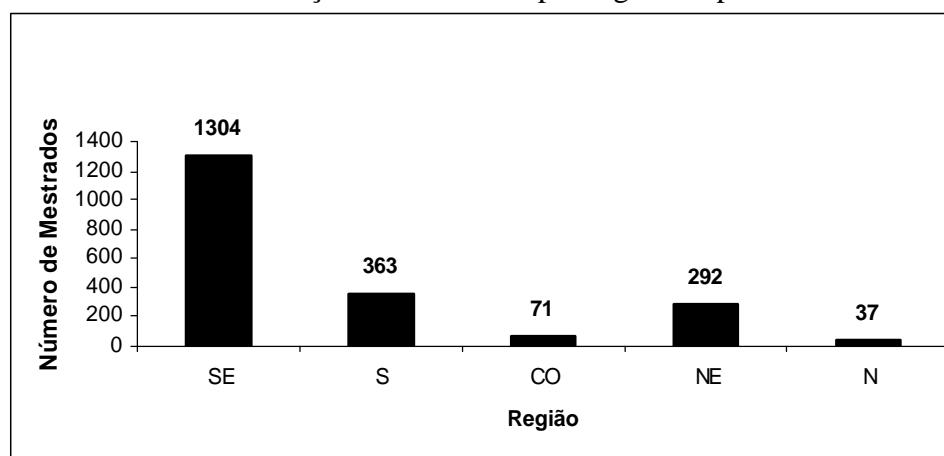
O Gráfico 6.16 mostra que somente o Estado de São Paulo é responsável por 38% do total de teses de doutorado defendidas no país que estão ligadas a biotecnologia. Isto deve-se, em grande parte, a massa crítica de pesquisadores no Estado de São Paulo mas também as condições de apoio à pesquisa proporcionadas pela FAPESP.

Gráfico 6.16
Número de doutorados por estado



Esta situação também pode ser verificada (Gráfico 6.17) para o caso das dissertações concluídas. No entanto, neste caso, a concentração na Região Sudeste é um pouco menor (63%). A diferença entre a Região Sul e Nordeste também é menos acentuada no caso das dissertações de mestrado concluídas.

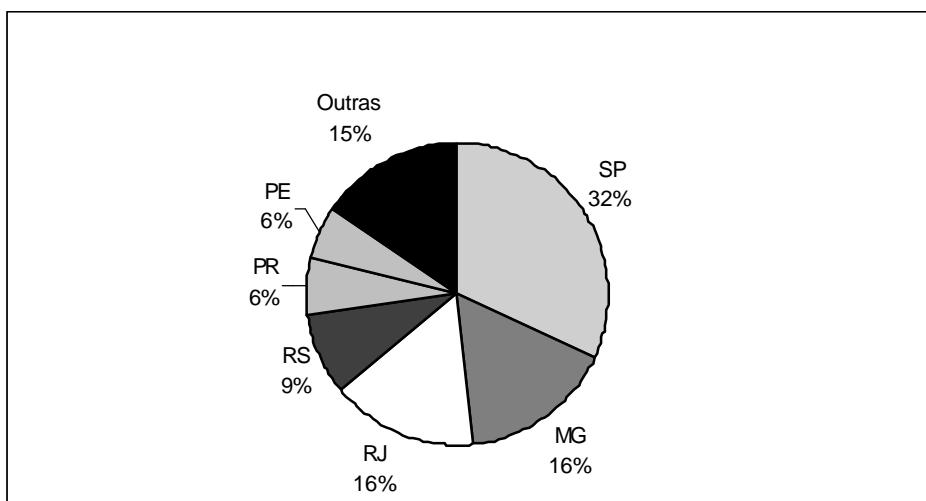
Gráfico 6.17
Distribuição de mestrados por região do país



Existe também uma forte concentração no Estado de São Paulo das dissertações defendidas em biotecnologia no Brasil. Esta concentração é menor para os trabalhos de mestrado do que para os de doutorado (Gráfico 6.18). Os Estados de Minas Gerais e Rio de

Janeiro ocupam o segundo lugar, em igualdade de condições, na classificação de Estados mais importantes na produção de mestrados ligados à biotecnologia. No caso dos doutorados, Minas Gerais tem uma produção levemente superior aquela encontrada no Estado do Rio de Janeiro.

Gráfico 6.18
Percentagem do número de mestrados por estado brasileiro



A Tabela 6.5 faz um rápido exercício que busca avaliar o número médio de teses e dissertações concluídas por programas de pós-graduação, segundo as regiões do país.

Deve-se considerar estas informações com cautela. Para conclusões mais aprofundadas seria necessário averiguar o tempo de existência dos programas, seus corpos docentes e discentes, suas linhas de pesquisa, etc. Estes dados podem ser encontrados na CAPES. No entanto, face ao tempo disponível para esta pesquisa e a forma pela qual a CAPES disponibiliza seus dados, não foi possível, neste momento, fazer esta análise mais detalhada. Apresentados este comentários, pode-se verificar na Tabela 6.15 que o índice de teses defendidas por programa, na Região Sudeste, está bem acima da média nacional. Este fato não ocorre para o índice de dissertações por programa de mestrado. Este acontecimento poderia ser explicado pela conjunção de dois fatores: (a) teses de doutorado exigem maiores investimentos em material de custeio e equipamentos e (b) existem melhores condições de financiamento à pesquisa na Região Sudeste proporcionadas principalmente pela FAPESP no Estado de São Paulo. No que se relaciona as dissertações de mestrado, onde os investimentos necessários são

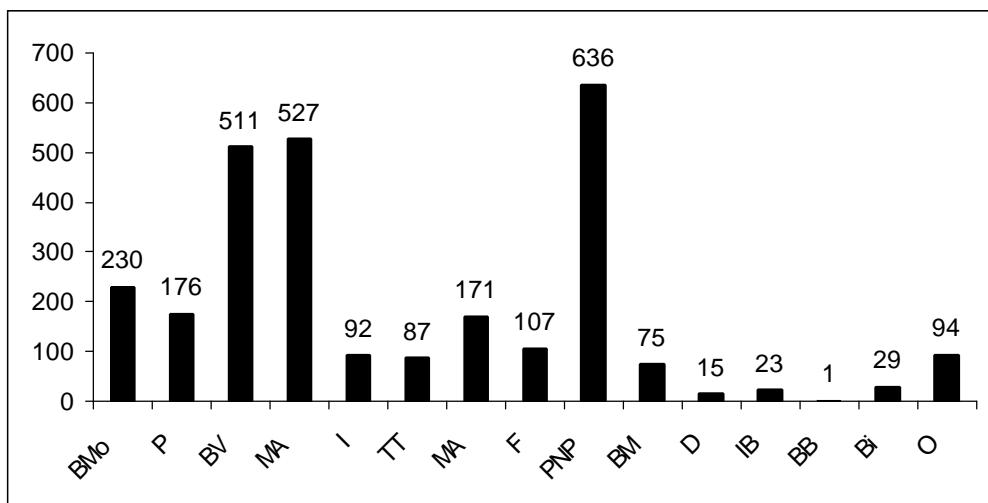
menores, os índices “número de dissertações concluídas/número de programas” das demais regiões do país é até melhor do que aqueles encontrados na Região Sudeste.

Tabela 6.5
Número de teses e dissertações concluídas por região e número de programas (1997/1999)

	Teses defendidas	Dissertações defendidas	N.º Prog. Mestrado	N.º Prog. Doutorado	Índice Tese/prog.	Índice Dissert/prog.
Sudeste	604	1304	166	142	4,25	7,86
Sul	63	363	43	29	2,17	8,44
Norte	0	37	4	1	0,00	9,25
Nordeste	31	292	31	19	1,63	9,42
Centro-Oeste	9	71	10	7	1,29	7,10
total	707	2067	254	198	3,57	8,14

O Gráfico 6.19 apresenta o número de teses e dissertações concluídas, agrupadas em áreas temáticas, em biotecnologia no Brasil entre os anos de 1997 e 1999. É interessante observar que quatro destas áreas são responsáveis por cerca de 70% do número total de pós-graduados formados. Somente três áreas – produtos naturais e processos, melhoramento animal e biotecnologia vegetal – representam aproximadamente 60% deste total. Por outro lado, 10% dos pós-graduados formados no Brasil e capazes de atuar em biotecnologia estariam sendo formados dentro da área temática biologia molecular.

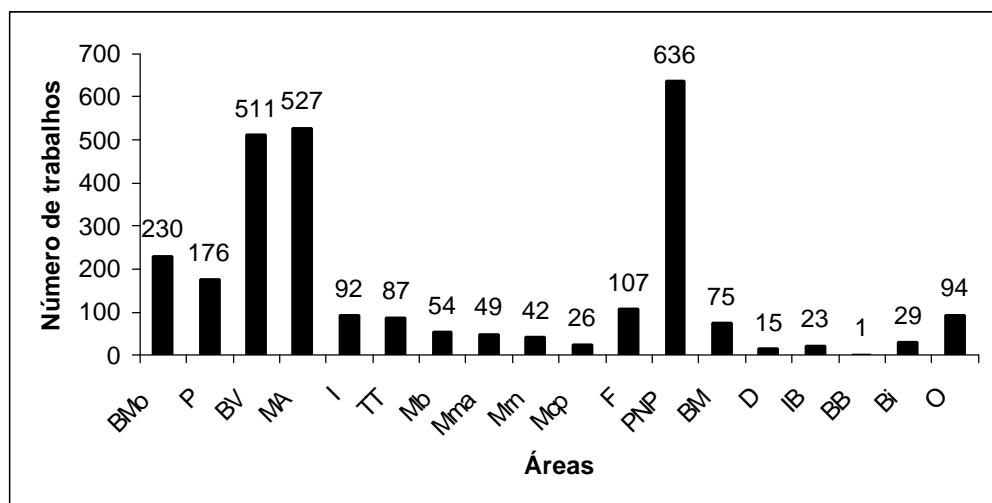
Gráfico 6.19
Número de teses e dissertações concluídas em biotecnologia no Brasil no período 1997/1999, por área temática.



O Gráfico 6.20 apresenta, basicamente, as mesmas informações do Gráfico 6.19 com a ressalva que área de meio-ambiente é, neste caso, dividida em quatro outras subáreas:

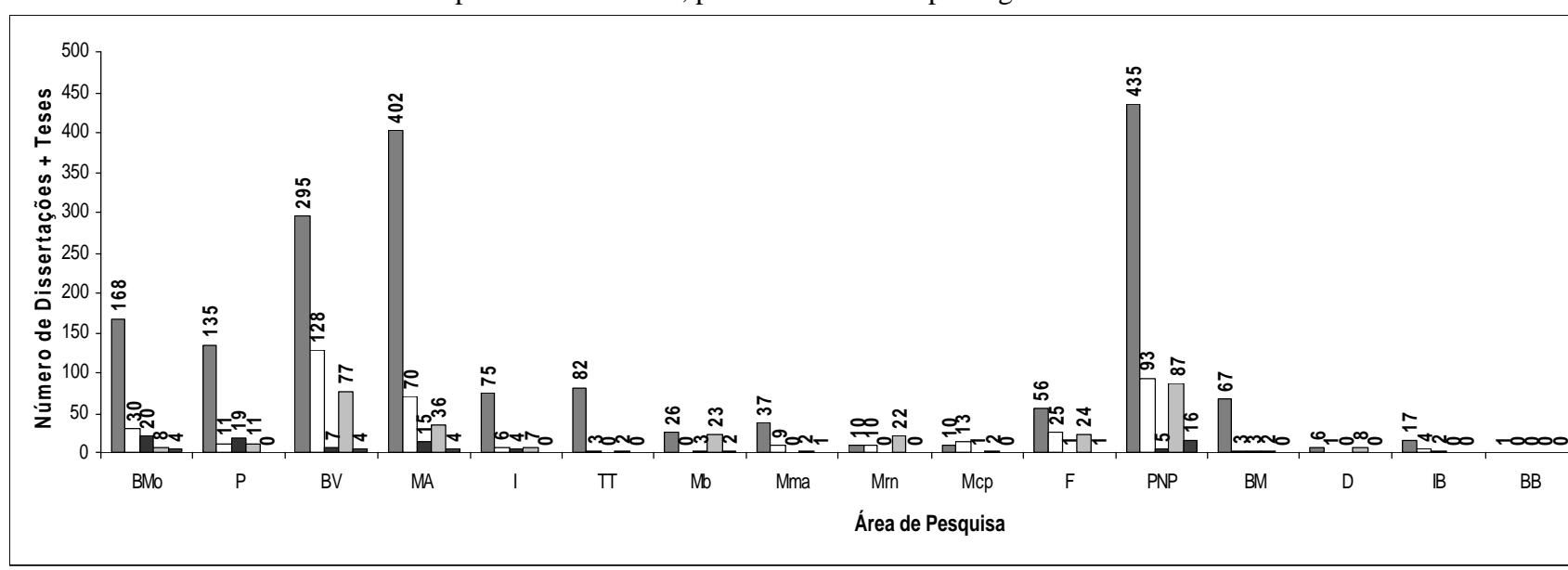
biodiversidade, controle de pragas, recursos naturais e monitoramento ambiental. A área de biodiversidade é aquela, no âmbito da grande área temática meio-ambiente, que vem formando a maior parte de pós-graduados. Teses e dissertações em controles de pragas representam a metade daquelas encontradas em biodiversidade. De qualquer forma, pode-se destacar o pequeno número de trabalhos na área meio-ambiente como um todo.

Gráfico 6.20
Número de teses e dissertações concluídas em biotecnologia no Brasil no período 1997/1999, por área temática (incluindo subáreas da área meio-ambiente).



O Gráfico 6.21 apresenta o número de pós-graduados formados nas diversas áreas temáticas da biotecnologia, segundo as regiões do país. Pode-se notar, a partir deste Gráfico, que, em praticamente todas as áreas, a região Sudeste revela-se como a que possui o maior número de teses e dissertações concluídas. As únicas exceções ocorrem nas áreas de Recursos Naturais, onde a região Nordeste ocupa esta posição, Diagnósticos e Controle de Pragas. Neste último caso, a região Sul possui mais teses e dissertações defendidas do que a região Sudeste. Assim, não pôde ser detectada nenhuma concentração expressiva, em termos regionais, em determinada área. A importância da região Sudeste, seguida das regiões Sul e Nordeste, como região formadora de mão-de-obra constitui-se em um padrão de comportamento observado em praticamente todas as áreas nas quais a biotecnologia foi dividida.

Gráfico 6.21
Número de teses e dissertações concluídas em biotecnologia no Brasil
no período 1997/1999, por área temática e por região brasileira



6.2.1 Programas de mestrado e doutorado em biotecnologia no Brasil: principais características de alguns cursos selecionados

Apresenta-se nessa seção algumas informações sobre cursos em nível de mestrado e doutorado em biotecnologia no país. A busca foi realizada junto ao banco de dados da Capes, referente ao ano de 1999, tanto dos cursos que fazem alusão direta em seu título à biotecnologia, como de cursos que estão diretamente associados ao tema, porém, sem o fazerm de forma explícita. Pode-se perceber, aliás, por meio da análise do Quadro 6.6, que todos os programas que trazem o nome “biotecnologia” em seu título foram criados nos anos 90 e, daqueles criados antes disso, nenhum cita explicitamente a biotecnologia em seu nome. Este fato demonstra a importância que o tema tem despertado junto à comunidade acadêmica nos últimos anos. Além disso, reflete também uma nova cultura da CAPES que passou, nos últimos anos, a melhor avaliar programas inter e multidisciplinar (caso da maioria dos programas de pós-graduação em biotecnologia).

Sabe-se que a bioquímica, a biologia celular, molecular, funcional e estrutural, entre outras disciplinas, estão estreitamente relacionadas com as atividades da moderna biotecnologia. Por isso, esses programas foram incluídos nesse levantamento. Por outro lado, há certamente outros programas que trabalham com o ferramental da biotecnologia mas não foram aqui incluídos, pois, como já bastante salientado em todo esse estudo, há inúmeras técnicas que estão no limite entre a moderna biotecnologia e aquelas mais tradicionais. Este é o caso, por exemplo, de grande parte dos programas em melhoramento vegetal e animal. Programas de pós-graduação nestas áreas estão disseminados em várias escolas de Agronomia no país. Reconhece-se, portanto, que esse levantamento não é exaustivo e que apresenta, necessariamente, um quadro incompleto da situação brasileira da área. Além disso, como também pode ser observado no Quadro 6.6, os programas são bastante díspares, o que coloca condicionantes importantes à análise. Porém, mesmo com estas limitações, preferiu-se correr tais riscos e apresentar um panorama aproximativo do que vem ocorrendo no campo da oferta de cursos específicos em biotecnologia no Brasil.

Assim sendo, foram identificados 18 programas de pós-graduação relacionados à biotecnologia, sendo que dez deles contemplam mestrado e doutorado¹⁵, praticamente todos eles em instituições de ensino superior (IES) públicas (com exceção da Universidade de Caxias do Sul):

1. Tecnologia Bioquímica-farmacêutica (TBF)/USP (Universidade de São Paulo)/M;
2. Biotecnologia/USP/M;
3. Biologia Celular e Estrutural (BCE)/Unicamp (Universidade Estadual de Campinas)/M-D;
4. Biologia Funcional e Molecular (BFM)/Unicamp/M-D;
5. Biotecnologia/Unesp (Universidade Paulista, campus Araraquara)/M;
6. Biotecnologia Industrial/Faenquil (Faculdade de Engenharia Química de Lorena)/M¹⁶;
7. Biotecnologia Vegetal/UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro)/M-D
8. Biologia Celular e Molecular/Fiocruz (Fundação Oswaldo Cruz)/M-D;
9. Biociências e Biotecnologia/UENF (Universidade do Norte Fluminense)/M-D;
10. Biologia Celular (BC)/UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais)/M-D;
11. Bioquímica e Imunologia (BI)/UFMG/M-D;
12. Biotecnologia de Produtos Bioativos/UFPE (Universidade Federal de Pernambuco)/M;
13. Química e Biotecnologia/UFAL (Universidade Federal de Alagoas)/M;
14. Biotecnologia/UCS (Universidade de Caxias do Sul)/M;
15. Biotecnologia/UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina)/M;
16. Ciências Bioquímicas/UFPR (Universidade Federal do Paraná)/M-D;
17. Genética e Biologia Molecular (GBM)/UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)/M-D;

¹⁵ Chama-se atenção em relação às análises das médias apresentadas nesse estudo. As médias foram obtidas com a divisão da somatória por 10 (se o item analisado referir-se ao doutorado) e outra parte por 18 (no caso de mestrado e quando não for possível e/ou conveniente separar as duas modalidades).

¹⁶ No caso da Faenquil, há no *site* da Capes a informação de que a instituição possui cursos em nível de mestrado e doutorado. Porém, só há informações completas para o ano de 1999, para o nível de mestrado, dado que esperava-se, segundo o relatório de atividades da própria IES, que a recomendação do curso, pela Capes, em nível de doutorado, ocorresse no ano de 2000.

18. Biologia Celular e Molecular (BCM)/)/UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)/M-D.

Os dados do programa em biotecnologia da Universidade de Mogi das Cruzes não estão disponíveis no banco de dados da CAPES e, portanto, não fazem parte das análises que seguem. Além disso, segundo a CAPES, encontram-se submetidos à avaliação daquela Fundação, no comitê “multidisciplinar”, dois outros programas com as características supra mencionadas. Uma das propostas foi encaminhada pela UNAERP (Universidade de Ribeirão Preto) e outra pela USP (Universidade de São Paulo). Ambos os programas foram submetidos à área de avaliação da CAPES que congrega os cursos multidisciplinares. Dado que a avaliação das propostas ainda não foi efetuada, a CAPES optou por não divulgar o conteúdo e o formato dos cursos propostos. É possível que outras propostas, com temática ligada à biotecnologia, tenham sido enviadas a outros Comitês de Avaliação da CAPES. No entanto, vale destacar que todos os programas de pós-graduação em biotecnologia com caráter multidisciplinar – o que coaduna-se com a definição de biotecnologia adotada por este trabalho – estão abrigados em uma área “multidisciplinar” da CAPES.

A partir do levantamento realizado, foram encontrados, como dito acima, 18 programas de pós-graduação, sendo dez em nível de mestrado e doutorado. Não há programa só em nível de doutorado, mas há programas só de mestrado. Entre estes últimos, não há programas de mestrado profissional, todos são acadêmicos. Deve-se ressaltar que este fato demonstra um relativo afastamento da comunidade acadêmica em relação ao setor privado. A pós-graduação brasileira deve ser capaz de formar profissionais não somente voltados para atividades acadêmicas, mas também para as empresas. O mestrado profissionalizante é um instrumento poderoso na consecução deste objetivo e que não vem sendo utilizado pelos programas de pós-graduação em biotecnologia no Brasil.

A maior parte desses programas situa-se na Região Sudeste – 11 (6 em São Paulo, 3 no Rio de Janeiro e 2 em Minas Gerais), 5 na Região Sul (um no Paraná, um em Santa Catarina e três no Rio Grande do Sul) e 2 no Nordeste (em Pernambuco e em Alagoas). Dez programas foram criados na década de 90, três nos anos 80, dois nos anos 70 e três programas na década de 60¹⁷.

¹⁷ Considera-se aqui o período de criação do programa de pós-graduação, sendo que, em alguns casos, o ano de criação de doutorado não é o mesmo que o de mestrado.

Quatro programas têm como área básica a bioquímica e a biologia geral, três são multidisciplinares e o restante em microbiologia, farmácia, genética, botânica, morfologia e química orgânica. Quanto às áreas de concentração, são apresentadas no Quadro [???](#) apenas duas áreas por programa (há programas com várias áreas de concentração), cujas principais são a biologia celular e molecular, a bioquímica e a microbiologia. Além disso, nota-se uma relativa concentração em áreas ligadas à biotecnologia agrícola.

No que respeita a avaliação realizada pela Capes, não há, entre os programas analisados, nenhum com conceito igual a 7. A grande maioria dos cursos encontra-se na faixa de conceito 3 – são 7 dos 18 programas, sendo que dois deles são de mestrado e doutorado (M/D)¹⁸ – o da UFRJ e da UENF, o que os coloca em situação menos confortável que os outros programas de mestrado; entre esses 7 programas, 4 estão na Região Sudeste (USP/TBF; UNESP, UFRJ e UENF), um no Nordeste (UFPE) e dois na Região Sul (UCS e UFSC). Com conceito 4 encontram-se 5 programas: USP/Biotecnologia, Unicamp/BFM, Faenquil, UFMG/BC e UFAL (dois possuem M/D: Unicamp e UFMG). Com conceito igual a 5, há três programas: o da Unicamp/BCE, o da UFPR e o da UFRGS/BCM, todos de M/D. Finalmente, com conceito 6 estão os programas da Fiocruz, da UFMG/BI e da UFRGS/GBM. Estes três programas têm como temática principal a biologia celular e molecular, áreas tradicionais de pesquisa no Brasil. Os programas que se auto intitulam programas de pós-graduação em biotecnologia receberam da CAPES notas entre três e quatro.

A carga horária exigida varia muitíssimo entre os programas: naqueles de mestrado, entre 240 horas (Unesp) e 900 horas (UFRJ e Fiocruz), com uma média de 429,2 horas. Nos programas de doutorado, a variação está entre 425 horas (UENF) e 1800 horas (Fiocruz), com uma média de 663,5 horas. O mesmo pode ser dito em relação à carga horária dos docentes, que varia de 21,8 horas no caso da UFRGS/BCM a 121,2 horas no caso da Fiocruz. A média entre os 18 programas é de menos de 58 horas/docente.

¹⁸ Os programas de mestrado e doutorado podem atingir o conceito máximo igual a sete, enquanto que aqueles que apresentam somente o mestrado podem atingir o conceito máximo igual a 5.

Outro elemento que demonstra a disparidade dos programas é quanto o número de docentes: enquanto que os programas da USP (o TBF) e da UCS possuem 12 professores, os da Fiocruz agregam 114. Assim sendo, a média de docente por programa é de 31,2 professores. Porém, uma característica comum é que praticamente os docentes de todos os programas são doutores (média igual a 30,8), com poucas exceções. A média de NRD6 (Núcleo de Referência Docente, constituído por 6 categorias, sendo que a sexta indica que o profissional exerce todas as atividades na IES, como docência, pesquisa, orientação etc.) é igual a 22,3, sendo que a IES que apresenta o maior número de NRD6 em seu quadro é a USP (TBF), onde todos o são (100%); seguem-se, com 90%, a USP (biotecnologia), a Faenquil, a UFMG (BC), a UFPE e a UFPR. A IES cujo programa é o que apresenta menor número de NRD6 em seu quadro é a Unesp (40%). A média é de 72% docentes NRD6 no conjunto analisado.

Quanto à caracterização do corpo discente, o programa com maior número de alunos no início do ano base de 1999 é o da Fiocruz, com 98, com mais 45 alunos ingressantes naquele mesmo ano, perfazendo um total de 143 estudantes. O programa com menor número no início de 1999 (9 estudantes) é o da UFMG (BC) e aquele com menor número de alunos ingressantes (6 estudantes) é o da UFRJ. A média de alunos no início de 1999, entre os 18 programas, é de 28,4 estudantes e a média de ingressantes em 1999 é de 17,4 alunos por programa.

Quanto ao número de titulados em 1999, no total dos 18 programas, a média é de 10,4 alunos por programa ao ano; apesar da Fiocruz aparecer com o maior número absoluto de titulados (42 alunos/ano), proporcionalmente ao número de alunos a UFMG (BC) tem o melhor resultado: 44% de seu corpo discente foi titulado em 1999; seguem a Unicamp (BFM), com 41% e a Faenquil e a UFMG (BI), com 37%. A Fiocruz tem um percentual de 29% e o programa com menor percentual de titulados é o da Unicamp (BCE), com 11%, bem abaixo da média, que é de 20% (situação de outros 5 programas).¹⁹

Em relação à média de meses para a titulação, têm sido necessários 29,8 meses para a apresentação da dissertação de mestrado e de 50,2 meses para as teses de doutorado.²⁰ No caso

¹⁹ A média, nesse caso, foi puxada para baixo devido ao programa da UFRGS/BCM, que não possui nenhum titulado em 1999 dado que o ano de criação do curso foi 1998.

²⁰ Nesse caso, ocorreu o contrário, já que as médias para titulação foram decrescidas devido ao programa da UFRGS/BCM.

dos 18 programas de mestrado, há 6 programas cujo número de meses para titulação está cima da média, sendo que o da UFRJ é o que apresenta maior número: mais de 50 meses; os programas com menor período de titulação são o da UFMG (BI), com cerca de 20 meses e o da USP (biotecnologia), com quase 27 meses. No caso dos 10 programas de doutorado, 7 estão acima da média: novamente a UFRJ assume o primeiro posto, com 77 meses para a apresentação das tese, seguida pela Fiocruz (59) e a UFPR (58,2). O programa que menos tempo tem necessitado para titulação é o da UFMG (BC), com 40,5 meses.

Uma das informações mais interessantes é quanto ao número de estudantes por docente: a média entre os 18 programas analisados é de 1,5 aluno/docente, extremamente baixa. Onze programas estão abaixo da média, sendo o de menor relação o da UFRJ (0,6); seis estão acima, com o da UCS com a maior relação (2,6 alunos/docente) e um encontra-se na média (o da Unesp). O percentual de abandono e desligamento de estudantes é de 3,3%, sendo que o programa que apresenta maior percentual é o da UFSC (11,1%), seguido pelos da UFPE (10,6%) e o da Unicamp (BFM), com 7,2%. Há 7 programas cujo percentual é zero: Faenquil, UFRJ, UENF e os da UFMG e da UFRGS.

Quanto à interação dos programas analisados com outros programas, unidades da mesma IES e/ou com outras entidades (ver colunas intituladas “Abertura dos Programas”), a partir da análise do item “outras participações do corpo docente”, percebe-se que 15 entre os 18 programas ou têm “participação na IES, mas em outros programas” (caso de 11 programas estudados) ou “em outras entidades” (4 programas). Em somente 2 programas (Unicamp/BFM e UFMG/BC) não existe a atuação dos docentes em outros programas e/ou entidades. Considerando-se, agora, o item “número de outros participantes” nos programas analisados, pode-se perceber a abertura deles: a média é de 159,2 “outros participantes” por programa no ano de 1999, sendo que tal média é puxada para cima pelo programa de Biotecnologia da USP, com 906 outros participantes em seu programa. Porém, há vários programas bem abaixo dessa média (como o da UFAL, com 14 outros participantes, o menor deles, seguido pela UCS – 21 e pela UFPE, com 33 participantes). Os programas que apresentam número superior à média são a Unicamp (BCE), com 323 participantes, seguida pela UFRJ (267 participantes), pelo programa também da Unicamp (BFM), com 221 outros participantes e pelo da UFRGS/BCM, com 228.

Quanto à produção bibliográfica, as instituições com menor participação no número total são a UFMG (BC – 48 publicações), seguida pela UFPE (71) e a UFRGS/BCM (73), abaixo da média de 155,9 números de artigos em periódicos, trabalhos em anais, livros, artigos em jornais e revistas e outros. Os melhores índices são alcançados pelos programas da USP (Biotecnologia – com 363 números), da UENF (282) e da UFRGS/GBM (275). Entre os três principais itens – o de publicação de livros, o de artigos em periódicos e em anais –, enquanto que 4 programas não lançaram nenhum livro, o da USP (Biotecnologia) editou 22 e outros 108 artigos em periódicos e 222 em anais, num total de 7,3 trabalhos por docente. Uma relação ainda mais alta é alcançada pela UFRGS/GBM, de 9,5 trabalhos por docente, seguida pela UENF (cuja essa relação é de 6,3) e pela UFRJ (8,2 trabalhos/docente), as mais altas entre os programas analisados.

Em resumo, pode-se inferir, a partir da análise realizada – mesmo esta não sendo exaustiva e incorrendo em imprecisão – que a oferta de cursos em nível de pós-graduação no Brasil nas áreas correlatas à moderna biotecnologia restringe-se a um pequeno número, localizados na Região Sudeste e no Estado de São Paulo e que há a uma elevada assimetria entre os programas no que respeita, principalmente, a carga horária exigida, o número de docentes e discentes envolvidos nos programas, tempo necessário para a titulação e o peso da produção bibliográfica. Em geral, os programas são similares em relação ao número de doutores no total do quadro de docentes, quase 100% dos casos analisados, e em relação ao número de NRD6 sobre o total de docentes, exceto em dois programas cujos indicadores se distanciam da média. Um dos aspectos que mais chamam atenção é a fraca relação existente entre número de alunos por docente, cuja média, como já apontado acima, gira em torno de 1,5 alunos/docente. Estudos mais aprofundados nestes programas deveriam ser conduzidos para que fossem identificadas as causas subjacentes à este índice e propostas políticas de atuação que elevassem este número fossem propostas.

Quanto às áreas de concentração e as disciplinas a serem ministradas, há temas como proteínas recombinantes, análise estrutural de materiais biológicos, regulação de expressão de genes, estudos de proteômica, bioinformática, entre outros, que precisam urgentemente ser disseminados e/ou implantados no país, assim como aqueles voltados às leis de regulação dos mercados, de propriedade intelectual, de biossegurança, de biodiversidade, que também

precisam ser criados e/ou atualizados e também disseminados a outras regiões do país, não se restringindo somente às Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Enquanto isso, há áreas de concentração nas quais o país detém forte capacitação técnico-científica que, porém, pode ser perdida se esforços no sentido de treinamento e atualização não forem realizados.

Vale a pena citar uma iniciativa dos Institutos de Biologia e de Computação da Unicamp na criação de disciplinas de especialização em biologia computacional. Tal iniciativa é fruto da experiência existente tanto na área de bioinformática e em biologia molecular e engenharia genética nesta Universidade e a percepção da necessidade de formar um profissional que atenda às novas exigências da ciência e do mercado, cujo perfil é a manipulação de informações advindas de diversas áreas do conhecimento relacionadas à biotecnologia através da bioinformática. As referidas disciplinas procuram oferecer uma visão abrangente das ferramentas computacionais de bioinformática. “Dentro do projeto, estudantes de exatas e biológicas lecionam disciplinas em ambos os institutos, obtendo uma formação como profissionais em bioinformática (...). O Instituto de Biologia está ministrando duas disciplinas aos estudantes de ciências exatas: Biologia Molecular para Ciências Exatas I e II. Nelas são detalhados os conhecimentos de genética molecular e bioquímica empregados no Projeto Genoma. Caberá ao Instituto de Computação oferecer três disciplinas para os alunos da área de biológicas: Algoritmos e Programação de Computadores, Tópicos em Ciências da Computação e Estrutura de Dados” (Jornal da Unicamp, abril de 2001).

Não há dúvida que os trabalhos acerca do desenvolvimento da moderna biotecnologia demandam uma visão inter e multidisciplinar dos sistemas biológicos em sua dimensão, conjuntamente a uma visão que volte-se também às demandas existentes em outros setores da sociedade em geral – empresas privadas, instituições públicas de pesquisa, ONGs, cooperativas de trabalhadores e produtores, organismos de extensão rural, entre outros.

Informações gerais sobre os programas												Caracterização Corpo Docente				Carac. Corpo disc.		Caracterização do Corpo Discente							
Nome do Programa	Instituição	Área básica	Área de concentração (no máximo duas)	Mod.	Início das ativ. no mestrado	Início das ativ. no doutorado	Conc. ¹	Carga horária exigida ²			Num. de doc.			% de NRD6 sobre o total de docentes	n. de alunos		Número de alunos			% de titulados sobre o total de alunos	% de aband e deslig. ⁶	Num. de estud./doc	média (meses)		
								Mestr.	Dout.	por docente	total	D	M	NRD6 ⁴			no iníc. de 1999 (ano base)	Ingres. em 1999	no início de 1999 (ano base)	Ingres. em 1999	titulados em 1999	para titulação (mestr.)	para titulação (dout.)		
Tecnologia Bioquímica-farmacêutica	USP	Farmácia	tecnologia de alimentos e tecnologia das fermentações	M	1973	n. a. ³	3	540	n. a. ³	103,8	12	12	0	12	100%	18	12	18	12	7	23%	3,3	2,5	37,6	n. a. ³
Biotecnologia	USP	Genética	biologia e fisiologia dos microorganismos e genética molecular e de microorganismos	M	1991	n. a. ³	4	435	n. a. ³	36,6	48	47	0	42	88%	53	25	53	25	10	13%	3,9	1,6	26,7	n. a. ³
Biologia celular e estrutural	Unicamp	biologia geral	biologia celular	M/D	1980	1994	5	540	540	92,7	39	39	0	26	67%	40	59	40	59	11	11%	1,4	1,8	28,8	47,2
Biologia funcional e molecular	Unicamp	Bioquímica	bioquímica e fisiologia	M/D	1985	1990	4	360	720	40,5	50	50	0	23	46%	34	22	34	22	23	41%	7,2	1,1	28,8	55,4
Biotecnologia	UNESP (Araraquara)	multidisciplinar	biotecnologia	M	1995	n. a. ³	3	240	n. a. ³	27,7	29	29	0	11	38%	34	10	34	10	11	25%	4,6	1,5	38,3	n. a. ³
Biotecnologia Industrial	FAENQUIL	microbiologia	conversão de biomassa e microbiologia aplicada	M ⁸	1994	n. a. ³	4	315	n. a. ³	78,2	14	14	0	12	86%	19	11	19	11	11	37%	0	2,1	31,1	n. a. ³
Biotecnologia Vegetal	UFRJ	Botânica	biotecnologia de microorganismos relacionados a plantas e biotecnologia de organismos fotossintetizantes	M/D	1993	1993	3	900	1305	121,2	26	25	1	16	62%	10	6	10	6	4	25%	0	0,6	50,3	77
Biologia celular e molecular	Fiocruz	Bioquímica	bacteriologia molecular e biologia celular e molecular	M/D	1989	1989	6	900	1800	28	114	113	1	86	75%	98	45	98	45	42	29%	2,1	1,3	39,7	59
Biociências e Biotecnologia	UENF	multidisciplinar	biologia celular e ciências ambientais	M/D	1994	1994	3	255	425	38,3	46	45	1	37	80%	40	16	40	16	9	16%	0	1,2	28	51,7
Biologia celular	UFMG	Morfologia	biologia celular	M/D	1973	1978	4	360	540	48,5	13	13	0	12	92%	9	7	9	7	7	44%	0	1,2	29	40,5
Bioquímica e Imunologia	UFMG	Bioquímica	bioquímica e imunologia	M/D	1968	1968	6	450	525	47,5	30	30	0	21	70%	15	15	15	15	11	37%	0	1	20,4	55,6
Biotecnologia de Produtos Biativos	UFPE	biologia geral	microbiologia aplicada e química orgânica	M	1997	n. a. ³	3	360	n. a. ³	104,4	15	15	0	13	87%	12	7	12	7	5	26%	10,6	1,3	27	n. a. ³
Química e Biotecnologia	UFAL	química orgânica	biotecnologia vegetal e físico-química	M	1992	n. a. ³	4	300	n. a. ³	31,6	19	18	1	11	58%	31	11	31	11	9	21%	4,8	2,2	36	n. a. ³
Biotecnologia	UCS	biologia geral	biotecnologia agrícola e biotecnologia das fermentações	M	1993	n. a. ³	3	330	n. a. ³	70,4	12	11	1	10	83%	20	11	20	11	5	16%	6,5	2,6	27,4	n. a. ³
Biotecnologia	UFSC	multidisciplinar	biotecnologia agrícola e florestal	M	1995	n. a. ³	3	270	n. a. ³	29,4	24	24	0	14	58%	18	9	18	9	4	15%	11,1	1,1	29,8	n. a. ³
Ciências Bioquímicas	UFPR	bioquímica	biologia molecular e bioquímica farmacológica	M/D	1965	1965	5	450	780	94,7	19	19	0	17	89%	15	9	15	9	8	33%	4,2	1,3	29,4	58,2
Genética e Biologia Molecular	UFRGS	genética	biologia molecular e genética molecular	M/D	1968	1963	6	360	540	26,2	29	29	0	22	76%			23	14	11	30%	0	1,3	27,5	57,7
Biologia celular e Molecular	UFRGS	biologia geral	biologia celular e molecular e biotecnologia	M/D	1998	1998	5	360	555	21,8	22	22	0	17	77%			23	24	0	0%	0	1,3	0	0
Média ⁷								429,2	663,5	57,9	31,2	30,8	0,3	22,3	72%	19,4	11,5	28,4	17,4	10,4	20%	3,3	1,5	29,8	50,2

1. Conceito obtido pelo programa na avaliação realizada pela Capes. O maior conceito para a modalidade "mestrado" é 5 e para a de "mestrado e doutorado" ou somente "doutorado" é 7.

2. Valores correspondentes ao número de horas.

3. Não se aplica, pois o programa é apenas em nível de mestrado.

4. O NRD (Núcleo de Referência Docente) é constituído de 6 categorias. O NRD6, a mais alta delas, significa que o docente participa de todas as atividades na IES, como docência, pesquisa, orientação etc.

6. Foram somadas as taxas correspondentes a abandono e desligamento.

7. Quando pertinente. As médias foram obtidas com a divisão do somatório por 8 (se o item referir-se ao doutorado) e por 16 (no caso de mestrado e quando não for possível e/ou conveniente separar as duas modalidades).

8. No caso desta IES, o site da Capes traz a informação de que a instituição possui cursos em nível de mestrado e doutorado em biotecnologia industrial. Porém, só há informações completas para o nível de mestrado.

Quadro 6.6

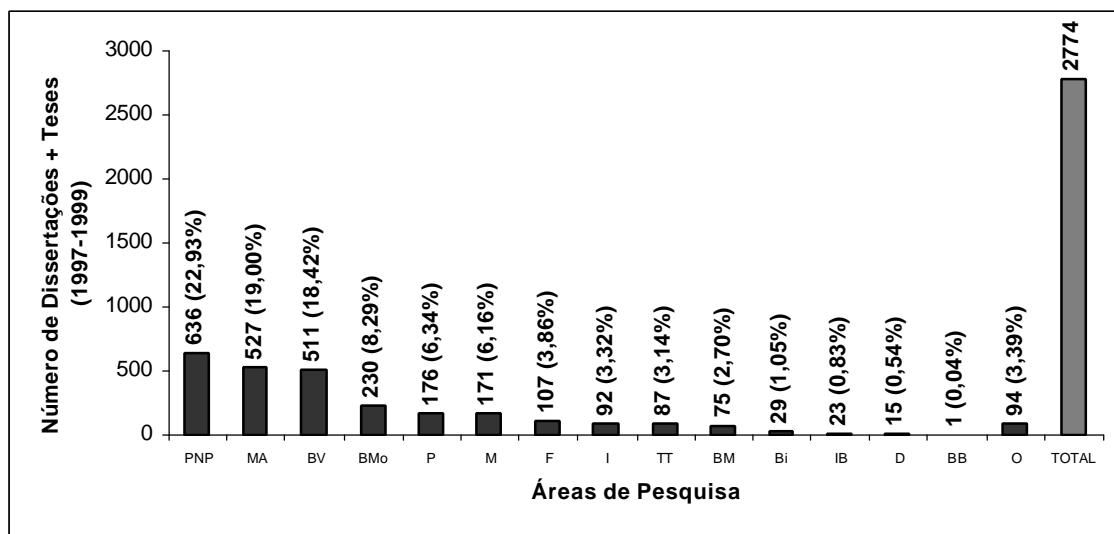
Características de alguns programas selecionados de pós-graduação em biotecnologia no Brasil.

6.3. Algumas considerações relativas a “oferta e demanda” de recursos humanos pós-graduados para a biotecnologia nacional

O gráfico 6.22 e o Quadro 6.6 apresentam a distribuição de teses e dissertações defendidas no Brasil nas áreas em que este trabalho dividiu a biotecnologia. Conforme já foi mencionado anteriormente, pode-se constatar uma concentração excessiva em algumas áreas (Quadro 7.1).

A maior parte das dissertações e teses concentram-se nas áreas de Produtos Naturais e Processos (22,93%), Melhoramento Animal (19,00%), Biotecnologia Vegetal (18,42%) e Biologia Molecular (8,29%), totalizando 68,64% ou 1.904 trabalhos do total de 2.774.

Gráfico 6.22
Concentração de Dissertações e Teses por Área de Pesquisa (1997-1999)



Fonte: Pesquisa de Campo.

Legenda do Gráfico 7.1

BB	Biossegurança e Bioética	IB	Instrumentos de Apoio à Biotecnologia
BM	Biotecnologia de Microrganismos	M	Meio-Ambiente
BMo	Biologia Molecular	MA	Melhoramento Animal
BV	Biologia Vegetal	P	Proteômica
F	Fármacos	PNP	Produtos Naturais e Processos
D	Diagnóstico	TT	Tecnologia de Tecidos
I	Imunotecnologia	O	Outros
Bi	Bioinformática		

Assim, pode-se afirmar que, se essa tendência de formação observada de 1997 a 1999 se perpetuar, as outras áreas de pesquisa ofertarão uma menor quantidade de profissionais do que as mencionadas acima, fazendo com que os demandantes por tais profissionais venham a ter maior dificuldade de encontrá-los. Isso pode ser melhor visualizado no Quadro 7.1 que lista as informações do gráfico anterior.

Vale destacar que as três áreas onde concentram-se a formação de recursos humanos em biotecnologia estão entre aquelas mais tradicionais desta atividade. Com alguma ressalva, mesmo a biologia molecular poderia fazer parte deste grupo.

Quadro 6.7
Concentração de Formação de Profissionais por Área de Pesquisa (1997-1999)

Ordem	Áreas de Pesquisa	Dissertações e Teses	% do Total	Concentração
1	Produtos Naturais e Processos	636	22,93	68,64%
2	Melhoramento Animal	527	19,00	
3	Biotecnologia Vegetal	511	18,42	
4	Biologia Molecular	230	8,29	
5	Proteômica	176	6,34	22,82%
6	Meio-Ambiente	171	6,16	
7	Fármacos	107	3,86	
8	Imunotecnologia	92	3,32	
9	Tecnologia de Tecidos	87	3,14	8,54%
10	Biotecnologia de Microorganismos	75	2,70	
11	Bioinformática	29	1,05	
12	Instrumentos de Apoio à Biotecnologia	23	0,83	
13	Diagnóstico	15	0,54	
14	Biossegurança e Bioética	1	0,04	
-	Outros	94	3,39	
-	TOTAL	2774	100,00 %	100,00 %

Fonte: Pesquisa de Campo.

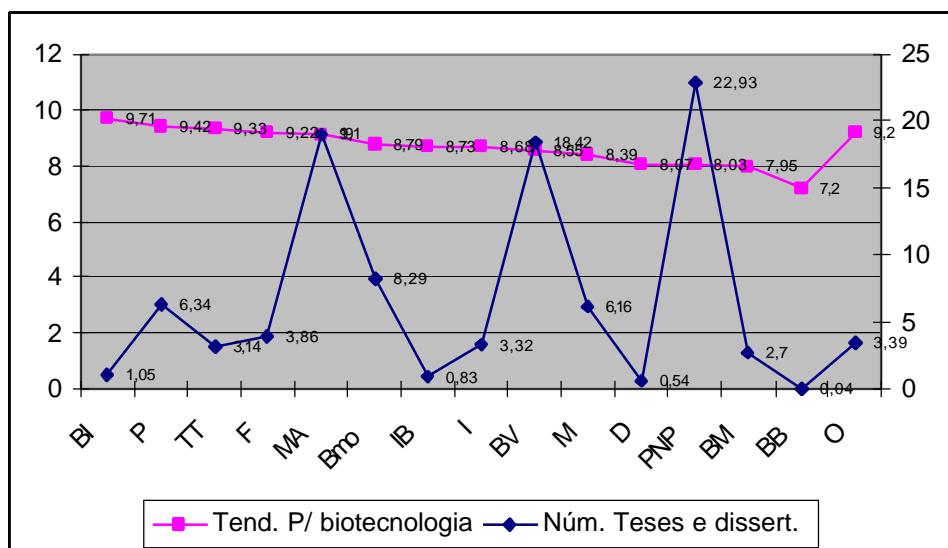
A observação do Gráfico 7.1 também é interessante para observar-se o pequeno volume de pós-graduados formados em algumas áreas apontadas como estratégicas para o desenvolvimento da biotecnologia nacional. Este é o caso, por exemplo, das áreas de fármacos, tecnologia de tecidos, bioinformática e proteômica. Pode-se ainda observar o número inexpressivo (apenas um trabalho) identificado com a temática afeta as questões ligadas a biossegurança e a bioética. Este é um dado relevante e preocupante na medida em que os avanços biotecnológicos colocam questões à sociedade que devem ser examinadas sob o ângulo da biossegurança e da bioética. Cabe ainda salientar o pequeno número de teses e dissertações

(classificadas no grupo outros) e, portanto, de pós-graduados formados em aspectos ligados a gestão da biotecnologia e à atividades de empreendedorismo ligadas ao negócio biotecnologia. Sabendo da importância que a biotecnologia pode representar como potencial geradora de pequenos empreendimentos de base tecnológica e das tradicionais dificuldades de pesquisadores desempenharem atividades gerenciais, esta deficiência também pode ser considerada uma lacuna importante na formação de recursos humanos para o setor.

Estas informações também podem ser visualizadas a partir dos Gráficos 6.23. e 6.24. Estes Gráficos apontam que algumas áreas receberam notas importantes, seja em tendências de desenvolvimento para a biotecnologia nacional ou em futuros estrangulamentos em termos de recursos humanos qualificados, mas possuem percentagens menores em termos de formação de mestres e doutores. Para outras áreas, a situação é inversa. No primeiro caso, podem ser destacadas as áreas de bioinformática, tecnologia de tecidos, fármacos e proteômica. Existem algumas áreas que receberam notas importantes em termos de tendências e possíveis estrangulamentos na disponibilidade de mão-de-obra para o setor, mas que já formam um número expressivo de mestres e doutores. Este é o caso, por exemplo, das áreas de melhoramento animal, produtos naturais e processo e biotecnologia vegetal.

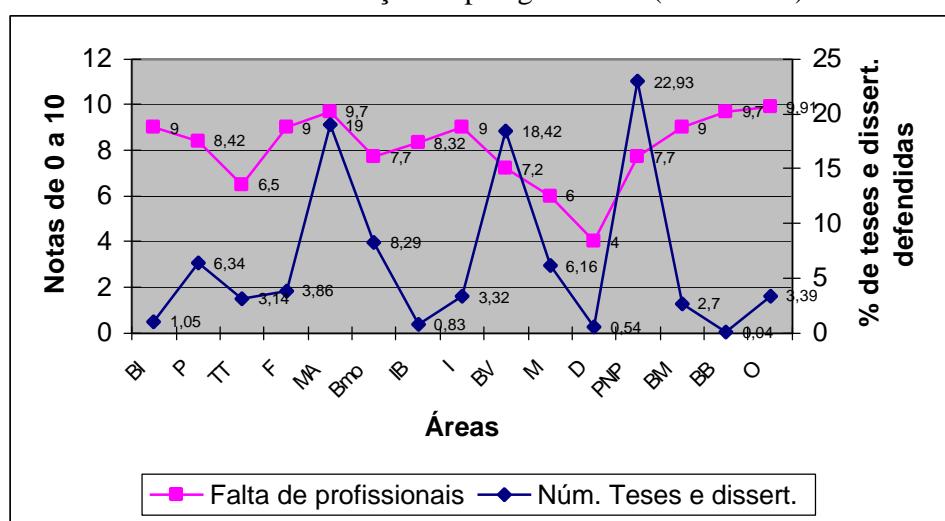
Este relatório assume que o estímulo a novas áreas da biotecnologia, consideradas passíveis de mecanismos de indução particularizados, não deve acontecer em detrimento da manutenção das áreas tradicionais da biotecnologia nacional. Deve-se evitar o erro estratégico de incentivar novas áreas sem garantir a competência adquirida em áreas onde o Brasil já tem competência comprovada, fruto de longos anos de investimento.

Gráfico 6.23
Tendências para a biotecnologia nacional vs. formação de pós-graduados
(1997-1999)



BB	Biossegurança e Bioética	IB	Instrumentos de Apoio à Biotecnologia
BM	Biotecnologia de Microrganismos	M	Meio-Ambiente
BMo	Biologia Molecular	MA	Melhoramento Animal
BV	Biologia Vegetal	P	Proteômica
F	Fármacos	PN	Produtos Naturais e Processos
D	Diagnóstico	TT	Tecnologia de Tecidos
I	Imunotecnologia	O	Outros
Bi	Bioinformática		

Gráfico 6.24
Tendências para a falta de mão-de-obra qualificada para a biotecnologia
nacional vs. formação de pós-graduados (1997-1999)



BB	Biossegurança e Bioética	IB	Instrumentos de Apoio à Biotecnologia
BM	Biotecnologia de Microrganismos	M	Meio-Ambiente
BMo	Biologia Molecular	MA	Melhoramento Animal
BV	Biologia Vegetal	P	Proteômica
F	Fármacos	PN	Produtos Naturais e Processos
D	Diagnóstico	TT	Tecnologia de Tecidos
I	Imunotecnologia	O	Outros
Bi	Bioinformática		

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A discussão sobre lacunas de formação de pós-graduados em áreas estratégicas da biotecnologia nacional requer, necessariamente, algumas considerações preliminares mais amplas a respeito do sistema nacional de pós-graduação e pesquisa.

A primeira destas observações está ligada ao fato de que qualquer política que vise estimular a formação de recursos humanos em biotecnologia no Brasil, seja em áreas consideradas “modernas” seja nas áreas ditas tradicionais, deve ser orquestrada no âmbito do conjunto de instituições que atuem, em níveis e atribuições diferentes, no sistema de pós-graduação e pesquisa do país. Assim, para que as iniciativas propostas tenham a amplitude sistêmica desejada, é vital a participação de diversos Ministérios do Governo Federal (MCT, MEC, MS, MINC, MA, etc), agências de fomento nacionais (principalmente CAPES e CNPq) e, pontualmente, Institutos de Pesquisa atuando na área. Além das instituições federais, é também necessário considerar as experiências e ações já desenvolvidas por algumas FAP’s. O sucesso que a FAPESP vem alcançando nesta área atesta a oportunidade da observação destas experiências.

O estudo mostrou claramente a importância das bolsas de mestrado e doutorado na formação de pessoal pós-graduado em biotecnologia no Brasil (a grande maioria das teses e dissertações defendidas é financiada por bolsas de estudo). Desta forma, parece claro que qualquer política de estímulo à formação de pós-graduados na área deve contemplar esta questão. A outorga de bolsas de pós-graduação, além dos canais e quotas já disponíveis, pode se revelar um estímulo poderoso à criação e/ou consolidação de programas de formação em determinadas áreas da biotecnologia nacional.

Este documento não poderia deixar de comentar, mesmo a questão fazendo parte de um problema conjuntural mais amplo da pós-graduação brasileira, os baixos valores das bolsas de pós-graduação pagas atualmente pelas agências federais de fomento (CAPES e CNPq). É certo que este problema inibe a atração de melhores quadros para a pós-graduação brasileira e que, portanto, deve ser resolvido no curto prazo.

Outra questão bastante presente ao longo de todo o trabalho foi a excessiva concentração da formação de pessoal, em quantidade e qualidade²¹, na região Sudeste, especialmente no Estado de São Paulo. Em face desta concentração e visando promover um desenvolvimento harmonioso e equilibrado do país como um todo, parece salutar a adoção de políticas que visem uma certa descentralização da pesquisa e da formação de recursos humanos em biotecnologia. Esta descentralização permitiria, por exemplo, que particularidades regionais fossem mais bem exploradas em pesquisas ligadas ao ambiente no qual estão inseridas. Deve ficar claro que esta política não pode, sob o risco do desperdício do dinheiro público, sobrepor-se a critérios de qualidade.

Desta forma, poderiam ser privilegiadas ações de fomento que visam, ao mesmo tempo, a exploração de lacunas temáticas da formação de recursos humanos e políticas de descentralização (“novos programas, com localização geográfica menos tradicional, em áreas estratégicas da biotecnologia”). Para a consecução deste objetivo, algumas ações podem ser engendradas:

- Aumento da mobilidade de pesquisadores aposentados, doutores e recém-doutores (bolsas e “projetos enxoval”) que pudessem nuclear grupos de pesquisa em regiões menos tradicionais na área, em lacunas específicas da biotecnologia;
- Parcerias com Governos Estaduais que estivessem dispostos a estabelecer ações regionais de formação de pessoal e de pesquisa e
- Criação e operacionalização de redes nacionais e internacionais que proporcionassem o suporte necessário a programas de intercâmbio, consórcios e convênios de cooperação. Os chamados mestrados consorciados e interinstitucionais, já previstos pela CAPES, poderiam ser usados para este fim. O programa PROCAD, também desenvolvido no âmbito da CAPES, também poderia ser aproveitado com este intuito.

Uma outra questão importante que merece ser destacada é o risco de uma migração de cérebros brasileiros para o exterior em áreas mais avançadas do conhecimento, como a biotecnologia. Considerando uma situação de sucesso na implantação de uma política de formação de recursos humanos de alto nível em biotecnologia no Brasil, não é difícil imaginar

²¹ Não existe nenhum programa de pós-graduação com nota sete da CAPES fora da região Sudeste.

que o país torne-se um fornecedor de mão-de-obra qualificada para os países mais ricos. Isto aconteceu, recentemente, com a informática. Assim, parece evidente a importância de proporcionar aos profissionais aqui formados condições de trabalho suficientemente atrativas para que este movimento não ocorra. Obviamente que estes atrativos passam por condições adequadas de pesquisa e de salários.

Vale destacar o papel importante que a CAPES representa na pós-graduação brasileira e, portanto, na formação de recursos humanos pós-graduados no Brasil. Cabe a CAPES, por intermédio de seus vários comitês, proceder a avaliação dos cursos de pós-graduação no Brasil. Os resultados desta avaliação representam uma sinalização importante, para o mundo acadêmico e empresarial, da qualidade de um curso de pós-graduação. Atualmente, este processo de avaliação é feito no âmbito de comitês que estão formados segundo uma visão histórica e tradicional, muitas vezes ultrapassada, da compartmentalização temática do conhecimento. Neste contexto, programas multidisciplinares como os de biotecnologia e agronegócios, por exemplo, são muitas vezes penalizados em suas avaliações. Este fato reporta a necessidade de a CAPES repensar a forma de avaliar estes cursos, sem prejuízo do rigor do método, de maneira a captar as especificidades que os caracterizam. Os baixos conceitos obtidos por alguns programas de biotecnologia poderiam estar ligados a este aspecto, entre outros.

O estudo revelou que a grande maioria dos pós-graduados brasileiros em assuntos relacionados à biotecnologia dirigem-se para atividades acadêmicas. Somente uma parcela menor, tanto em nível de mestrado como de doutorado, é aproveitada por empresas do setor. Este trabalho assume que o estímulo à criação de mestrados profissionais (ou profissionalizantes) poderia auxiliar a atenuar este quadro de concentração excessiva de profissionais em atividades acadêmicas, em prejuízo de empresas privadas²². Mesmo, em casos específicos e com um cuidado especial com a qualidade²³ do formado, os cursos de

²² Vale lembrar, porém, que o setor privado no país demanda poucos profissionais de alto nível de formação, justamente por investir muito timidamente em P&D. Desta forma, é necessária também uma postura do setor produtivo no contexto do desenvolvimento de áreas de alta tecnologia no país.

²³ A proliferação excessiva destes cursos, nas mais variadas áreas do conhecimento, tem, muitas vezes, comprometido a qualidade dos recursos humanos formados. Este fato foi identificado pelo mercado de trabalho que passou a avaliar com maior cuidado os títulos obtidos nestes programas de formação.

especialização *Lato Sensu* poderiam ajudar na formação de profissionais voltados para empresas do setor. A biotecnologia, objeto deste estudo, apresenta uma temática plenamente compatível com o objetivo destes cursos.

O estudo ainda mostrou a importância das Universidades Públicas na absorção do pessoal formado em biotecnologia, principalmente para jovens doutores. Isto deve-se principalmente a melhor infraestrutura de pesquisa destas instituições. Apesar de a maioria do pessoal formado dirigir-se às Universidades Públicas – apesar da crise que estas instituições enfrentam, a capacidade de absorção de pessoal pelos institutos de pesquisa Universidades particulares está longe de ser marginal.

Além disso, deveria ser estimulada a introdução, na grade curricular dos cursos de pós-graduação em biotecnologia, uma disciplina (ou conjunto de disciplinas) que abordassem questões gerais ligadas a duas problemáticas diferentes. A primeira delas relacionada às questões de biossegurança e bioética. Estes conhecimentos permitiriam ao cientista melhor situar suas pesquisas no contexto da sociedade. A discussão atual sobre a pertinência da produção de organismos geneticamente modificados (OGM) é emblemática da importância da contextualização de produtos biotecnológicos nas preocupações e anseios da sociedade. A segunda abordaria questões ligadas à gestão e ao empreendedorismo. O objetivo seria aproximar o cientista a práticas correntes de gestão de negócios, aumentando suas chances de inserção na empresa privada, e apresentar noções de empreendedorismo que estimulem o cientista a participar ou/e criar pequenas empresas de base tecnológica. Somente com estas providências será possível gerar competência²⁴ em biotecnologia no Brasil.

A pós-graduação brasileira vem crescendo em um ritmo acelerado. Este crescimento é o resultado de uma pressão do mercado de trabalho por mão-de-obra qualificada (ainda que o setor privado empregue poucos profissionais de formação superior em seus quadros, como já dito anteriormente, notadamente no caso da biotecnologia, onde as atividades desenvolvidas por empresas são, em sua grande maioria, de nível intermediário de sofisticação e conhecimento) e da procura crescente de instituições de nível superior por professores

²⁴ Verificar o conceito de competência, utilizado por este trabalho, na seção 3.2.

qualificados (mestres e doutores). Este movimento também pode ser observado nos programas voltados para a biotecnologia nacional.

Uma rápida análise da situação geral dos grupos de pesquisa para os quais foram enviados questionários da pesquisa aponta, assim como acontece para os cursos de pós-graduação, uma excessiva concentração das atividades de pesquisa na região sudeste, com especial destaque para o estado de São Paulo. Este fato mostra claramente a ligação direta que existe entre as atividades de pesquisa e aquelas de pós-graduação.

As respostas obtidas nos questionários e as teses e dissertações analisadas foram agrupadas em quinze áreas da biotecnologia. Esta foi uma medida necessária para que as análises pudessem ser efetuadas (havia uma grande dispersão nas palavras-chave citadas pelos pesquisadores). Existe, claramente, uma alta dose de subjetividade na criação destas áreas, bem como na alocação de respostas e trabalhos a estas mesmas áreas. No entanto, preferiu-se correr o risco de proceder a inexatidões pontuais a pecar pela falta de objetividade nas análises. Vale ressaltar que todas os 2774 trabalhos em biotecnologia identificados pela pesquisa foram analisados individualmente (título, palavras-chave e programas) para poderem ser classificados em uma determinada área.

Os questionários respondidos pelos pesquisadores permitiram identificar áreas que eles julgavam importantes para o desenvolvimento futuro da biotecnologia e áreas onde poderia haver escassez de mão-de-obra qualificada no futuro. As notas foram analisadas segundo dois critérios diferentes. O primeiro deles considerava somente a nota média atribuída às áreas pelos pesquisadores. O segundo critério ponderava estas notas pela freqüência de citações da área. Em alguns pontos os resultados diferiram substancialmente. No entanto, há que se considerar que o maior número de citações ocorreu, em geral, exatamente nas áreas onde havia uma concentração maior dos grupos de pesquisa. Feita esta consideração, existiu uma clara tendência dos líderes de grupos de pesquisa apontarem suas principais áreas de atuação como aquelas mais importantes para o futuro da biotecnologia nacional. Além disso, vale ressaltar que 66,67% dos grupos de pesquisa entrevistados afirmaram enfrentar dificuldades de encontrar pessoal qualificado para contratação.

Os grupos de pesquisas analisados também foram inquiridos a respeito das demandas atuais por profissionais em biotecnologia. As áreas apontadas como mais importantes neste quesito foram as de biologia molecular, produtos naturais e processo, proteômica, biotecnologia de microrganismos e bioinformática. Deve-se destacar que as duas mais citadas estão entre as áreas mais tradicionais da biotecnologia nacional e onde existe um expressivo número de grupos de pesquisa e de pessoal formado ou em formação. Como este trabalho pretende assumir um caráter prospectivo, foi dada maior atenção àquelas áreas onde haveria, segundo os pesquisadores, um desenvolvimento mais importante da biotecnologia e possíveis estrangulamentos em termos de recursos humanos qualificados.

Vale ressaltar que dos 295 programas de pós-graduação analisados, somente nove eram ligados a instituições privadas de ensino superior. Este fato comprova, mais uma vez e de forma inequívoca, a importância das instituições de ensino superior públicas na formação de recursos humanos qualificados para o Brasil.

O estudo deteve-se, de forma mais aprofundada, na análise de 18 programas de pós-graduação que apresentavam um enfoque especial em biotecnologia. Cabe destacar a enorme disparidade que existe entre estes programas no que se relaciona a carga horária exigida, o número de docentes e discentes envolvidos nos programas, tempo de titulação e a magnitude da produção bibliográfica. Programas multidisciplinares em biotecnologia são em pequeno número, relativamente jovens e com avaliação não muito positiva pela CAPES (a maioria tem conceito três em uma escala que vai até sete). Um dos aspectos que chama a atenção nestes programas é o número de estudantes por docente: a média entre os 18 programas analisados é de 1,5 alunos por docente. Estudos mais aprofundados seriam necessários para confirmar este índice. Confirmando-se esta proporção, não existem dúvidas quanto a necessidade de se estabelecer políticas de incentivos ao seu aumento.

Existe uma grande concentração de formação de pessoal em biotecnologia, medida em termos de teses e dissertações defendidas, em algumas poucas áreas. As áreas de produtos naturais e processos, melhoramento animal, biotecnologia vegetal e biologia molecular concentram 68,64% do total de mestres e doutores formados no país no período 1997/1999. Por outro lado, áreas consideradas importantes pelos próprios pesquisadores estão formando uma quantidade muito pequena de profissionais.

As informações de formação de pessoal, confrontadas com as tendências apontadas pelos pesquisadores, permitem apontar algumas lacunas potenciais importantes na formação de pessoal voltado para a biotecnologia no Brasil. Estas áreas merecem uma atenção especial nos próximos anos para que não venham faltar recursos humanos qualificados para explorá-las²⁵. As áreas são: **Bioinformática, Tecnologia de Tecidos, Fármacos, Proteômica e Biosegurança e Bioética**. Deve ficar claro que investimentos nestas áreas não devem significar retração nos investimentos nas outras áreas. Ademais, todas as áreas citadas pelos pesquisadores devem ser consideradas como importantes para o desenvolvimento da biotecnologia nacional.

Este trabalho não pretendeu em nenhum momento quantificar o número de pessoal necessário a uma determinada área da biotecnologia nacional. Buscou-se tão somente, com o apoio da comunidade acadêmica, fazer um exercício de prospecção que permitisse antever eventuais lacunas na formação de recursos humanos qualificados para conduzir o desenvolvimento da biotecnologia nacional. É somente com esta intenção que as áreas acima foram citadas.

Seria interessante que pesquisas mais aprofundadas fossem conduzidas junto aos programas de pós-graduação da área para que os dados e informações apresentadas neste relatório pudessem ser refinados. Além disso, seria necessário um acompanhamento sistemático na formação de recursos humanos para a biotecnologia nacional como forma de detectar rapidamente processos indesejados de concentração de formação de recursos em determinadas áreas ou regiões. Além disso, é somente por intermédio de um contato mais aprofundado com os diversos Ministérios envolvidos com a biotecnologia nacional, agências de fomento nacionais e estaduais, institutos de pesquisa e, principalmente, com os programas de pós-graduação, que políticas de indução de formação de recursos humanos em áreas consideradas estratégicas poderiam ser articuladas com sucesso.

²⁵ Para maiores detalhes sobre estas observações, ver o capítulo seis deste relatório.

8. BIBLIOGRAFIA PRELIMINAR

- ALBUQUERQUE, L. G.: *Competitividade e Recursos Humanos*. Revista de Administração da USP. Vol. 27, nº 04, pp. 16-29. São Paulo, out./dez. de 1992.
- ASSAD RIOS, A. L.; SILVA, E. & SÁ, F. *Biodiversidade: a formação de recursos humanos*. Workshop *Biodiversidade: Perspectivas e Oportunidades Tecnológicas*. Campinas, 29/04 et 01/05/1996, 23 p.
- BARROS, E. M. C.: *Política de Pós-Graduação: um estudo da participação da comunidade científica*. São Carlos, EDUFSCar, 1998.
- BATALHA, M. O. et alii.: *Recursos Humanos para o 'Agribusiness' Brasileiro*. GEPAI/DEP/UFSCar. Relatório CNPq, 1999.
- BATALHA, M. O.: *Gestão do sistema agroindustrial: a formação de recursos humanos para o agribusiness brasileiro*. Revista Brasileira de Administração Contemporânea. Ed. Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração. Vol. 1, fascículo 10, pp. 147-159, 1995.
- BECKER, G. S.: *Human Capital: a theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. New York, National Bureau of Economic Research, 1964.
- BEST, M. *The new competition: Institutions of industrial restructuring*. Cambridge: Harvard University Press, 296 p., 1990.
- BONACELLI, M.B.M. & SALLES-FILHO, S.L.M. “Estratégias de inovação no desenvolvimento da moderna biotecnologia”. *Cadernos Adenauer*, n. 8, Fundação Konrad Adenauer, SP, 2000.
- BORRÁS, M. A. A.: *Formação de Recursos Humanos para o Agribusiness Brasileiro: perfil da oferta de profissionais no mercado de trabalho nacional*. Dissertação apresentada ao DEP/UFSCar para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção FAPESP/DEP/UFSCar, São Carlos, 2000, 271 pp.
- BRANDÃO, H.P., GUIMARÃES, T.A. *Gestão de competências e gestão de desempenho: tecnologias distintas ou instrumentos de um mesmo construto?* In: Anais ENAN:RH04 15 p., 1999.
- BULL, A.T. et. al. *Biotechnology: international trends and perspectives*. OECD. 1982
- CARMAN, H. F. & PICK, D. H.: *Undergraduate curriculum in agricultural economics and agricultural business management. Proceedings of the American Agricultural Economics Association Teaching*, Reno, NV, 1986, editado por Josef M. Broder. Ames, IA: American Agricultural Economics Association, pp. 139-147, 1986.
- CHACKO, T.I. et al. *Technological and human resource management practices in addressing perceived competitiveness in agribusiness firms*. Agribusiness: An International Journal, v. 13, n. 01, pp. 93-105, 1997.
- CORNELSEN, S.; WAACK, R; & ASSAD RIOS, A.L. Importância do programa RHAE na capacitação tecnológica industrial: caso Vallée S.A. XVIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, São Paulo, 24-26/10/1994.

- CRAVEIRO, A. & GUEDES, T. Infra-estrutura tecnológica: perfil das empresas brasileiras de biotecnologia. Workshop Biodiversidade: Perspectivas e Oportunidades Tecnológicas. Campinas, 29/04 et 01/05/1996. 19 p.
- DURAND, T. *Forms of Incompetence*. In: BRANDÃO, H.P., GUIMARÃES, T.A. *Gestão de competências e gestão de desempenho: tecnologias distintas ou instrumentos de um mesmo construto?* In: Anais ENAN:RH04 15 p., 1999.
- EDVINSSON & MALONE. In: PINHO, D.B. *Capital intelectual*. Revista Cultura & Saúde. INCISA – Instituto de Desenvolvimento das Ciências da Saúde e da Academia de Medicina de São Paulo, Editada pela Faculdade Ibero-Americana, São Paulo, pp. 04, jul./set., 1998.
- FLEURY, A.: *Gerenciamento de Recursos Humanos*. Material de aula. Escola Politécnica/USP, 1998.
- FLEURY, A.: *A Engenharia e a Globalização*. Anais da COBENGE, 1997.
- FLEURY, M. T. L.; FISCHER, R. M.: *Relações de Trabalho e Políticas de Gestão: uma história das questões atuais*. Revista de Administração da USP. Vol. 27, nº 04. São Paulo, pp. 05-15, out./dez. de 1992.
- GHEMAWAT. In: BATALHA, M.O. et. al. *Recursos humanos para o agribusiness brasileiro*. GEPAI/DEP/UFSCar. Relatório CNPq, pp.07, 1999.
- HARBISON. In: ILHA, A.S. *Efeitos da educação na agricultura: evidência para a pequena produção em Minas Gerais*. Universidade Federal de Viçosa. Tese DS., 1988.
- ILHA, A. S.: *Efeitos da educação na agricultura: evidência para a pequena produção em Minas Gerais*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Tese DS., 1988.
- KIM, D.: *O Elo entre Aprendizagem Individual e Aprendizagem Organizacional. A Gestão Estratégica do Capital Intelectual: recursos para uma economia baseada em conhecimento*. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, 1998.
- KUZNETS. In: TEIXEIRA, E.C. *Desenvolvimento agrícola na década de 90 e no século XXI*. FINEP/FAPEMIG, 1993.
- LAM, S. S.; SCHAUERBROECK, R. *Integrating HR Planning and Organizational Strategy*. Human Resource Management Journal, v. 8, n. 3, pp. 5-19, 1998.
- MACHADO, J. A. & SALLES-FILHO, S. L. M. *Reconverter ou perecer: capacitação em melhoramento de plantas*. Anais XIX Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. USP, São Paulo, outubro de 1996.
- MACHADO, L.R.S. *A educação e os desafios das novas tecnologias*. In: FERRETTI, C.F. et al. *Novas tecnologias, trabalho e educação; um debate multidisciplinar*. Editora Vozes, pp. 151-168, Petrópolis, 1994.
- PAUGH, J. & LAFRANCE, J.C. *Meeting the challenge: U.S. Industry faces the 21st Century – The U.S. Biotechnology Industry*. U.S. Department of Commerce. Office of Technology Policy, 1997.
- PFEFFER. In: TEIXEIRA, E.C. *Desenvolvimento agrícola na década de 90 e no século XXI*. FINEP/FAPEMIG, 1993.

- PINHO, D.B. *Capital intelectual*. Revista Cultura & Saúde. INCISA – Instituto de Desenvolvimento das Ciências da Saúde e da Academia de Medicina de São Paulo, Editada pela Faculdade Ibero-Americana, São Paulo, pp. 04, jul./set., 1998.
- SALLES-FILHO, S. L. M.; BONACELLI, M.B.M.; MELLO, D. & FERREIRA, C. “Dispêndios públicos em P&D no Estado de São Paulo”, item 5.2, do capítulo 5 – Dispêndio em P&D no Estado de São Paulo. A ser publicado em Brisolla, S.; Carvalho, R. Q. & Landi, F. (coord.) *Indicadores de C&T no Estado de São Paulo*. 2001. Fapesp.
- SALLES-FILHO, S. L. M.; BONACELLI, M.B.M. & ZACKIEWICZ, M. *Integração regional e formação profissional em Ciências Agrárias*. XXI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, PACTO, São Paulo, 7 a 10 de novembro de 2000. Trabalho completo em CD rom.
- SCHWARTZMAN, S.: *Raízes Históricas da Relação entre Universidade e Setor Produtivo no Brasil*. In: Universidade e Indústria: depoimentos. EDUFSCar, pp. 31-38, São Carlos, 1996.
- SVEIBY, K. E. *A Nova Riqueza das Organizações: Gerenciando e Avaliando o Patrimônio do Conhecimento*. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1998.
- ZANCAN, G. *Formação de Recursos Humanos para a biotecnologia no Brasil*. Relatório do Projeto Multinacional de Biotecnologia e Tecnologia de Alimentos. Mimeo, Curitiba. 42 p., 1992.

ANEXOS

ANEXO I

ÁREAS DE INTERESSE DA BIOTECNOLOGIA

1. Biologia Molecular

Clonagem/Isolamento de genes

Engenharia genética

Vetores virais

Proteínas recombinantes

Hibridização

Seleção

marcadores de seleção

- Genes reporters

Mutagênese/Mutagenicidade:

mutagênese sítio-dirigida

reparo de DNA

- Transgênese; OGM

Expressão gênica

Estudos Citogenéticos

Genômica:

Genoma

Genética Molecular

Sequenciamento

Genoma estrutural

EST-Genoma

Decodificação do genoma de patógenos

Mapeamento físico

Banco de reserva genômico

Mapeamento genético

Genoma funcional: proteômica/proteomas; DNA-microarrays, replicon

Farmacogenômica

Bioinformática

Genotipagem: RFLP, microsatélites (VNTR), RAPD, QTL, marcadores de DNA; reconhecimento de paternidade

Terapia gênica

2- Proteômica

Proteoma
Bioquímica
Estrutura de proteínas
Conformação de proteínas
Purificação de proteínas/técnicas de isolamento
Modelagem molecular
Nanociência
Bioinformática
Seqüenciamento de proteínas
Metaboloma

3. Biotecnologia Vegetal

- Melhoramento vegetal/melhoramento genético:

Melhoramento assistido por marcador (MAS)

Melhoramento de grãos

Vacinas vegetais

Transformação e transfecção:

Cultura de Tecidos

Plantas transgênicas, OGM

Bombardeamento

Micorrizas

Fusão de protoplastos

Conservação e Preservação:

Cultura de Tecidos

Micropropagação

Conservação In Vitro

Conservação de germoplasmas

Identificação de cultivares

Taxonomia molecular

4. Melhoramento e Produção Animal

Sanidade animal

Melhoramento genético

Animais transgênicos; OGM

Conservação de embriões

Agropecuária

5. Imunotecnologia

-Anticorpos monoclonais:
anticorpos monoclonais heterólogos
anticorpos monoclonais humanizados

-Antisoros heterólogos
-Vacinas:
vacinas de primeira geração
vacinas tradicionais
vacinas de DNA

Imunoterapia

Inoculantes

Imunobiológicos

Reagentes para imunodiagnóstico

6. Tecnologia de Tecidos

Cultura de tecidos
Obtenção de linhagens celulares
Células tronco
Reprodução humana assistida
Fertilização in vitro
Inseminação artificial
Congelamento de embriões
Experimentos com simulação de novos materiais (Medicina)
Bioengenharia

7. Meio Ambiente

7.1- Biodiversidade

Amazônia
Bioamazônia
Uso da biodiversidade
Evolução
Determinação genotípica de recursos

7.2- Monitoramento ambiental:

Controle da poluição

7.3- Tratamento de resíduos agroindustriais

Aproveitamento de resíduos agroindustriais
Contaminação ambiental
Biosensores
Reciclagem
Qualidade de vida

7.4- Recursos Naturais:

Bioprospecção
Preservação de recursos naturais
Exploração de recursos naturais
Exploração /Manejo sustentável
Recursos energéticos
Recursos renováveis
Auto-sustentabilidade
Solos

Controle de pragas:

Criação de inimigos naturais/Liberação de predadores/Multiplicação de predadores/Multiplicação de parasitóides/Liberação de parasitóides
Controle biológico/Biocontrole
Pesticidas
Biopesticidas
Impacto de plantas transgênicas

8. Fármacos

Biofármacos
Moléculas biologicamente ativas
Drogas
Produção de fármacos
Farmacogenômica
Produtos farmacêuticos
Desenvolvimento de drogas
Fitoterápicos

9. Produtos Naturais e Processos

Processos:

Processos Biológicos:

Fermentações: Engenharia de fermentações; Processos fermentativos;
Optimização de processos fermentativos

Engenharia metabólica
Metabolismo secundário
Tecnologia de biorreatores
Processos microbianos: biotransformações, biolixiviação, bioremediação, biosensores
Biofábricas
Bioseparações
Enzimologia: Produção de enzimas/enzimas multiáreas
Fixação de nitrogênio

Química tradicional

Processos agroalimentares, alimentos e nutrição
Síntese de polímeros biodegradáveis
Produção de compostos in vitro
HPLC-RMN
Obtenção de biotensoativos

Produtos Naturais:

Fitoterápicos
Plantas medicinais
Bioproductos
Cosméticos
Peptídeos naturais
Biosurfactantes
Produtos naturais marinhos
Hemoderivados

10. Biotecnologia de Microorganismos

Fisiologia de microorganismos
Microbiologia
Vetores virais
Técnicas de isolamento viral
Biofábricas
Microorganismos marinhos
Microrganismos recombinantes; OGM
Taxonomia microbiana
Resistência
Processos microbianos: biotransformações, biolixiviação, bioremediação, biosensores
Decodificação de genoma de patógenos
Controle microbiológico

11. Diagnóstico

- Obtenção de kits biotecnológicos:
 - Kits diagnósticos
 - Kits de Imunoensaio
 - Produção de kits de análises
 - Desenvolvimento de kits para diagnóstico médico
 - Reagentes de imunodiagnóstico

Diagnóstico forense: Reconhecimento de Paternidade

12. Infraestrutura para o Desenvolvimento da Biotecnologia

- Implantação de parques Biotecnológicos
- Implantação de Laboratórios
- Produção de Insumos p/ pesquisa
- Equipamentos
- Laboratórios
- Pesquisa/pesquisa-produto
- Universidade-empresa/Associação universidade-indústria
- Pesquisa induzida
- Gestão
- Formação/Capacitação/Pessoal qualificado
- Emprego
- Multidisciplinaridade
- Intercâmbio técnico
- Desenvolvimento de bioinformática
- Programas de Pós-Graduação: Programas sandwich
- Novas metodologias

13. Biosegurança e Bioética

14. Bioinformática

15. Outros

ANEXO II

QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS GRUPOS DE PESQUISA TRABALHANDO COM BIOTECNOLOGIA

Levantamento em Biotecnologia

Identificação

Laboratório:

Instituição:

Fone:

Fax:

E-mail:

Site http://

Responsável pelo Laboratório:

Endereço:

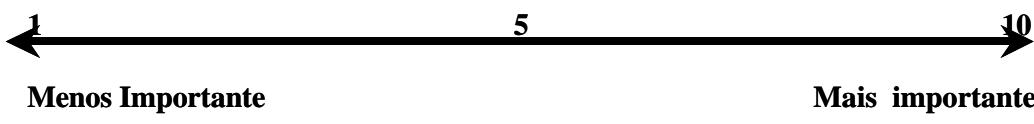
Caixa Postal:

Cidade - Estado:

CEP:

1) Recursos Humanos

A . Classifique no quadro abaixo, utilizando uma escala de 1 a 10 para grau de importância, até dez palavras-chave que melhor representem tendências de desenvolvimento técnico-científico para a biotecnologia em nível mundial e brasileiro



Palavra-chave	Imp.	Palavra-chave	Imp.

B. Estão sendo formados profissionais adequados, em quantidade e qualidade, para que o Brasil acompanhe as tendências apontadas na questão anterior? sim não.

Em caso negativo, indique no quadro abaixo (em ordem de importância de um a dez) as palavras-chave que melhor representam deficiências em conhecimentos técnico-científicos (áreas de conhecimento) atuais (a) e futuros (f) em recursos humanos para o desenvolvimento da biotecnologia no país, considerando que os recursos financeiros para suprir essas deficiências seriam disponibilizados às instituições formadoras:

Palavra-chave	Imp.	Palavra-chave	Imp.

C. Caso seu Grupo de Pesquisa possua atividades ligadas à formação de pessoal, indique para onde vai (%) o profissional formado ?

Nível de Formação	%	Organizações	%
Mestrado		Universidades Públicas Universidades Privadas Institutos de Pesquisa Empresas Privadas	
Doutorado		Universidades Públicas Universidades Privadas Institutos de Pesquisa Empresas Privadas	

D. Seu Grupo de Pesquisa tem encontrado alguma dificuldade em encontrar profissionais de biotecnologia nas suas áreas/tecnologias de interesse? sim não.

E. Quais as principais demandas quanto ao conhecimento técnico-científico em relação ao profissional para trabalhar com biotecnologia?

No setor público	No setor privado

2) Infra - Estrutura

Indique a quantidade de equipamentos em uso e em manutenção existentes no laboratório e assinale com X a gestão do uso dos mesmos. Caso existam outros equipamentos que sejam de importância, favor nomear em outros.

Considere gestão do uso:
exclusivo do laboratório

por outros laboratórios
pela empresa privada

Equipamento	Quantidade existente		Gestão do uso		
	Em uso	Em manutenção	1	2	3
Máquinas de PCR					
Forno de hibridização					
Rotophor					
Analizador de aminoácido					
Focalização isoeletrica					
FPLC					
HPLC					
Equipamento de fotodocumentação digital					
Equipamento de revelação automática de filmes					
Fosfoimager					
Freezer (-80C)					
Espectrofotometro UV/visivel					
Espectrofotometro de placa de ELISA					
Sequenciador automático					
Genegun					
Casa de vegetação					
Espectrometro de massa					
Ressonância Nuclear magnética					
Microscópio eletrônico					
Fermentadores de bancada					
Fermentadores piloto					
Outros Biorreatores					
Outros (especificar*)					
*					
*					

3) TIPOS DE TÉCNICAS INSTALADAS EM OPERAÇÃO/SERVIÇOS

Indique as cinco técnicas mais utilizadas em seu laboratório de acordo com a demanda.

Tipos de técnicas	Pesquisa (%)	Prestação de Serviço (%)

5. DESENVOLVIMENTO DO SETOR

Em sua opinião, quais são os gargalos, em serviços e equipamentos, para o desenvolvimento do setor e quais as soluções para superá-los?. Descreva abaixo.

6. Cooperação Internacional

A . O seu grupo desenvolve cooperação com alguma instituição, organismo ou empresa internacional?

SIM **NÃO (pule questões dea.....)**

Com que tipo de instituição:

Universidade ou Centros de Pesquisa Universitários

Empresas ou Centros de Pesquisa Empresariais

Centros de Pesquisa e Desenvolvimento independentes.

outras: _____

Com que países/linhas/natureza de atividades/periódico se estabelece essa cooperação:

País	Linha/tema	Atividades*	Período

*** Pesquisa básica (PB); Desenvolvimento Tecnológico (DT); Formação de Recursos Humanos (RH)**

Quais os principais resultados já alcançados por seu grupo para os quais essa cooperação é considerada essencial:

Na sua opinião, quais são as maiores oportunidades de cooperação internacional para o Brasil, em biotecnologia:

Países

Linhos/temas

Na sua opinião, em que linhas/temas/atividades a cooperação internacional é ou será imprescindível para que o Brasil continue avançando em biotecnologia:
